

ET-12/27

## Confort d'été et réglementation thermique

### Partie 2 : Simulations Thermiques Dynamiques de deux bâtiments sur 3 zones climatiques

Collectif « Isolons la Terre contre le CO2 »

## Rapport

Membre fondateur de



Direction	Bernard SESOLIS et Nathalie TCHANG	Date	11/07/2012
Chef de projet	Simon BARRET	N°version	2
Chargé d'étude	Patrick FONTINHA	Phase	-
Diffusion	CILT		

60 RUE DU FAUBOURG POISSONNIÈRE 75010 PARIS

TEL : 01 43 15 00 06 FAX : 01 45 23 32 40 MAIL : [mail@tribu-energie.fr](mailto:mail@tribu-energie.fr)

SITE WEB: [www.tribu-energie.fr](http://www.tribu-energie.fr)

SARL AU CAPITAL DE 8000 € SIÈGE SOCIAL : 60 RUE DU FAUBOURG POISSONNIÈRE 75010 PARIS APE 742 C RCS PARIS B 440 306 173



# SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>PREAMBULE</b>	<b>5</b>
1.1	Contexte	5
1.2	Objectifs	5
<b>2</b>	<b>DESCRIPTION DES BATIMENTS ET SENSIBILITES DES CALCULS</b>	<b>6</b>
2.1	Plan et orientation de la Maison Individuelle	6
2.2	Plans et orientations des Logements Collectifs	11
<b>3</b>	<b>HYPOTHESES ET DESCRIPTION DES CALCULS</b>	<b>16</b>
3.1	Scénarios pris pour les calculs	17
3.1.1	Maison Individuelle	17
3.1.2	Logements collectifs	21
3.2	Les indicateurs de confort d'été	24
3.2.1	Catégories de bâtiment	24
3.2.2	Températures intérieures acceptables pour la conception de bâtiments non climatisés (selon NF EN 15251)	25
3.2.3	Indicateur proposé par le CSTB	26
3.2.4	Deux méthodes de calcul pour l'indicateur de confort d'été	28
3.2.5	Indicateur du nombre d'heures de dépassements en température	32
<b>4</b>	<b>RESULTATS DES SIMULATIONS</b>	<b>33</b>
4.1	Les heures de dépassement en température et l'indicateur RT envisagé par le CSTB	33
4.1.1	Maison Individuelle	33
4.1.2	Logements Collectifs	37
4.2	L'indicateur RT envisagé par le CSTB et les indicateurs plus exigeants en confort thermique selon la catégorie du bâtiment	41
4.2.1	Maison Individuelle	41
4.2.2	Logements Collectifs	45
4.3	L'indicateur RT envisagé par le CSTB et les indicateurs plus exigeants en confort thermique selon la catégorie de bâtiment avec une non-adaptation en période de sommeil	49
4.3.1	Maison Individuelle	49
4.3.2	Logements Collectifs	53

<b>5</b>	<b>LIENS AVEC L'ETUDE ALDES ET CONCLUSIONS SUR LES RESULTATS OBTENUS</b>	<b>57</b>
5.1	Etude Aldes sur l'établissement de critères caractérisant le confort thermique en période caniculaire en fonction de différents systèmes de ventilation, dans les bâtiments à haute performance énergétique.	57
5.2	Conclusions sur les résultats obtenus	61
<b>6</b>	<b>ANNEXE SUR LES RESULTATS</b>	<b>62</b>
6.1	Descriptif de la présentation des résultats	62
6.2	Résultats de calculs en Maison Individuelle	63
	Cas de base :	64
	Variante 1 : Meilleure perméabilité, à 0,3 m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup> (4 Pa)	65
	Variante 2 : Isolation sous-dalle	66
	Variante 3 : Toutes les fenêtres sont fermées en permanence	67
	Variante 4 : Ouverture des fenêtres non différenciée selon les locaux	68
	Variante 5 : Isolant plus dense sous les combles	69
	Variante 6 : Présence d'un refend lourd	70
	Variante 7 : Isolation par l'extérieur	71
	Variante 8 : Pas de protection solaire sur les fenêtres	72
	Variante 9 : Surventilation mécanique en période de sommeil dans les chambres (130m <sup>3</sup> /h)	73
	Variante 10 : Système double flux pour la ventilation (toutes les fenêtres sont fermées la nuit)	74
	Variante 11 : Système double Flux pour la ventilation (les fenêtres sont ouvrables la nuit)	75
6.3	Résultats de calculs en Logements collectifs	76
	Cas de Base :	77
	Variante 2 : Fermeture des fenêtres la nuit	79
	Variante 3 : Correction du débit d'air neuf par ouverture des fenêtres lorsque les PM sont abaissées à 70% la nuit	80
	Variante 4 : Correction du débit d'air neuf par ouverture des fenêtres lorsque les PM sont abaissées à 70% la nuit avec ajout de la variante 1	81
	Variante 5 : Aucune protection solaire mobile sur les fenêtres du bâtiment	82
	Variante 6 : Inertie légère des parois verticales du bâtiment	83
	Variante 7 : Inertie légère des parois verticales du bâtiment avec ajout de la variante 4	84
	Variante 8 : Surventilation nocturne à 130 m <sup>3</sup> /h dans les chambres avec fermeture des fenêtres la nuit	85
	Variante 9 : système de ventilation double flux	86
	Variante 10 : Isolation par l'intérieur	87

# 1 Préambule

## 1.1 Contexte

La RT2012 a pour l'instant conservé l'exigence  $T_{ic} \leq T_{icréf}$  (en °C) pour le confort d'été, identique à celle de la RT2005. Mais la DHUP a annoncé sa volonté de faire évoluer cette exigence vers un indicateur plus représentatif du confort des occupants avant 2013. Pour cela un groupe de travail s'est réuni en 2012 pour échanger sur les problématiques de confort d'été et le CSTB a présenté un indicateur potentiel et quelques pistes d'évolution de la méthode de calcul.

Le Collectif « Isolons la Terre contre le CO<sub>2</sub> » a confié une mission à ~Tribu Energie afin de contribuer aux travaux entrepris par la DHUP et le CSTB.

## 1.2 Objectifs

L'objectif de cette étude est de contribuer à déterminer le degré de pertinence des propositions du GS Confort d'été animé à la DHUP, en particulier les critères de confort permettant d'établir le ressenti d'un usager dans un bâtiment de type BBC en période chaude, selon différents paramètres de conception. Cette étude se cantonne au secteur résidentiel, maison et immeuble collectif

Il s'agit donc de proposer une approche de sensibilité aux paramètres des critères réglementaires déjà envisagés ainsi que des exigences qui en découlent. Il est donc important de :

- Fixer ce qui est du premier ordre et d'ordre secondaire.
- Repérer les principales tendances

Des questions sont encore en suspens. Cette étude tente d'apporter des réponses. Par exemple :

- Prise en compte du local le plus défavorable : quel niveau de granulométrie ? Jusqu'à quel point doit-on aller dans le découpage d'un bâtiment ?
- Hypothèses et/ou conventions à définir : Quels sont les scénarios retenus ? S'il est possible de pouvoir prendre en compte l'ouverture des baies, est-il possible de prendre en compte la perméabilité des volets ? Des équipements actuels permettent de faire varier la perméabilité des volets. Cette perméabilité est-elle influente ?
- Comment bien intégrer les périodes nocturnes ? En quoi le confort adaptatif peut être une voie ?
- Les fichiers météo au pas de temps horaire pour les périodes caniculaires pour les 8 zones climatiques doivent-ils être envisagés ?

## 2 Description des bâtiments et sensibilités des calculs

### 2.1 Plan et orientation de la Maison Individuelle



Caractéristiques Générales	
Nombre de logements	1
Surface habitable	79 m <sup>2</sup>
Nombre de niveaux	1
Typologie	T4

Caractéristiques architecturales		
Surface de déperdition totale		288.2 m <sup>2</sup>
Surface vitrée		12.15 m <sup>2</sup>
Taux de surface totale de baies		17.8%
Répartition des surfaces Vitrées selon leur orientation	Nord	44%
	Est	0 %
	Sud	56%
	Ouest	0 %
Perméabilité à l'air (m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup> ) sous 4 Pa		<i>Base : perméabilité RT</i>
		0,6
		<i>Variante 1 : Meilleure Perméabilité</i>
		0,3

## |Caractéristiques de l'enveloppe du bâtiment|

Parois opaques	Parois verticales	<p style="text-align: center;"><i>Base : ITI</i></p> <p style="text-align: center;">20 cm de blocs béton 10 cm d'isolant : <math>\lambda=0.034 \text{ W/m}^2.\text{K}</math> ; <math>\rho=46 \text{ kg/m}^3</math> ; <math>C_p=1000 \text{ J/(kg.K)}</math> 1 cm de plaque de plâtre <math>U = 0,296 \text{ W/m}^2.\text{K}</math></p>
		<p style="text-align: center;"><i>Variante 7 : Isolation par l'extérieur</i></p> <p style="text-align: center;">0,8 cm de parement ciment 10 cm d'isolant : <math>\lambda=0.034 \text{ W/m}^2.\text{K}</math> ; <math>\rho=46 \text{ kg/m}^3</math> ; <math>C_p=1000 \text{ J/(kg.K)}</math> 20 cm de blocs béton <math>U = 0,283 \text{ W/m}^2.\text{K}</math></p>
	Plancher Haut (combles perdus)	<p style="text-align: center;"><i>Base : Faux plafond Moins dense</i></p> <p style="text-align: center;">30 cm d'isolant : <math>\lambda=0.040 \text{ W/m}^2.\text{K}</math> ; <math>\rho=13 \text{ kg/m}^3</math> ; <math>C_p=1030 \text{ J/(kg.K)}</math> 1.3 cm de plâtre <math>U = 0,109 \text{ W/m}^2.\text{K}</math></p>
		<p style="text-align: center;"><i>Variante 5 : Faux plafond Plus dense</i></p> <p style="text-align: center;">30 cm d'isolant : <math>\lambda=0.042 \text{ W/m}^2.\text{K}</math> ; <math>\rho=50 \text{ kg/m}^3</math> ; <math>C_p=2100 \text{ J/(kg.K)}</math> 1.3 cm BA13 <math>U = 0,109 \text{ W/m}^2.\text{K}</math></p>
	Toiture	Tuiles en terre cuite
	Plancher Bas (sur terrain)	<p style="text-align: center;"><i>Base : Isolation sous-chape</i></p> <p style="text-align: center;">13 cm de dalle de béton 8 cm d'isolant : <math>\lambda=0.029 \text{ W/m}^2.\text{K}</math> ; <math>\rho=33 \text{ kg/m}^3</math> ; <math>C_p=1400 \text{ J/(kg.K)}</math> 7 cm de chape</p> <p>- Salon : 1cm de parquet - Salle de bain/WC : 1cm de Carrelage - Chambres : 1cm de parquet + 1 cm moquette <math>U = 0,334 \text{ W/m}^2.\text{K}</math></p>
		<p style="text-align: center;"><i>Variante 2 : isolation sous-Dalle</i></p> <p style="text-align: center;">8 cm de polystyrène extrudé 13 cm de Dalle de Béton 7 cm de chape</p> <p>- Salon : 1cm de parquet - Salle de bain/WC : 1cm de Carrelage - Chambres : 1cm de parquet + 1 cm moquette <math>U = 0,334 \text{ W/m}^2.\text{K}</math></p>
Parois Vitrées	Double vitrage 4/16/4 en Bois $U_w = 1,6 // Tl = 0,5 // S_w = 0,4$	
Protections solaires	Volets battant Bois	
Portes extérieures	Isolation thermique : $U = 1.1 \text{ W/m}^2.\text{K}$	
Porte Garage	Isolation thermique : $U = 1.1 \text{ W/m}^2.\text{K}$	
Ventilation	<p style="text-align: center;"><i>Base : Ventilation Hygro B</i></p> <p style="text-align: center;">Débit Moyen en occupation= 139 m<sup>3</sup>/h Débit Min en inoccupation= 20 m<sup>3</sup>/h</p>	
	<p style="text-align: center;"><i>Variante 10&amp;11 : Ventilation Double flux</i></p> <p style="text-align: center;">Rendement échangeur = 80%</p> <p style="text-align: center;">Débit de base en occupation et inoccupation : 180 m<sup>3</sup>/h Débit de pointe en occupation : 105 m<sup>3</sup>/h</p> <p style="text-align: center;">Possibilité de by-pass de l'échangeur pour une surventilation en free-cooling</p>	

	Cas de Base	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	Variante 6	Variante 7	Variante 8	Variante 9	Variante 10	Variante 11
	BASE	Perméabilité 0,3 m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup> (4Pa)	Isol ss dalle	Toutes fenêtres fermées	Ouverture des fenêtres non différenciée selon les locaux	Isolant plus dense sous combles	Présence d'un refend lourd	Isolation par l'extérieur	Pas de protection solaire sur les fenêtres	Surventilation nocturne dans les chambres à 130m <sup>3</sup> /h	Double flux (toutes les fenêtres sont fermées la nuit)	Double flux
Ventilation	Simple Flux Hygro B										Double flux	
Perméabilité à l'air	0,6 m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup>	0,3 m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup>	0,6 m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup>									
Isolation plancher bas	Isolation sous chape		Isolation placée sous dalle	Isolation sous chape								
Gestion d'ouverture des fenêtres	Ouverture possible selon T° extérieure et occupation, différenciée selon les pièces			Toutes fenêtres fermées	Ouverture possible selon T° extérieure et occupation, différenciée selon les pièces						Toutes les fenêtres fermées (uniquement en période de sommeil)	Ouverture possible selon T° extérieure et occupation, différenciée selon les pièces
	Ouverture possible selon T° extérieure et occupation, différenciée selon les pièces				Ouverture équivalente et simultanée dans toutes les pièces de la maison	Ouverture possible selon T° extérieure et occupation, différenciée selon les pièces						
Isolant sous combles perdus	λ=0.040 W/m <sup>2</sup> .K ; ρ=13 kg/m <sup>3</sup> ; Cp=1030 J/(kg.K)					λ=0.042 W/m <sup>2</sup> .K ; ρ=50 kg/m <sup>3</sup> ; Cp=2100 J/(kg.K)	λ=0.040 W/m <sup>2</sup> .K ; ρ=13 kg/m <sup>3</sup> ; Cp=1030 J/(kg.K)					
Inertie	Moyenne						Lourd	Moyenne				
ITI / ITE	ITI							ITE	ITI			
Absence de protection solaire sur les fenêtres	Présence								Absence	Présence		
Surventilation nocturne	Absence									Présence		

**NB : les portes intérieures sont constamment ouvertes**

### Variante 1 : Meilleure perméabilité

Une comparaison est faite pour étudier l'impacte d'un bâtiment moins perméable à l'air sur le confort d'été. Dans cette variante, la perméabilité de la maison passe de 0,6 (en Base) à 0,3 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup>.

### Variante 2 : Isolation sous dalle

Dans l'étude de cette variante, l'impacte de l'inertie du plancher bas d'une isolation sous-dalle par rapport à une isolation sous-chape (de base) est étudié (avec les mêmes épaisseurs de matériaux composant le plancher).

### Variante 3 : Toutes les fenêtres fermées

Il s'agit ici d'un cas irréaliste où l'ouverture des fenêtres est impossible même en occupation du bâtiment. Le but de cette variante est de voir comment se comporte l'augmentation de température opérative lorsqu'il n'y a aucune ventilation naturelle possible.

### Variante 4 : Toutes les fenêtres sont ouvrables en occupation.

Le but de cette variante est d'observer l'impacte de la ventilation naturelle permise sur tous les ouvrants, et éventuellement constater une différence entre le scénario réglementaire actuel avec un scénario proposé en cas de base. (Cf partie : 3.1.1. *Planning – Ventilation Naturelle-ouverture des baies réparties*). En cas de base, les fenêtres du salon-séjours sont ouvrables uniquement en journée lors d'une occupation du bâtiment, et les fenêtres des chambres sont uniquement ouvrables en période de sommeil.

### Variante 5 : Isolation plus dense en faux plafond

L'isolation de base (laine de verre) est remplacée par de la laine de bois. L'impacte de l'inertie plus dense que le cas de base est ici étudié.

### Variante 6 : Refend

L'objectif est d'analyser l'impacte de l'inertie d'une cloison lourde par rapport à des cloisons légères (en cas de base) située à l'intérieur du bâtiment.

### Variante 7 : Isolation par l'extérieur

Une comparaison est faite entre une isolation par l'intérieur (en cas de base) et une isolation par l'extérieur du même bâtiment.

### Variante 8 : Pas de protection solaire sur les fenêtres

Comme pour la variante 3, il s'agit ici d'un autre cas extrême où il n'y aurait aucune protection solaire sur les ouvrants de la maison. Le but de cette variante est d'observer sur quelles amplitudes les apports solaires jouent sur le confort du bâtiment en période estivale.

### Variante 9 : Surventilation mécanique à 130 m<sup>3</sup>/h dans les chambres en période de sommeil

Sur un rapport volume des 3 chambres il s'agit de ventiler les pièces à 4,5 vol/h environ par rapport à 0,7 vol/h pour le cas de base. Avec de tels débits les fenêtres ont été jugées comme étant fermées en période de sommeil.

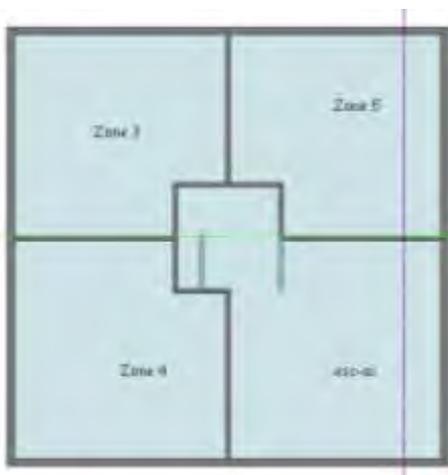
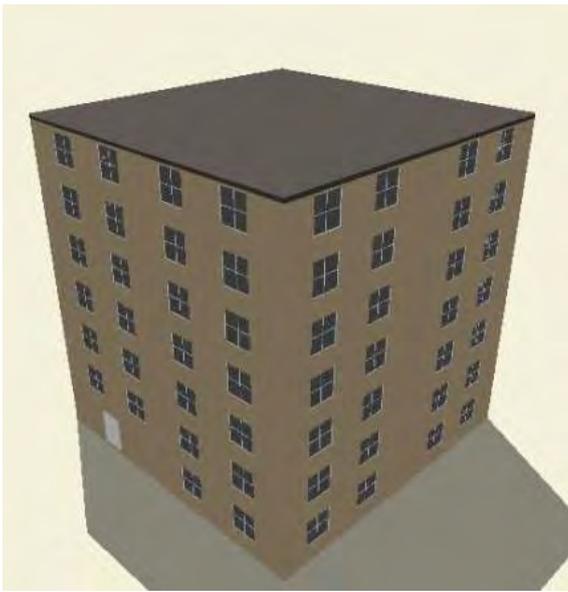
### Variante 10 : Ventilation double flux avec non ouverture des fenêtres en période de sommeil

L'objectif de cette variante est premièrement de pouvoir observer l'influence du système double flux par le passage de l'air sur échangeur de chaleur. De plus ce système permet de by-passer l'échangeur et de surventiler le bâtiment lorsque les températures extérieures le permettent (Cf partie : 3.1.1. *Planning – Ventilation Double Flux*)

### Variante 11 : Ventilation double flux avec ouverture des fenêtres possible en période de sommeil

Par rapport à la variante 10 l'ouverture des fenêtres est possible dans les chambres en période de sommeil. Ce cas est plus réaliste dans le cas pratique, les occupants ne limitent pas la ventilation par ouverture de fenêtre lorsque la ventilation fonctionne en surventilation sur by-pass.

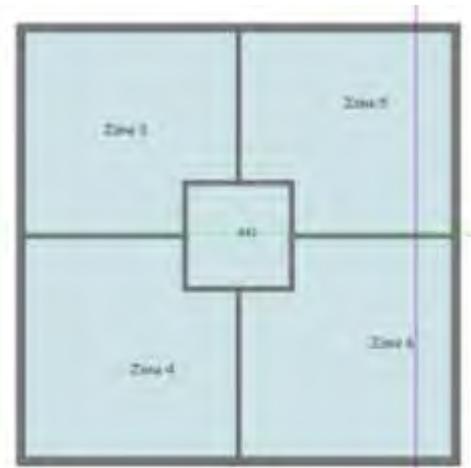
## 2.2 Plans et orientations des Logements Collectifs



← Répartition des zones de logement pour le Rez-de-chaussée



Répartition type des zones de logement pour tous les autres niveaux →



Nombre de logements	27
Surface habitable	1653 m <sup>2</sup>
Nombre de niveaux	7 (R+6)
Typologie	T3

Caractéristiques architecturales		
Surface de déperdition totale		1736
Surface vitrée		275 m <sup>2</sup>
Taux de surface totale de baies		23.4%
Répartition des surfaces Vitrées selon leur orientation	Nord	25%
	Est	25%
	Sud	25%
	Ouest	25%
Perméabilité à l'air (m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup> ) sous 4 Pa		<i>Base : perméabilité RT</i>
		1
		<i>Variante 1 : Meilleure Perméabilité</i>
		0.5

|Caractéristiques de l'enveloppe du bâtiment|

Parois opaques	Parois verticales	<p><i>Base : Isolation par l'extérieur</i></p> <p>0,8 cm de parement en ciment</p> <p>14 cm d'isolant : <math>\lambda=0.034 \text{ W/m}^2.\text{K}</math> ; <math>\rho=46 \text{ kg/m}^3</math> ; Cp=1000 J/(kg.K)</p> <p>18 cm de béton banché</p> <p>U =0,245W/m<sup>2</sup>.K</p>
		<p><i>Variante 7 : Parois en ossature bois</i></p> <p>1,5 cm de parement</p> <p>20 cm d'isolant : <math>\lambda=0.034 \text{ W/m}^2.\text{K}</math> ; <math>\rho=46 \text{ kg/m}^3</math> ; Cp=1000 J/(kg.K)</p> <p>1,3 cm de plaque de plâtre</p> <p>U = 0,162 W/m<sup>2</sup>.K</p>
		<p><i>Variante 11 : Isolation par l'intérieur</i></p> <p>0,8 cm d'enduit de façade</p> <p>18 cm de béton banché</p> <p>12 cm d'isolant : <math>\lambda=0.034 \text{ W/m}^2.\text{K}</math> ; <math>\rho=46 \text{ kg/m}^3</math> ; Cp=1000 J/(kg.K)</p> <p>1,3 cm de plaque de plâtre</p> <p>U= 0,246 W/m<sup>2</sup>.K</p>
	Plancher Haut (toiture terrasse)	<p>15 cm d'isolant : <math>\lambda=0.029 \text{ W/m}^2.\text{K}</math> ; <math>\rho=33 \text{ kg/m}^3</math> ; Cp=1400 J/(kg.K)</p> <p>20cm de béton banché</p> <p>U = 0,165 W/m<sup>2</sup>.K</p>
	Plancher Bas (sur cave)	<p>20 cm de Dalle de Béton</p> <p>12 cm d'isolant : <math>\lambda=0.040 \text{ W/m}^2.\text{K}</math> ; <math>\rho=56 \text{ kg/m}^3</math> ; Cp=710 J/(kg.K)</p> <p>U = 0,304 W/m<sup>2</sup>.K</p>
Parois Vitrées	<p align="center">Double vitrage 4/16argon/4 PE en Bois ou PVC</p> <p align="center">Uw = 1,6 // TI = 0,5 // Sw = 0,4</p>	
Protections solaires	<p align="center">Volets battant Bois</p>	
Portes extérieures	<p align="center">Isolation thermique : U = 1.1 W/m<sup>2</sup>.K</p>	
Ventilation	<p><i>Base : Simple flux hygro B</i></p> <p>Débit Moyen en occupation= 75.4 m3/h</p> <p>Débit Min en inoccupation= 20m3/h</p>	
	<p><i>Variante 9 : Ventilation double flux</i></p> <p>Rendement échangeur = 80%</p> <p>Débit Moyen en base= 90 m3/h</p> <p>Débit en pointe= 150m3/h</p> <p>Possibilité de by-pass de l'échangeur pour une surventilation en free-cooling</p>	

	Cas de Base	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	Variante 6	Variante 7	Variante 8	Variante 9	Variante 10
	BASE	Perméabilité 0,5 m3/h.m <sup>2</sup> (4Pa)	Fermeture des ouvrants la nuit	Corr. Débits Fermeture PM 70% Noct	Débits corrigés + Perméa 0,5	Aucune PM sur Ouvrants	Façade légère	Façade légère + débits corrigés	Surventilation nocturne 130m3/h dans les CH + Fermeture des ouvrants la nuit	Ventilation double flux	Isolation par l'intérieur
Ventilation	Simple Flux Hygro B									Double flux	Simple Flux Hygro B
Perméabilité à l'air	1 m3/h.m <sup>2</sup>	0,5 m3/h.m <sup>2</sup>	1 m3/h.m <sup>2</sup>		0,5 m3/h.m <sup>2</sup>	1 m3/h.m <sup>2</sup>					
Gestion d'ouverture des fenêtres	Ouverture possible selon T° extérieure et occupation	Fenêtres non ouvertes la nuit		Ouverture possible selon T° extérieure et occupation				Fenêtres non ouvertes la nuit	Ouverture possible selon T° extérieure et occupation		
Gestion des protections solaires	Scénario de fermeture horaire: fermé la nuit et le jour en inoccupation			Débits de ventilation par ouverture des fenêtres réduits en présence de fermetures		Scénario de fermeture horaire: fermé la nuit et le jour en inoccupation		Débits de ventilation par ouverture des fenêtres réduits en présence de fermetures	Scénario de fermeture horaire: fermé la nuit et le jour en inoccupation		
	Scénario de fermeture horaire: fermé la nuit et le jour en inoccupation					Aucune protection solaire	Scénario de fermeture horaire: fermé la nuit et le jour en inoccupation				
Inertie	Lourde						Moyenne		Lourde		
Surventilation nocturne	Absence								Présence	Absence	

### Variante 1 : Meilleure perméabilité

Une comparaison est faite pour étudier l'impacte d'un bâtiment moins perméable à l'air sur le confort d'été. Dans cette variante, la perméabilité de l'immeuble collectif passe de 1 (en Base) à 0,5 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup> (perméabilité mesurée sous 4 Pa).

### Variante 2 : Fermeture des ouvrants la nuit

L'hypothèse prise dans cette variante, est que le bâtiment est exposé à une zone de bruit forte sur toutes ses orientations. Comme l'inconfort toléré par une personne dû au bruit est plus faible en période de sommeil, celui-ci peut prendre le pas sur l'inconfort thermique.

### Variante 3 : Correction des débits de ventilation par ouverture des baies

Le calcul de la Tic gère les calculs de débit d'entrée d'air neuf (par ouverture des fenêtres) indifféremment du débit possible de passage lorsque les protections solaires sont abaissées. Ici il est estimé que les volets sont fermés à 70% la nuit pour des raisons de confort visuel. Les débits d'air de ventilation naturelle la nuit se retrouvent donc réduits (par rapport au cas de base).

### Variante 4 : Correction des débits de ventilation par ouverture des baies et meilleure perméabilité

Le but de cette variante est d'observer si deux variantes additionnées sur une même simulation évoluent sur les mêmes amplitudes que deux variantes prises séparément (Il s'agit de l'addition des variantes 1 et 3).

### Variante 5 : Pas de protection solaire sur les fenêtres

Il s'agit ici d'un autre cas extrême où il n'y aurait aucune protection solaire sur les ouvrants de la maison. Le but de cette variante est d'observer sur quelles amplitudes les apports solaires jouent sur le confort du bâtiment en période estivale.

### Variante 6 : Inertie légère sur les parois verticales

L'objectif est d'analyser l'impact que peut avoir sur le confort d'été, une inertie légère en parois extérieures d'un logement collectif (ici un bâtiment en ossature bois).

### Variante 7 : Inertie légère en parois verticale et correction des débits de ventilation par ouverture des baies

Le but de cette variante est d'observer si deux variantes additionnées sur une même simulation évoluent sur les mêmes amplitudes que deux variantes prises séparément (il s'agit de l'addition des variantes 3 et 6).

### Variante 8 : Surventilation mécanique à 130 m<sup>3</sup>/h dans les chambres en période de sommeil

Les chambres sont surventilées en période de sommeil (30% de surface par logement correspond à des chambres). Les chambres sont donc ventilées à 1,2 vol/h alors que la pièce de vie est ventilée comme en temps normal (0,49 vol/h).

### Variante 10 : Ventilation double flux avec ouverture des fenêtres possible en période de sommeil

L'objectif de cette variante est premièrement de pouvoir observer l'influence du système double flux par le passage de l'air sur échangeur de chaleur. De plus ce système permet de by-passer l'échangeur et de surventiler le bâtiment lorsque les températures extérieures le permettent (Cf partie : 3.1.1. Planning – Ventilation Double Flux)

### Variante 11 : Isolation par l'intérieur

Les grands logements collectifs tel que celui étudié dans ce présent rapport (sur 7 niveaux) sont très peu isolés à l'heure actuelle sur de la conception en neuf. La réalisation en Isolation par l'extérieur a surtout pour objectif de combattre les ponts thermiques et ainsi diminuer les déperditions thermiques. En confort d'été, le but de cette variante est de pouvoir observer les différences au niveau inertie thermique entre un bâtiment isolé par l'extérieur et un bâtiment isolé par l'intérieur.

### 3 Hypothèses et description des calculs

Les Simulations Thermiques Dynamiques ont été réalisés sur **1 Maison individuelle et 1 immeuble collectif** (Logiciel Design Builder, utilisant le moteur Energy+)

Pour chaque bâtiment, un cas de base à été fixé en se rapprochant des bâtiments réalisés conventionnellement. A partir de ce cas de base des variantes ont été déterminées (Cf partie 2.), pour observer les sensibilités sur le confort thermique de chacune des variantes définies par rapport au cas de base.

Les **scénarios d'occupation** sont dans la plus part des cas identiques à ceux de la RT2012 (présences, apports internes, etc...).

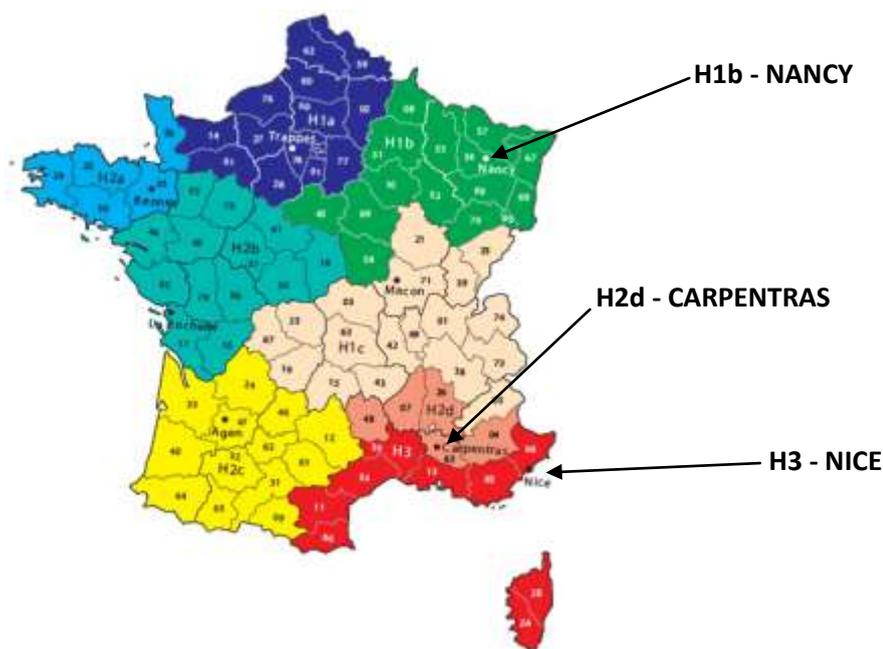
La gestion des **protections solaires et de l'ouverture des fenêtres** dans les cas de base, sont différentes du scénario RT2012.

Les calculs sont réalisés sur **3 mois chauds** (juin/juillet/aout)

**3 indicateurs** sont calculés:

- **Nombre d'heures au-delà d'une certaine température** (26; 28 et 30°)
- **Indicateur RT sur 3 catégories de confort thermique (I, II, III) de bâtiment** (définis dans la NF EN 15251)
- Indicateur RT sur 3 catégories de confort thermique (I, II, III) de bâtiment (définis dans la NF EN 15251) avec une **non-adaptation de la température de confort en période de sommeil**

Les calculs ont été réalisés sur 3 zones climatiques différentes :



Les fichiers climatiques RT2012 ont été récupérés pour les calculs de Simulations Thermiques Dynamiques. (Température extérieure, Hygrométrie extérieure, Vitesse du vent)

## 3.1 Scénarios pris pour les calculs

### 3.1.1 Maison Individuelle

#### Occupation

##### Le Lundi, Mardi, jeudi et vendredi :

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0,7						1					0						1					0,7	

##### Le Mercredi :

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0,7						1					0						1					0,7	

##### Le Samedi et Dimanche :

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0,7						1																	0,7

A partir de la Th-BCE, "2 Adultes Equivalents" sont considérés pour définir des scénarios d'apports par l'occupation du bâtiment.

Chacun produit des apports de **90W au repos** et de **63W pendant la période de sommeil**.

**En inoccupation aucun apport par les occupants n'est considéré.**

#### Apports par les équipements [W/m<sup>2</sup><sub>SHAB</sub>]

##### Le Lundi, Mardi, jeudi et vendredi :

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1,1						5,7					0						5,7					1,1	

##### Le Mercredi :

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1,1						5,7					0						5,7					1,1	

##### Le Samedi et Dimanche :

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1,1						5,7																	1,1

Fraction radiante = 50%

Fraction collective = 50%

#### Apports par l'éclairage [W/m<sup>2</sup><sub>SHAB</sub>]

##### Le Lundi, Mardi, Mercredi, jeudi et vendredi :

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0							1,4		0						1,4					0			

##### Le Samedi et Dimanche :

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0							1,4															0	

Fraction radiante = 50%

Fraction convective = 50%

## Ventilation Hygro B [m<sup>3</sup>/h]

**Le Lundi, Mardi, jeudi et vendredi :**

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
139										20										139			

**Le Mercredi :**

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
139										20					139								

**Le Samedi et Dimanche :**

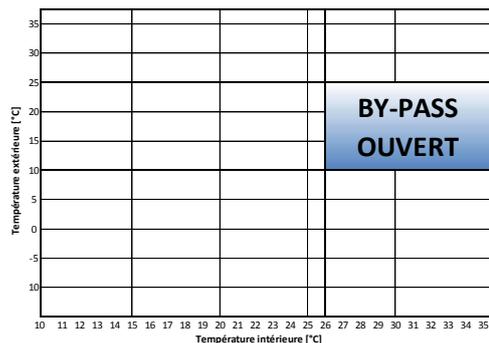
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
139																							

## Ventilation Double Flux [m<sup>3</sup>/h]

**La Semaine :**

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
105								179		105								179		105				

**NB :** En fonctionnement normal (hors surventilation Nocturne lorsque le système fonctionne en free-cooling)



La ventilation double flux se met en by-pass pour des températures extérieures situées entre 10 et 25°C et pour une température de l'air intérieur supérieure ou égale à 26°C. En dehors de ces limites, le système de ventilation fonctionne par échangeur thermique.

La surventilation permise par le système double flux souffle un débit d'environ deux fois supérieur à la ventilation en fonctionnement normal.

Conditions de mise en place du by-pass  
de l'échangeur en double flux

## Ventilation Naturelle, ouverture des baies répartie

**Chambre 1,2 et 3 :**

**Le Lundi, Mardi, Mercredi, jeudi et vendredi :**

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1									0														1

**Le Samedi et Dimanche :**

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1									0														1

Les fenêtres sont ouvrables uniquement la nuit lorsque la température intérieure est supérieure à 22°C.

**Salon Cuisine :**

**Le Lundi, Mardi, jeudi et vendredi :**



0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0																			1			0	

**Le Mercredi :**

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0														1									0

**Le Samedi et Dimanche :**

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0									1														0

Les fenêtres sont ouvrables uniquement la journée lorsque la température intérieure est supérieure à 22°C.

**Salle de Bain :**

**Toute la semaine :**

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0																							

1 = Ouverture complète

0 = Fermeture

**Ventilation Naturelle, ouverture des baies non répartie**

**Le Lundi, Mardi, jeudi et vendredi :**

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1								0											1				

**Le Mercredi :**

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1								0							1								

**Le Samedi et Dimanche :**

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1																							

Les fenêtres sont ouvrables uniquement la journée lorsque la température intérieure est supérieure à 22°C.

1 = Ouverture complète

0 = Fermeture

## Gestion des Protections solaires mobiles

**Le Lundi, Mardi, jeudi et vendredi :**

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1							0	1											0			1	

**Le Mercredi :**

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1							0	1											0			1	

**Le Samedi et Dimanche :**

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1							0				1					0			1				

Les fenêtres sont ouvrables uniquement la journée lorsque la température intérieure est supérieure à 22°C.

1 = Fermeture complète

0 = Ouverture complète

### 3.1.2 Logements collectifs

#### Occupation

##### Le Lundi, Mardi, jeudi et vendredi :

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0,7							1				0						1				0,7		

##### Le Mercredi :

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0,7							1				0						1				0,7		

##### Le Samedi et Dimanche :

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0,7							1																0,7

A partir de la Th-BCE, "2 Adultes Equivalents" sont considérés au niveau des scénarios d'apport par l'occupation du bâtiment.

Chacun produit des apports de **90W au repos** et de **63W pendant la période de sommeil**.

**En inoccupation aucun apport par les occupants n'est considéré.**

#### Apports par les équipements [W/m<sup>2</sup><sub>SHAB</sub>]

##### Le Lundi, Mardi, jeudi et vendredi :

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1,1							5,7				0						5,7				1,1		

##### Le Mercredi :

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1,1							5,7				0						5,7				1,1		

##### Le Samedi et Dimanche :

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1,1							5,7																1,1

Fraction radiante = 50%

Fraction collective = 50%

## Apports par l'éclairage [W/m<sup>2</sup><sub>SHAB</sub>]

**Le Lundi, Mardi, Mercredi, jeudi et vendredi :**

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0								1,4		0								1,4		0			

**Le Samedi et Dimanche :**

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
0								1,4																0

Fraction radiante = 50%

Fraction convective = 50%

## Ventilation Hygro B [m<sup>3</sup>/h]

**Le Lundi, Mardi, jeudi et vendredi :**

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
76								20								76							

**Le Mercredi :**

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
76								20				76											

**Le Samedi et Dimanche :**

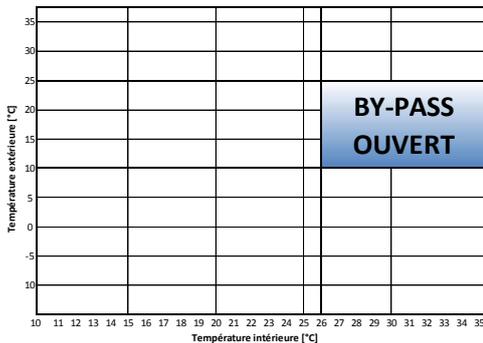
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
76																							

## Ventilation Double Flux [m<sup>3</sup>/h]

**La Semaine :**

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
90								150		90								105		90			

**NB :** En fonctionnement normal (hors surventilation Nocturne lorsque le système fonctionne en free-cooling)



Conditions de mise en place du by-pass de l'échangeur en double flux

La ventilation double flux se met en by-pass pour des températures extérieures situées entre 10 et 25°C et pour une température de l'air intérieur supérieure ou égale à 26°C. En dehors de ces limites, le système de ventilation fonctionne par échangeur thermique.

La surventilation permise par le système double flux souffle un débit d'environ deux fois supérieur à la ventilation en fonctionnement normal.

## Ventilation Naturelle, ouverture des baies non répartie

**Le Lundi, Mardi, jeudi et vendredi :**

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1								0										1					

**Le Mercredi :**

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1								0						1									

**Le Samedi et Dimanche :**

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1																							

Les fenêtres sont ouvrables uniquement la journée lorsque la température intérieure est supérieure à 22°C.

1 = Ouverture complète

0 = Fermeture

## Gestion des Protections solaires mobiles

**Le Lundi, Mardi, jeudi et vendredi :**

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1							0	1											0				1

**Le Mercredi :**

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1							0	1											0				1

**Le Samedi et Dimanche :**

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1							0					1					0				1		

Les fenêtres sont ouvrables uniquement la journée lorsque la température intérieure est supérieure à 22°C.

1 = Fermeture complète

0 = Ouverture complète

## 3.2 Les indicateurs de confort d'été

### 3.2.1 Catégories de bâtiment

Les valeurs d'entrée de confort thermique recommandées par la Norme Française EN 15251 sont données par catégorie de bâtiment :

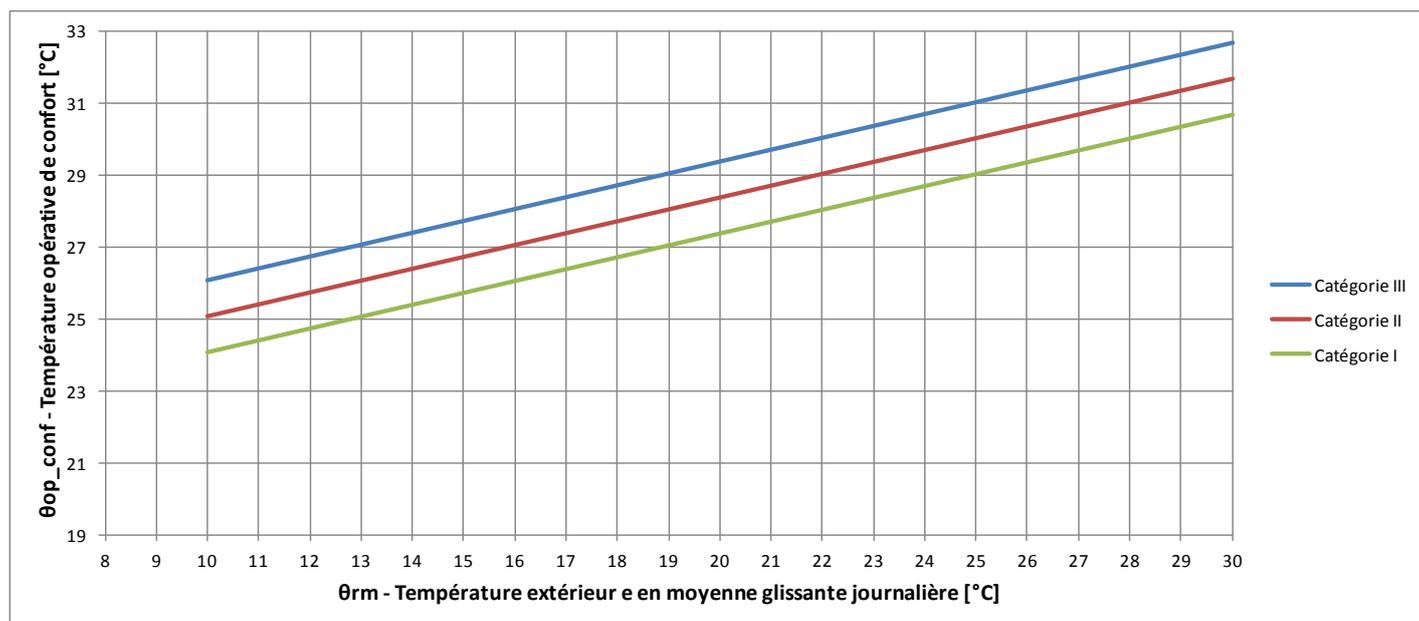
Catégorie	Explication
I	Niveau élevé attendu qui est recommandé pour les espaces occupés par des personnes sensibles et fragiles avec des exigences spécifiques comme des personnes handicapées, malades, de très jeunes enfants et personnes âgées.
II	Niveau normal attendu qu'il convient d'utiliser pour 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.

*Source : NF EN 15251 – Critères intérieurs pour la conception et évaluation de la performance énergétique des bâtiments couvrant la qualité de l'air intérieur, la thermique, l'éclairage et l'acoustique (p 13)*

### 3.2.2 Températures intérieures acceptables pour la conception de bâtiments non climatisés (selon NF EN 15251)

Les températures intérieures acceptables « en été » (saison de rafraîchissement) sont présentées pour les bâtiments non climatisés selon la figure ci-dessous :

Les températures opératives de confort 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.



Valeurs de base de la température opérative intérieure pour des bâtiments non climatisés — fonction d'une température extérieure en moyenne glissante pondérée exponentiellement

Les limites de températures ne s'appliquent que lorsque les conditions thermiques dans les espaces sont régulées d'abord par les occupants en ouvrant et fermant les fenêtres. Plusieurs champs d'expérimentation ont montré que les réponses thermiques des occupants dans de tels espaces dépendent en partie du climat extérieur et diffèrent des réponses thermiques des occupants des bâtiments équipés de systèmes de conditionnement d'air, essentiellement à cause des différences de l'expérience thermique, de la capacité de contrôle et du changement de leurs attentes.

Afin d'appliquer cette méthode optionnelle, les espaces en question doivent être équipés de fenêtres ouvrables facilement sur l'extérieur et dont l'ouverture peut être ajustée par les occupants des espaces.

Aucune climatisation ne doit être en fonctionnement dans l'espace. Une ventilation mécanique d'air non conditionné (en été) peut être utilisée mais ouvrir et fermer les fenêtres doit être le moyen essentiel pour la régulation des conditions thermiques dans l'espace. En outre, d'autres méthodes à basse énergie peuvent exister pour un contrôle individuel de l'ambiance intérieure comme des ventilateurs, des volets, la ventilation nocturne etc. Les espaces peuvent être équipés d'un système de chauffage mais cette méthode optionnelle ne s'applique pas pour les périodes de l'année où le système de chauffage est en fonctionnement.

Cette méthode optionnelle s'applique seulement aux espaces dont les occupants ont des activités quasi sédentaires avec un niveau métabolique compris entre 1,0 et 1,3 met. Il est également important qu'il n'y ait pas de règles strictes d'habillement à l'intérieur du bâtiment afin de permettre aux occupants d'adapter librement l'isolation thermique de leur habillement.

Les limites de températures (estivales) présentées sont essentiellement basées sur des études menées dans des bâtiments de bureaux. Cependant, basées sur la connaissance générale sur le confort thermique et les réponses

humaines, on peut supposer que les limites peuvent s'appliquer à d'autres bâtiments (comparables) où les activités sont principalement sédentaires **comme les logements**. Les possibilités d'adaptation (du comportement) sont relativement nombreuses, en particulier dans les logements : l'une d'entre elles relativement aisée est d'adapter le métabolisme et la quantité de vêtements portés en fonction des conditions climatiques extérieures et des températures intérieures.

Le graphique ci-dessus inclut 3 catégories de limites de température pour l'utilisation.

Les températures opératives intérieures permises en fonction de la catégorie de bâtiment sont représentées en fonction de la température journalière en moyenne glissante  $\vartheta_{rm}$ .  $\vartheta_{rm}$  est défini comme la fonction de la moyenne pondérée exponentiellement de la température extérieure journalière.

Les équations des droites du graphique ci-dessus sont :

**Catégorie I** :  $\theta_{op\_conf} = 0,33.\vartheta_{rm} + 18,8 + 2$

**Catégorie II** :  $\theta_{op\_conf} = 0,33.\vartheta_{rm} + 18,8 + 3$

**Catégorie III** :  $\theta_{op\_conf} = 0,33.\vartheta_{rm} + 18,8 + 4$

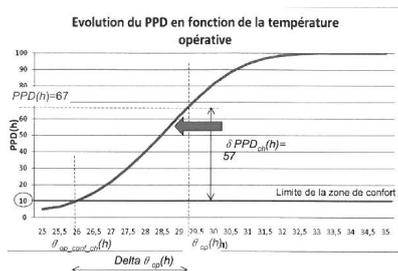
$\theta_{op\_conf}$  = Limite de la température opérative intérieure [°C]

$\vartheta_{rm}$  = Température journalière extérieure glissante moyenne [°C]

Ces limites s'appliquent pour la limite haute si  $10\text{ °C} \leq \vartheta_{rm} \leq 30\text{ °C}$  et pour la limite basse si  $15\text{ °C} \leq \vartheta_{rm} \leq 30\text{ °C}$ . Au-dessus de  $25\text{ °C}$ , ces graphes sont basés sur une base de données restreinte.

### 3.2.3 Indicateur proposé par le CSTB

Celui-ci est basé sur :



- Un dépassement de température : " $\Delta\theta$ " par rapport à une température limite de confort adaptatif en fonction de la température extérieure des jours précédents ( $\theta_{op\_conf}$  – défini dans la NF EN 15251)

$$\Delta\theta = \theta_{op} - \theta_{op\_conf}$$

- Pondéré par le nombre moyen d'insatisfaits générés par ce dépassement de température " $\Delta PPD$ "

**$\Delta PPD$  est déterminé à partir d'une courbe (ci-dessous) donnant le pourcentage d'insatisfaits à partir de la température opérative calculée**

- Indicateur compilé heure par heure par l'addition des indicateurs calculés heure par heure

La température extérieure glissante est une moyenne pondérée des températures des 7 jours précédents:

$$\theta_{rm} = (\theta_{ed-1} + 0,8.\theta_{ed-2} + 0,6.\theta_{ed-3} + 0,5.\theta_{ed-4} + 0,4.\theta_{ed-5} + 0,3.\theta_{ed-6} + 0,2.\theta_{ed-7})/3,8$$

*Calcul issu de la NF EN 15251*

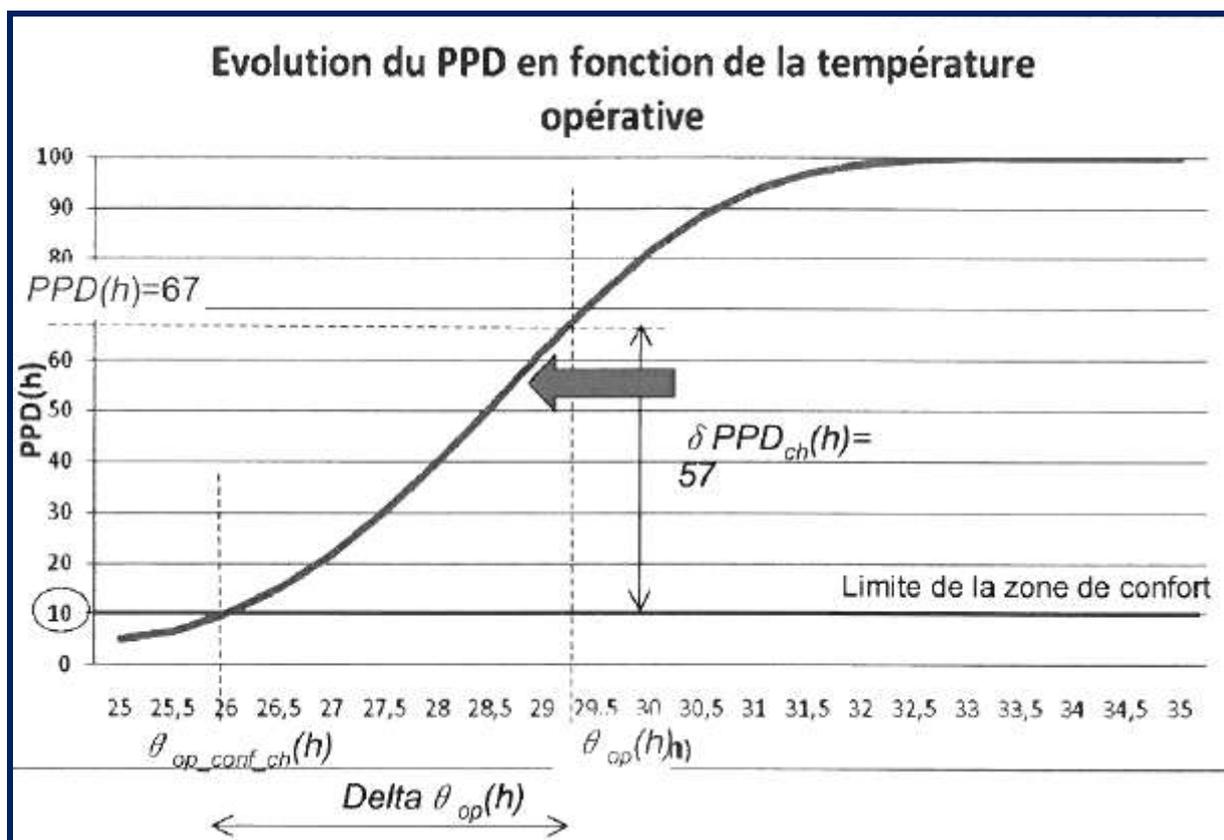
Avec :

$\theta_{rm}$  : température moyenne glissante du jour [°C]

$\theta_{ed}^{-1}$  : température moyenne journalière (24h) extérieure de la veille [°C]

$\theta_{ed}^{-2}$  : température moyenne journalière (24h) extérieure de l'avant-veille [°C]

etc ...



A chaque pas de temps :

1. Calcul de la T° opérative de confort :  $\theta_{op\_conf}(h)$
2. Calcul de la T° opérative :  $\theta_{op}(h)$
3. Calage de la courbe ci-contre pour  $\theta_{op\_conf}(h)$  corresponde à un PPD de 10%
4. Calcul de " $\Delta\theta_{(h)}$ "
5. Calcul de " $\Delta PPD_{(h)}$ "
6. Indicateur à l'heure h =  $\Delta\theta_{(h)} \times \Delta PPD_{(h)}$

→ L'indicateur est compilé heure par heure par l'addition des indicateurs calculés à chaque pas de temps.

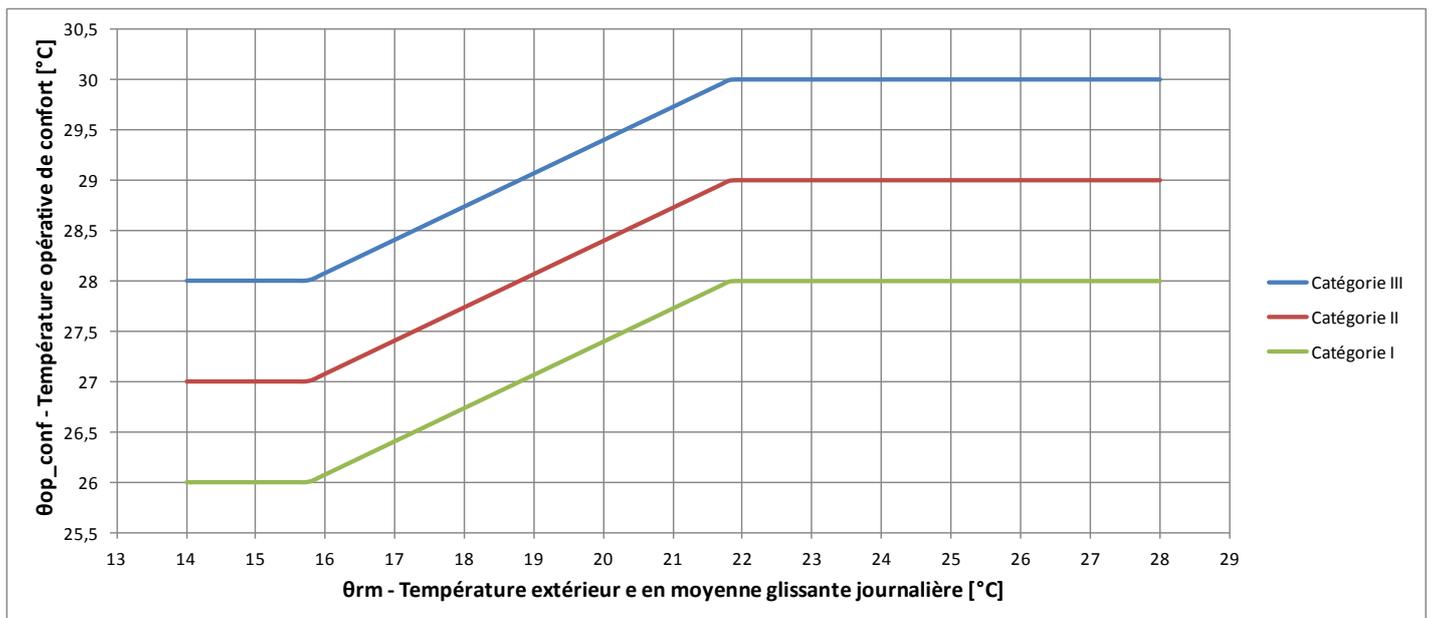
### 3.2.4 Deux méthodes de calcul pour l'indicateur de confort d'été

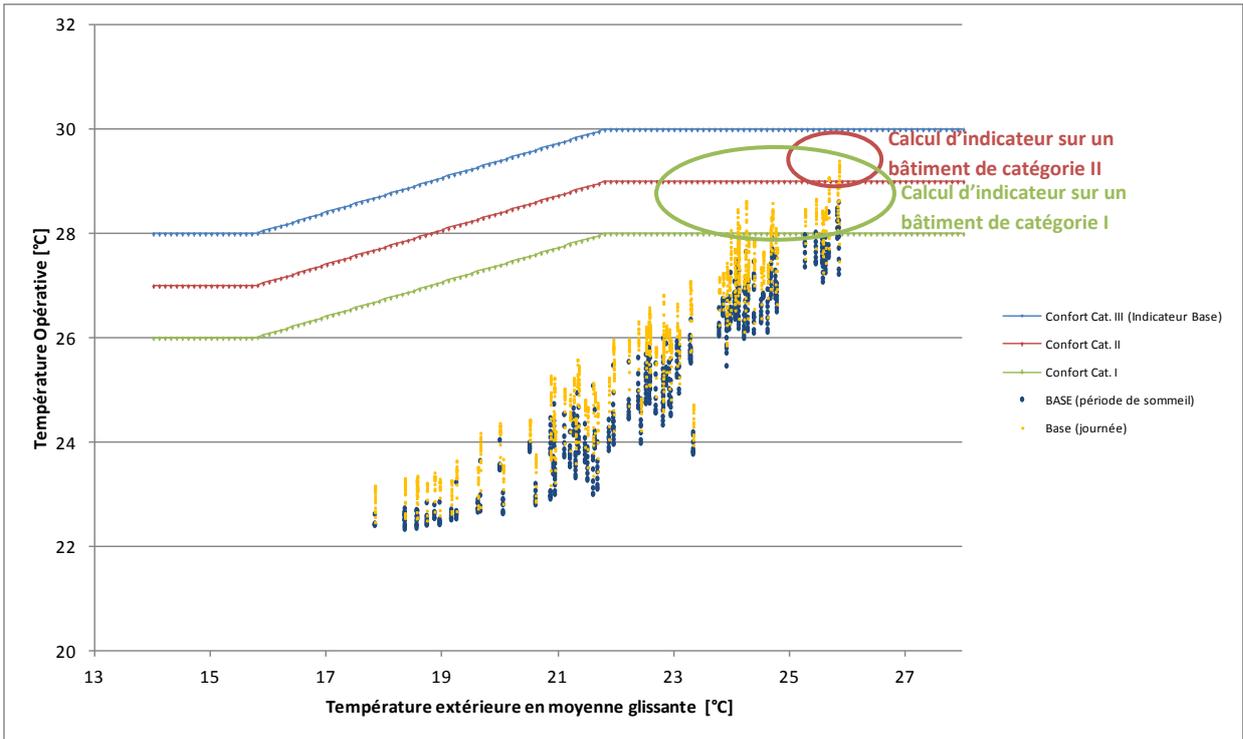
Les indicateurs ont été calculés suivant deux méthodes :

#### Limitation de la température de confort à 2°C :

Les indicateurs ont été calculés selon une température limite de confort déterminée par les équations de la norme NF EN 15251. Mais la température limite de confort est modulée sur 2°C suivant la température extérieure glissante. **Le calcul d'indicateur proposé par le CSTB correspond à un bâtiment de catégorie III au sens de la norme mais avec la modification consistant à fixer une limite haute et basse.**

Limitation de la température de confort à +2°C	Catégorie	Température opérative Basse [°C]	Température opérative Haute [°C]
Bâtiments d'habitation : pièces de séjour (chambres, séjour, cuisine, etc)	I	26	28
	II	27	29
	III (indicateur proposé)	28	30





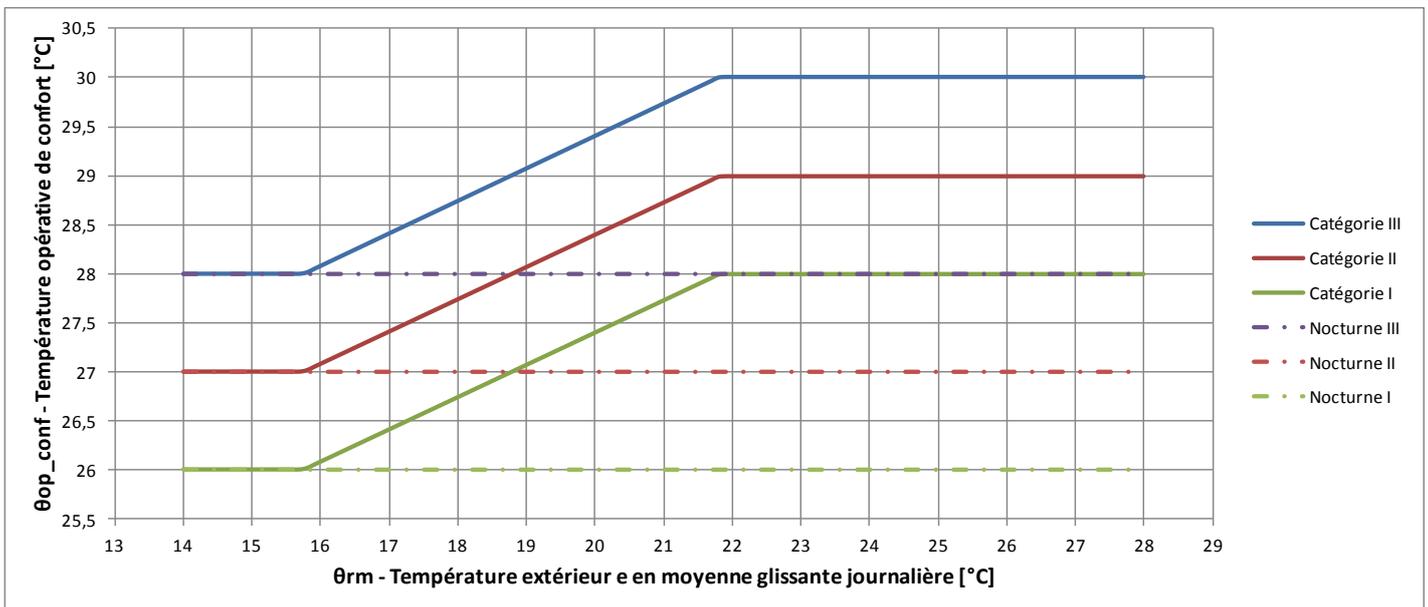
Simulations du cas de base du bâtiment de logements collectifs en zone climatique H3

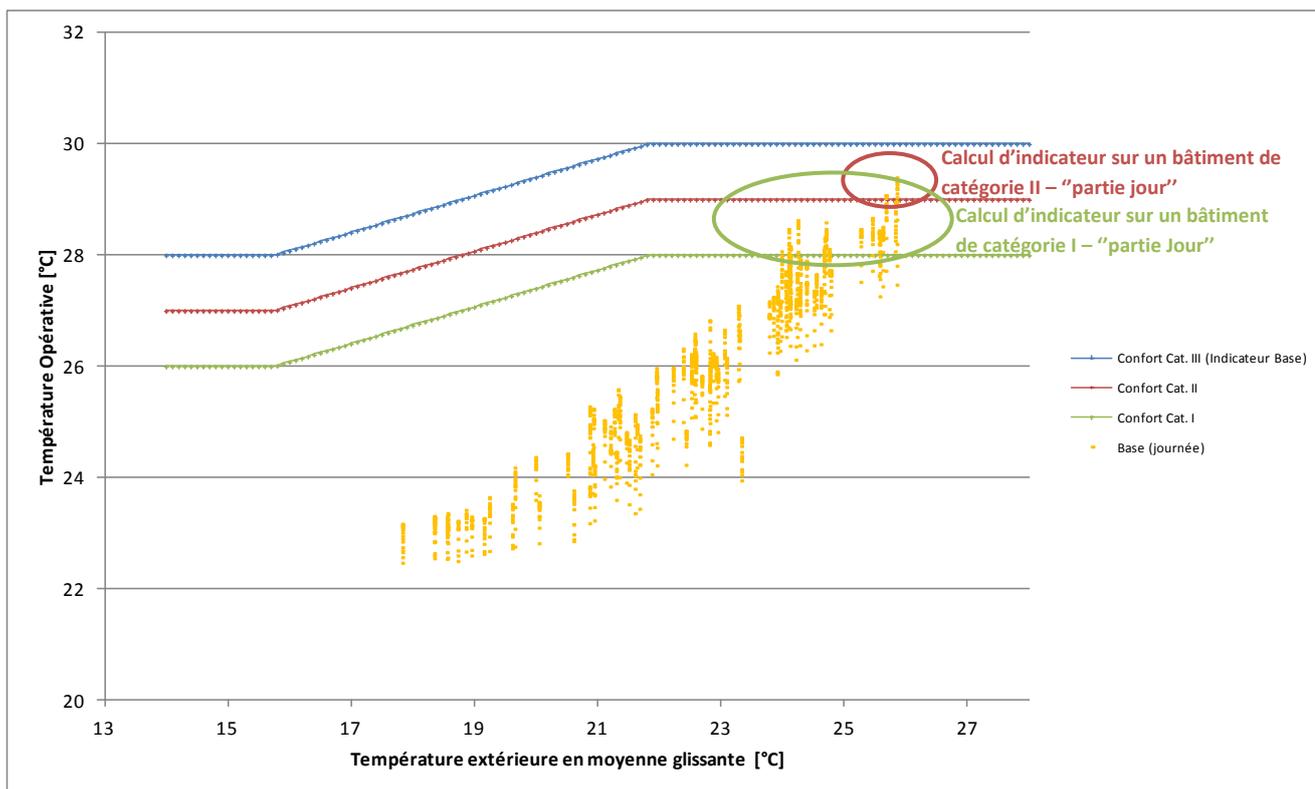
## Approche Non-adaptative la nuit (en période de sommeil)

Comme dans le cas précédent les indicateurs ont été calculés selon une température limite de confort déterminés par les équations de la norme NF EN 15251. Mais la température limite de confort est modulée sur 2°C suivant la température extérieure glissante. A la seule différence que dans ce cas ci, **la température limite de confort la "nuit"** (en période de sommeil) reste **constant** et est égale à la température opérative de confort minimum de jour en fonction de la catégorie de bâtiment.

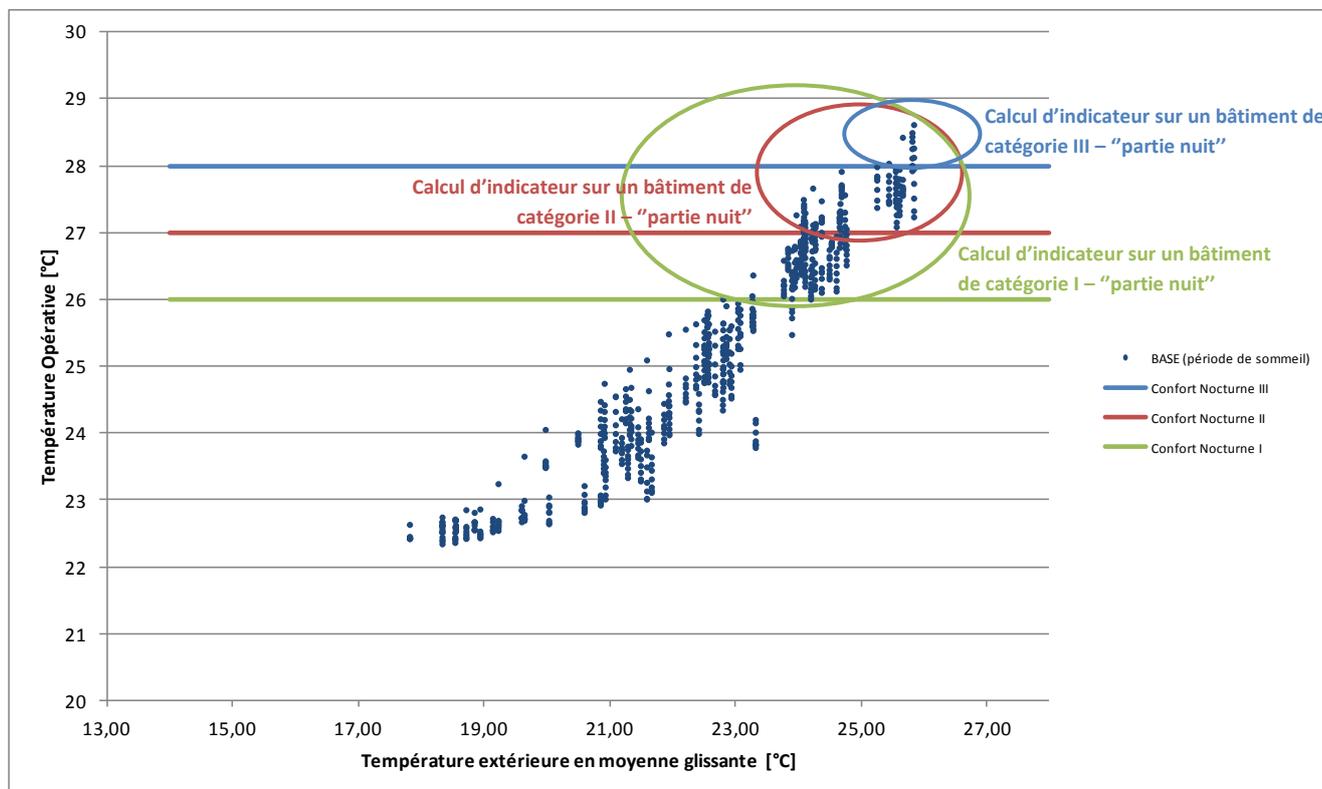
**Le calcul d'indicateur proposé par le CSTB correspond à un bâtiment de catégorie III au sens de la norme mais avec la modification consistant à fixer une limite haute et basse.**

Approche adaptative la nuit	Catégorie	Température opérative Basse [°C]		Température opérative Haute[°C]	
		Jour	Nuit	Jour	Nuit
Bâtiments d'habitation : pièces de séjour (chambres, séjour, cuisine, etc)	I	26	26	28	26
	II	27	27	29	27
	III (indicateur proposé)	28	28	30	28





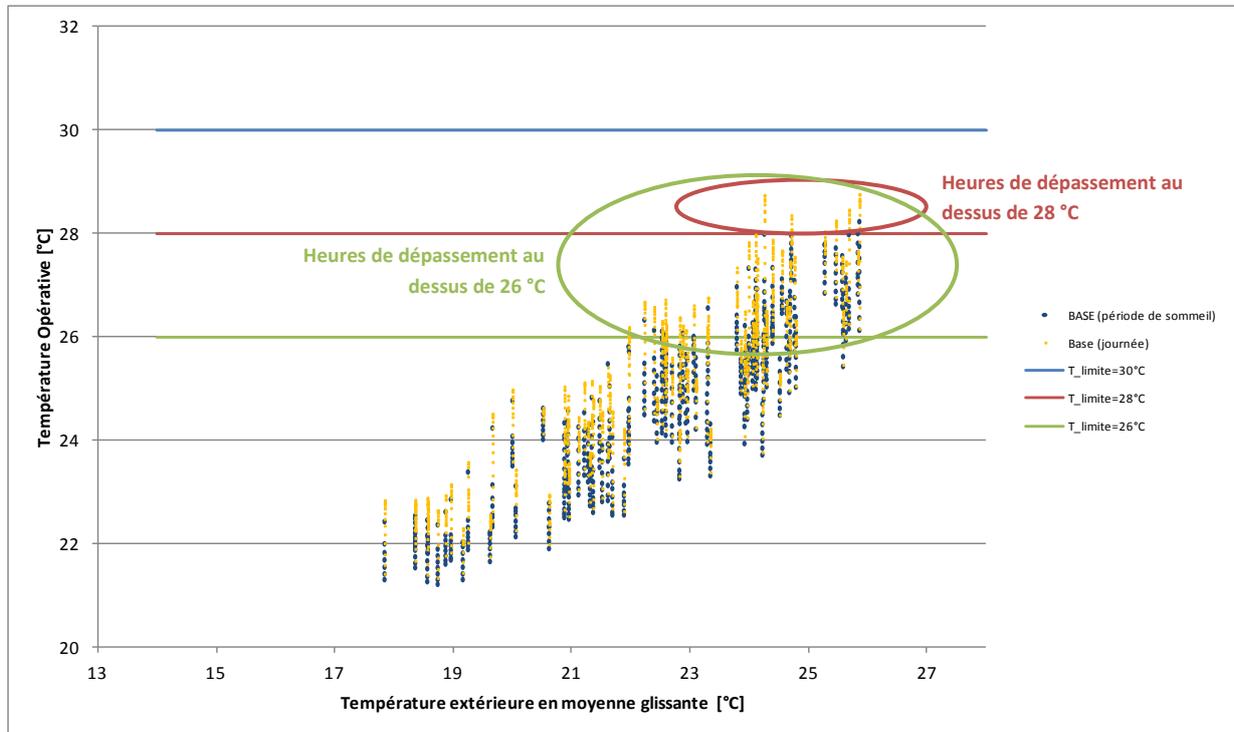
Simulations du cas de base du bâtiment logements collectifs en zone climatique H3 – (partie "jour")



Simulations du cas de base du bâtiment logements collectifs en zone climatique H3 – (partie "nuit")

### 3.2.5 Indicateur du nombre d'heures de dépassements en température

Un calcul est réalisé sur le nombre d'heures où la température opérative du local est au dessus d'une température opérative limite fixée. Les calculs ont été menés sur trois températures limites ; 26°C, 28°C et 30°C.



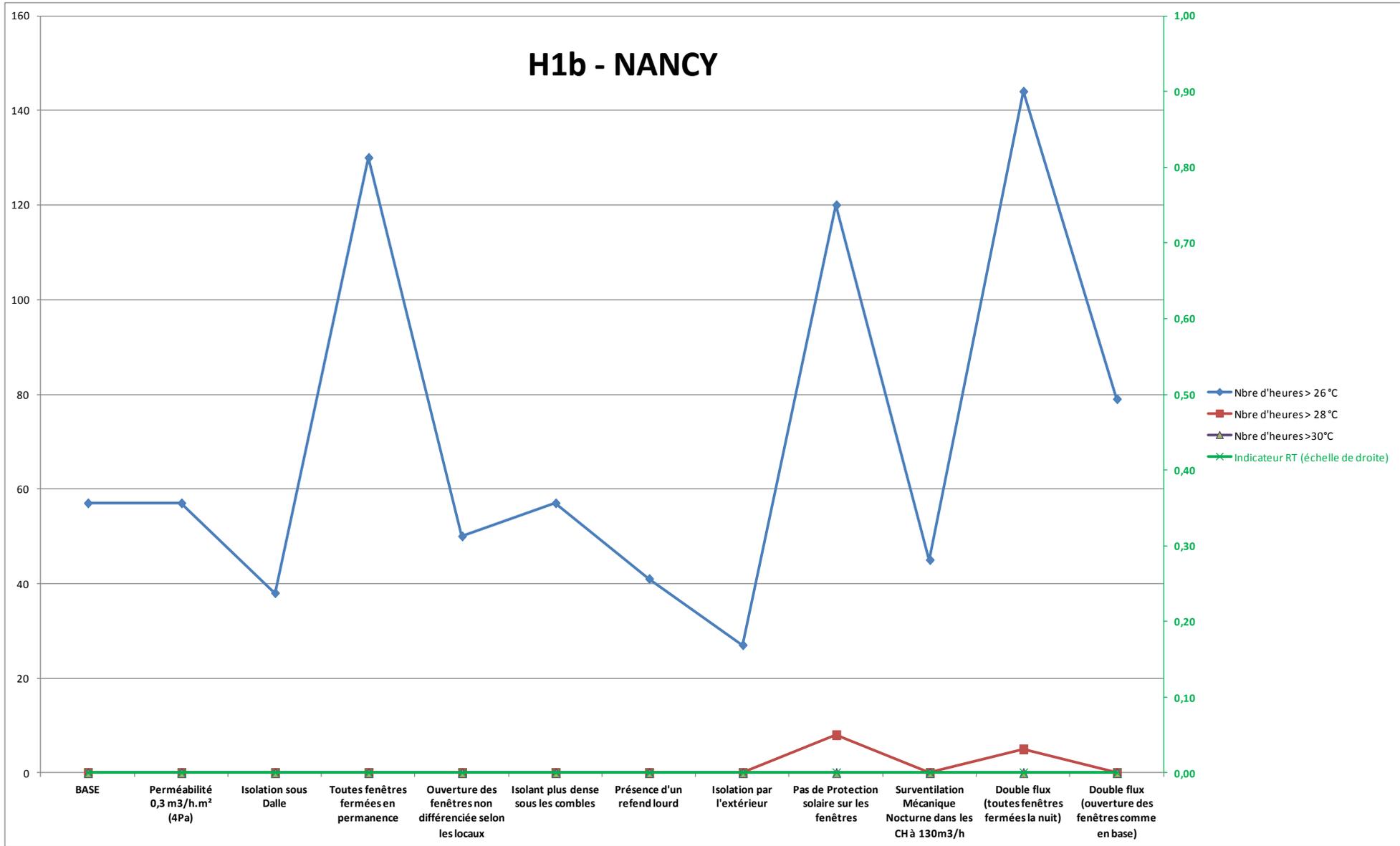
Simulations du cas de base de la maison individuelle en zone climatique H3

## 4 Résultats des simulations

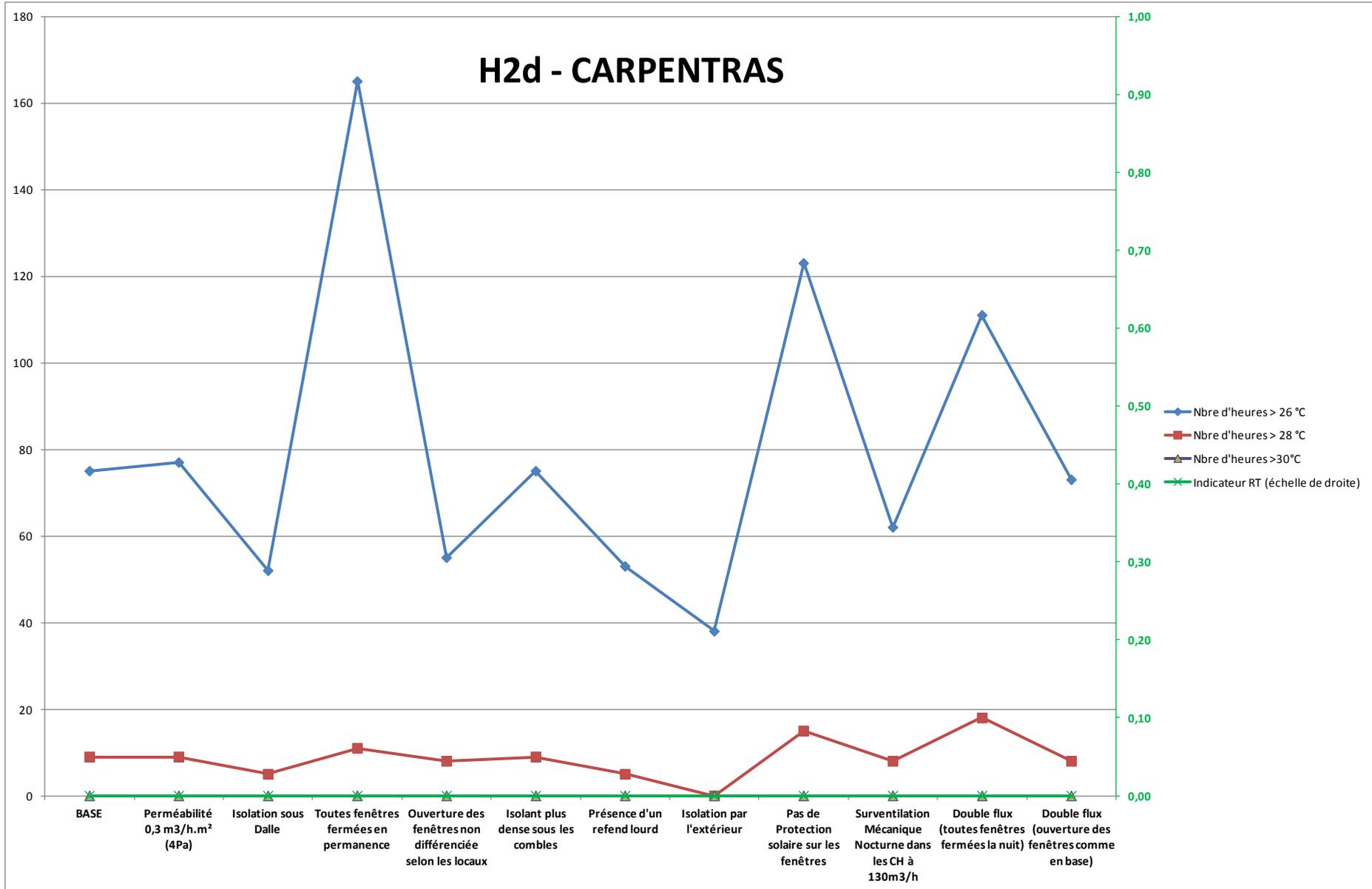
### 4.1 Les heures de dépassement en température et l'indicateur RT envisagé par le CSTB

#### 4.1.1 Maison Individuelle

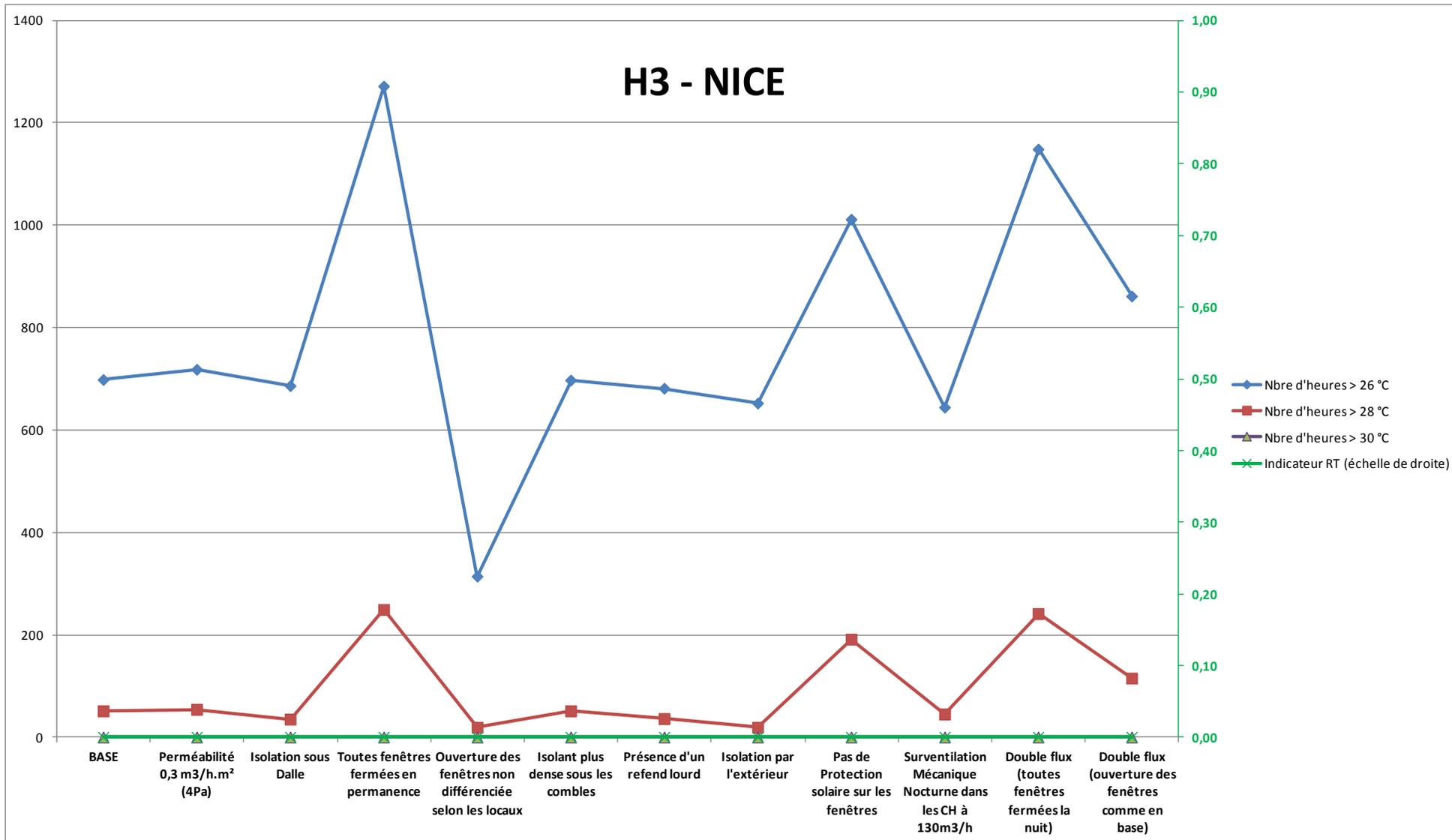
		BASE	Perméabilité 0,3 m3/h.m <sup>2</sup> (4Pa)	Isolation sous Dalle	Toutes fenêtres fermées en permanence	Ouverture des fenêtres non différenciée selon les locaux	Isolant plus dense sous les combles	Présence d'un refend lourd	Isolation par l'extérieur	Pas de Protection solaire sur les fenêtres	Surventilation Mécanique Nocturne dans les CH à 130m3/h	Double flux (toutes fenêtres fermées la nuit)	Double flux (ouverture des fenêtres comme en base)
		Base	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	Variante 6	Variante 7	Variante 8	Variante 9	Variante 10	Variante 11
NANCY	BÂTIMENT (MI - H1b) Nbr h>26°C	57	57	38	130	50	57	41	27	120	45	144	79
	BÂTIMENT (MI - H1b) Nbr h>28°C	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	5	0
	BÂTIMENT (MI - H1b) Nbr h>30°C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	BÂTIMENT (MI - H1b) "Indicateur RT"	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CARPENTRAS	BÂTIMENT (MI - H2d) Nbr h>26°C	75	77	52	165	55	75	53	38	123	62	111	73
	BÂTIMENT (MI - H2d) Nbr h>28°C	9	9	5	11	8	9	5	0	15	8	18	8
	BÂTIMENT (MI - H2d) Nbr h>30°C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	BÂTIMENT (MI - H2d) "Indicateur RT"	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NICE	BÂTIMENT (MI - H3) Nbr h>26°C	698	718	686	1271	314	697	681	652	1011	644	1148	861
	BÂTIMENT (MI - H3) Nbr h>28°C	51	54	35	249	19	51	36	19	191	45	241	115
	BÂTIMENT (MI - H3) Nbr h>30°C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	BÂTIMENT (MI - H3) "Indicateur RT"	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



## H2d - CARPENTRAS



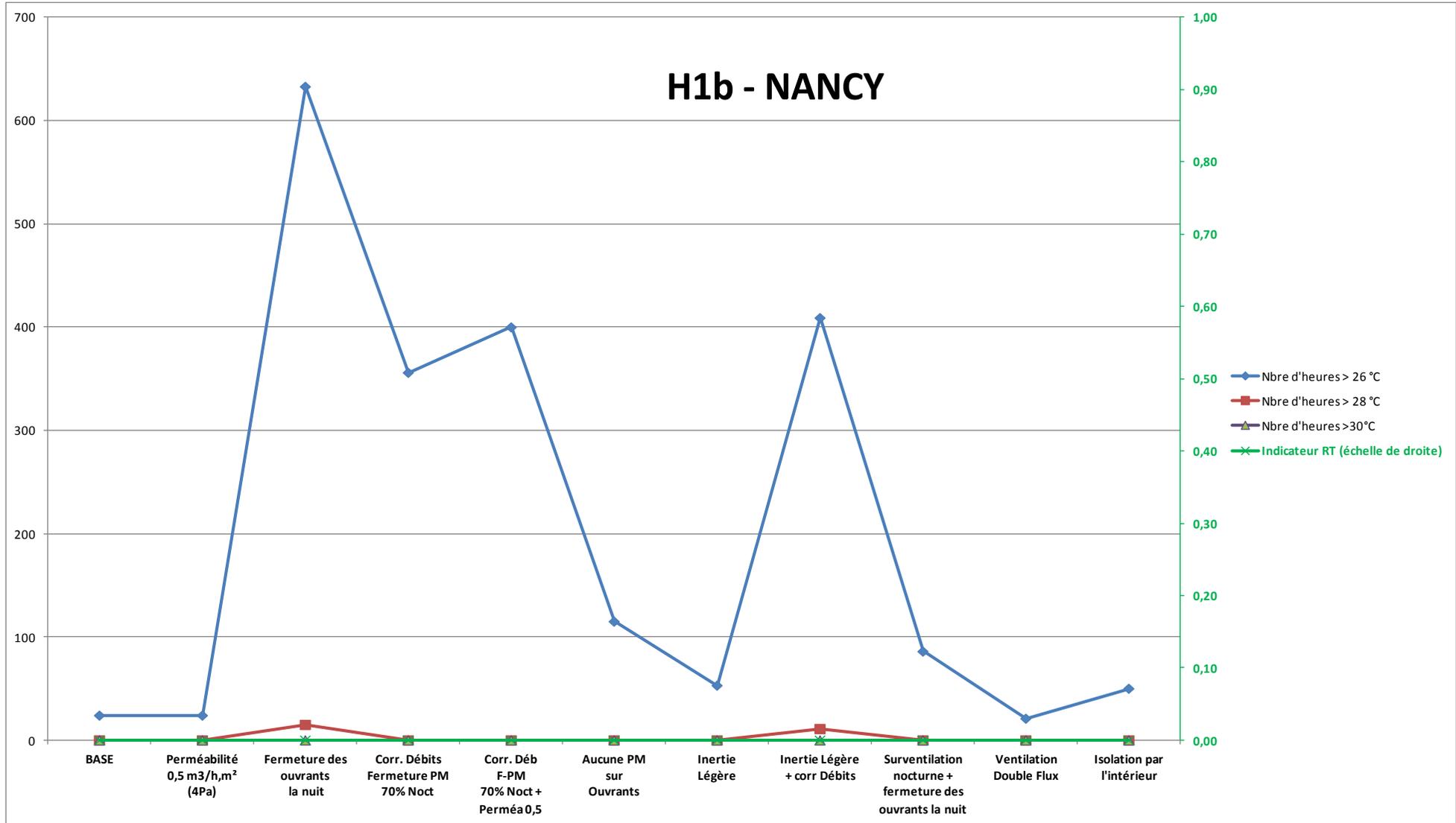
# H3 - NICE



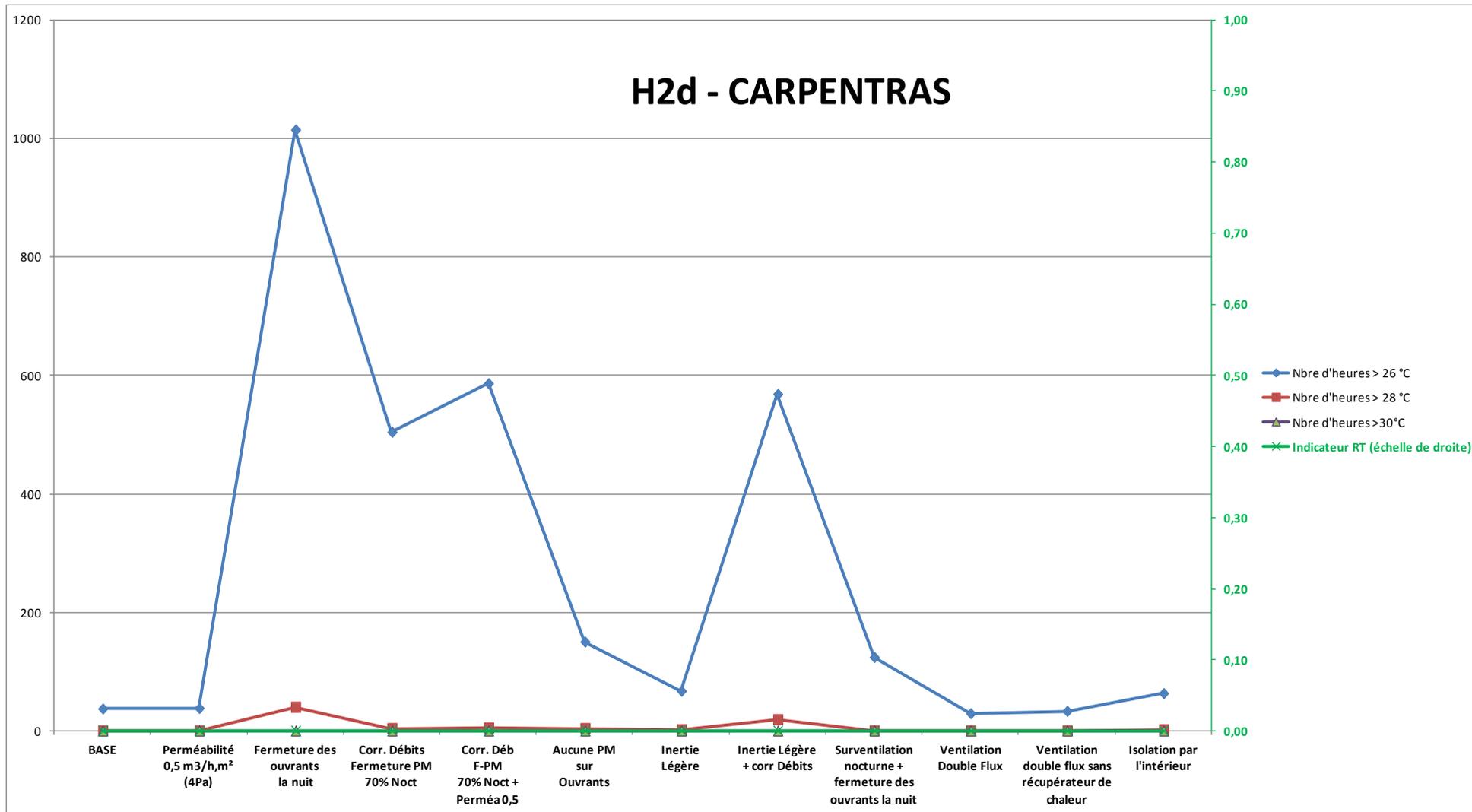
## 4.1.2 Logements Collectifs

		BASE	Perméabilité 0,5 m3/h.m <sup>2</sup> (4Pa)	Fermeture des ouvrants la nuit	Corr. Débits Fermeture PM 70% Noct	Corr. Déb F-PM 70% Noct + Perméa 0,5	Aucune PM sur Ouvrants	Inertie Légère	Inertie Légère + corr Débits	Surventilation nocturne + fermeture des ouvrants la nuit	Ventilation Double Flux	Isolation par l'intérieur
		Base	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	Variante 6	Variante 7	Variante 8	Variante 9	Variante 10
NANCY	BÂTIMENT (LC - H1b) Nbr h>26°C	24	24	633	356	400	115	53	409	86	21	50
	BÂTIMENT (LC - H1b) Nbr h>28°C	0	0	15	0	0	0	0	11	0	0	0
	BÂTIMENT (LC - H1b) Nbr h>30°C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	BÂTIMENT (LC - H1b) "Indicateur RT"	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CARPENTRAS	BÂTIMENT (LC - H2d) Nbr h>26°C	37	38	1014	504	586	150	67	568	124	29	63
	BÂTIMENT (LC - H2d) Nbr h>28°C	0	0	40	4	5	4	2	19	0	0	2
	BÂTIMENT (LC - H2d) Nbr h>30°C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	BÂTIMENT (LC - H2d) "Indicateur RT"	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NICE	BÂTIMENT (LC - H3) Nbr h>26°C	1031	1051	1770	1577	1591	1360	1107	1623	1387	917	1093
	BÂTIMENT (LC - H3) Nbr h>28°C	187	211	1205	945	992	653	231	1010	618	131	214
	BÂTIMENT (LC - H3) Nbr h>30°C	0	0	411	92	138	17	0	147	6	0	0
	BÂTIMENT (LC - H3) "Indicateur RT"	0,00	0,00	10,90	0,73	1,33	0,05	0,00	2,97	0,01	0,00	0,00

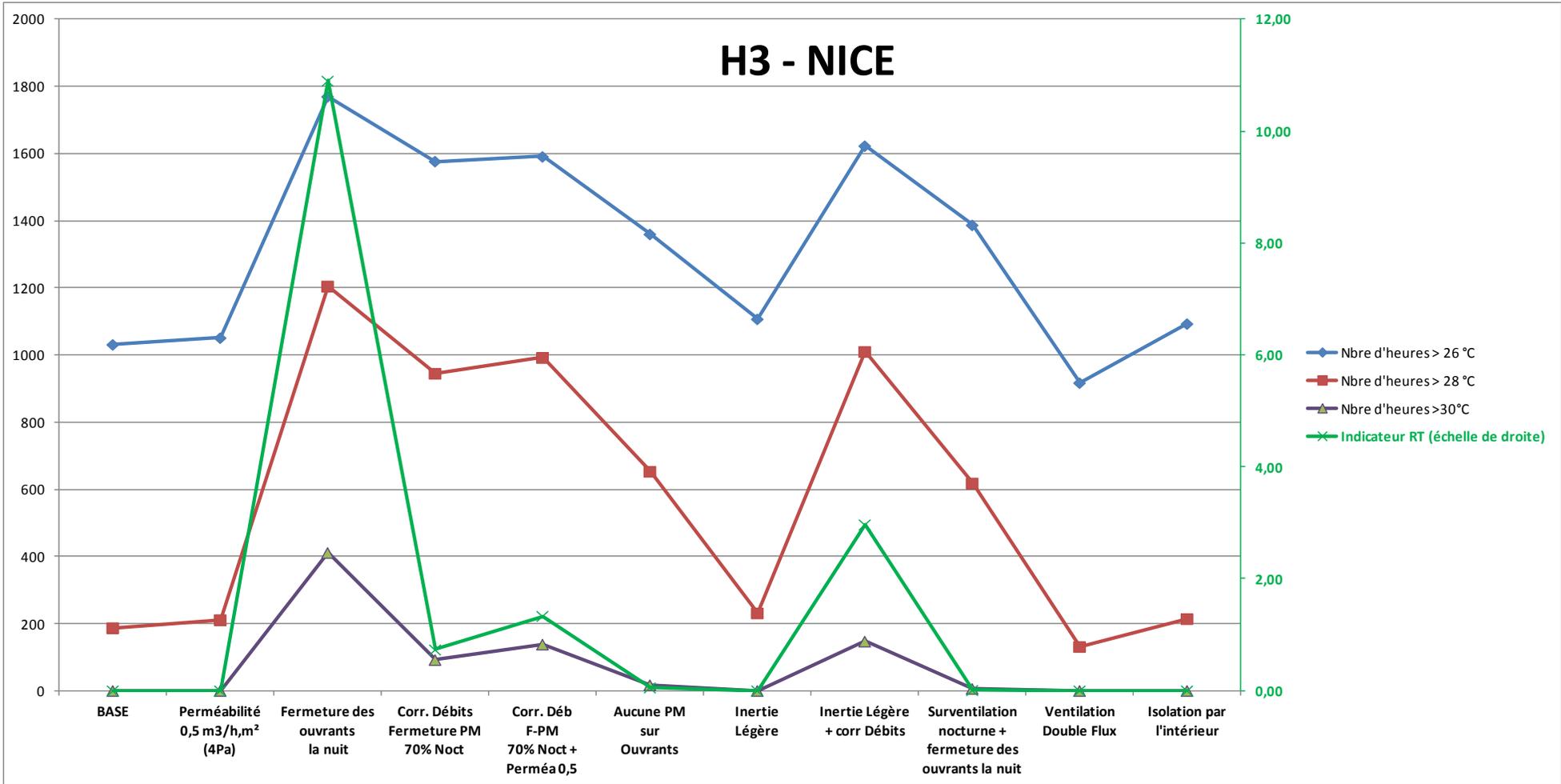
# H1b - NANCY



## H2d - CARPENTRAS



# H3 - NICE

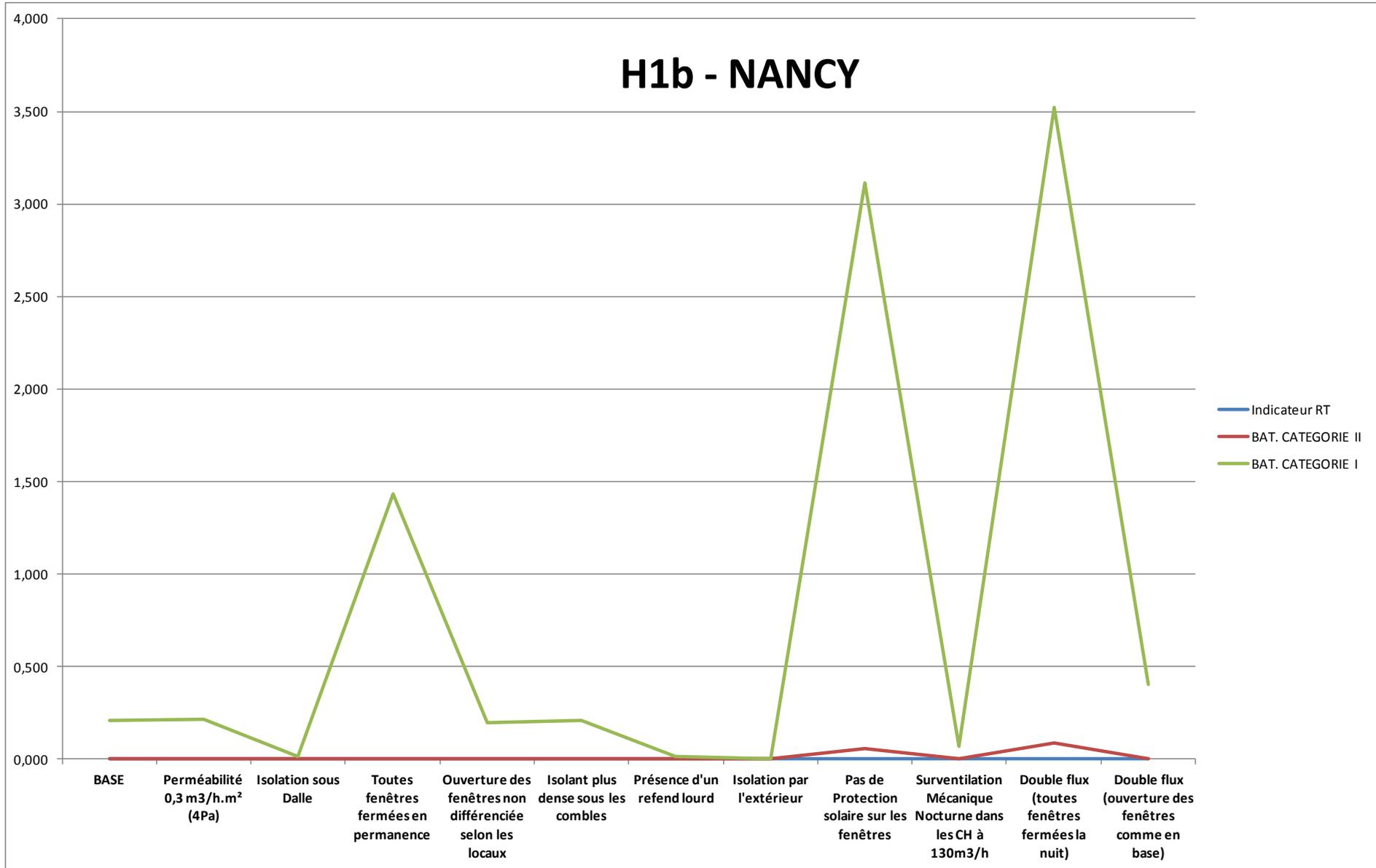


## 4.2 L'indicateur RT envisagé par le CSTB et les indicateurs plus exigeants en confort thermique selon la catégorie du bâtiment

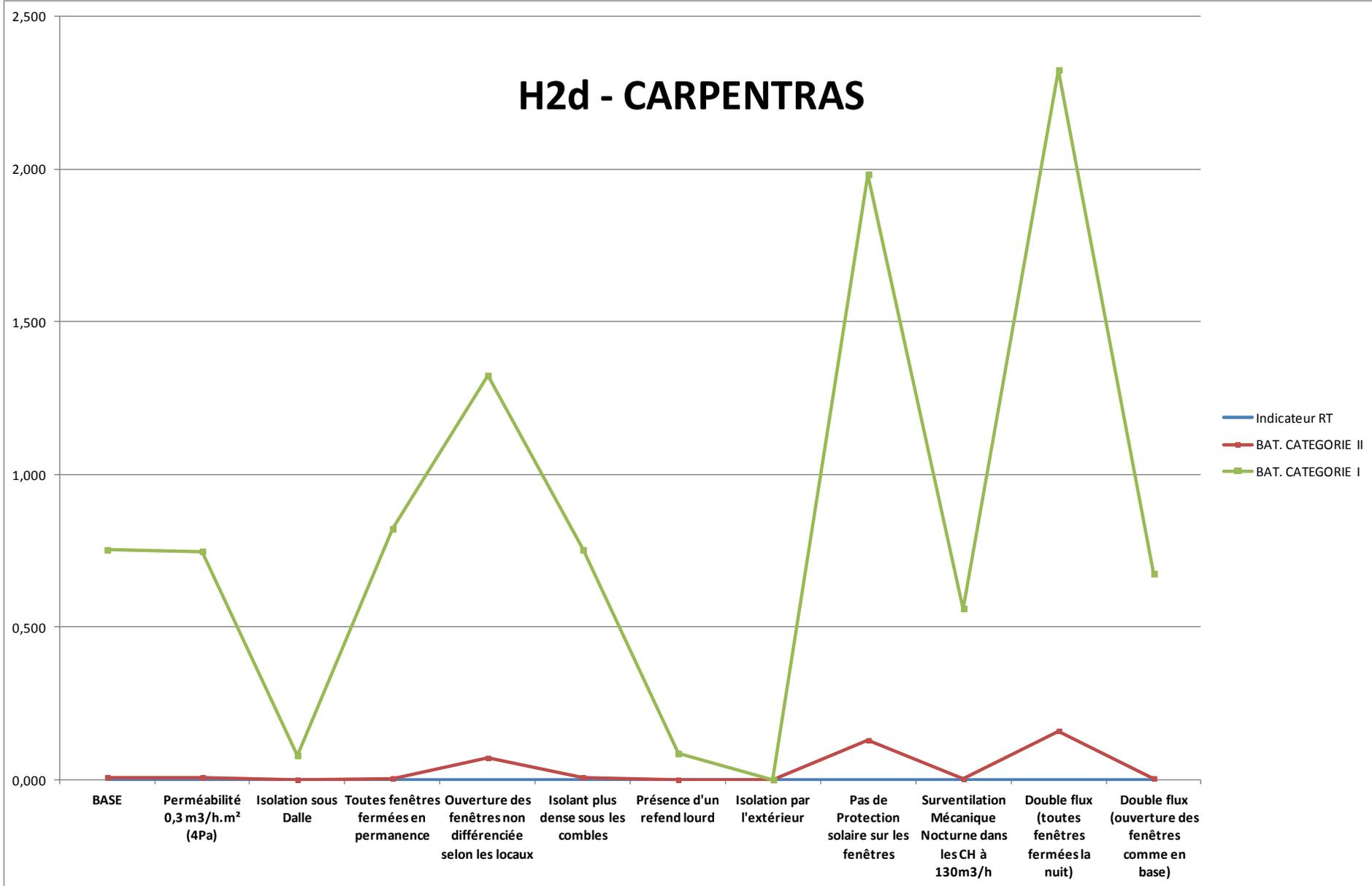
### 4.2.1 Maison Individuelle

		BASE	Perméabilité 0,3 m3/h.m <sup>2</sup> (4Pa)	Isolation sous Dalle	Toutes fenêtres fermées en permanence	Ouverture des fenêtres non différenciée selon les locaux	Isolant plus dense sous les combles	Présence d'un refend lourd	Isolation par l'extérieur	Pas de Protection solaire sur les fenêtres	Surventilation Mécanique Nocturne dans les CH à 130m3/h	Double flux (toutes fenêtres fermées la nuit)	Double flux (ouverture des fenêtres comme en base)
		Base	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	Variante 6	Variante 7	Variante 8	Variante 9	Variante 10	Variante 11
NANCY	INDICATEUR RT (MI - H1b)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	BAT. CATEGORIE II (MI - H1b)	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,058	0,000	0,085	0,000
	BAT. CATEGORIE I (MI - H1b)	0,208	0,215	0,017	1,435	0,197	0,206	0,012	0,000	3,111	0,069	3,524	0,406
CARPENTRAS	INDICATEUR RT (MI - H2d)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	BAT. CATEGORIE II (MI - H2d)	0,008	0,008	0,000	0,004	0,071	0,008	0,000	0,000	0,129	0,003	0,160	0,004
	BAT. CATEGORIE I (MI - H2d)	0,753	0,748	0,080	0,822	1,324	0,753	0,086	0,000	1,983	0,561	2,325	0,675
NICE	INDICATEUR RT (MI - H3)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	BAT. CATEGORIE II (MI - H3)	0,000	0,000	0,000	0,149	0,000	0,000	0,000	0,000	0,107	0,000	0,566	0,005
	BAT. CATEGORIE I (MI - H3)	0,751	0,801	0,423	10,913	0,138	0,749	0,205	0,067	8,131	0,674	15,796	3,123

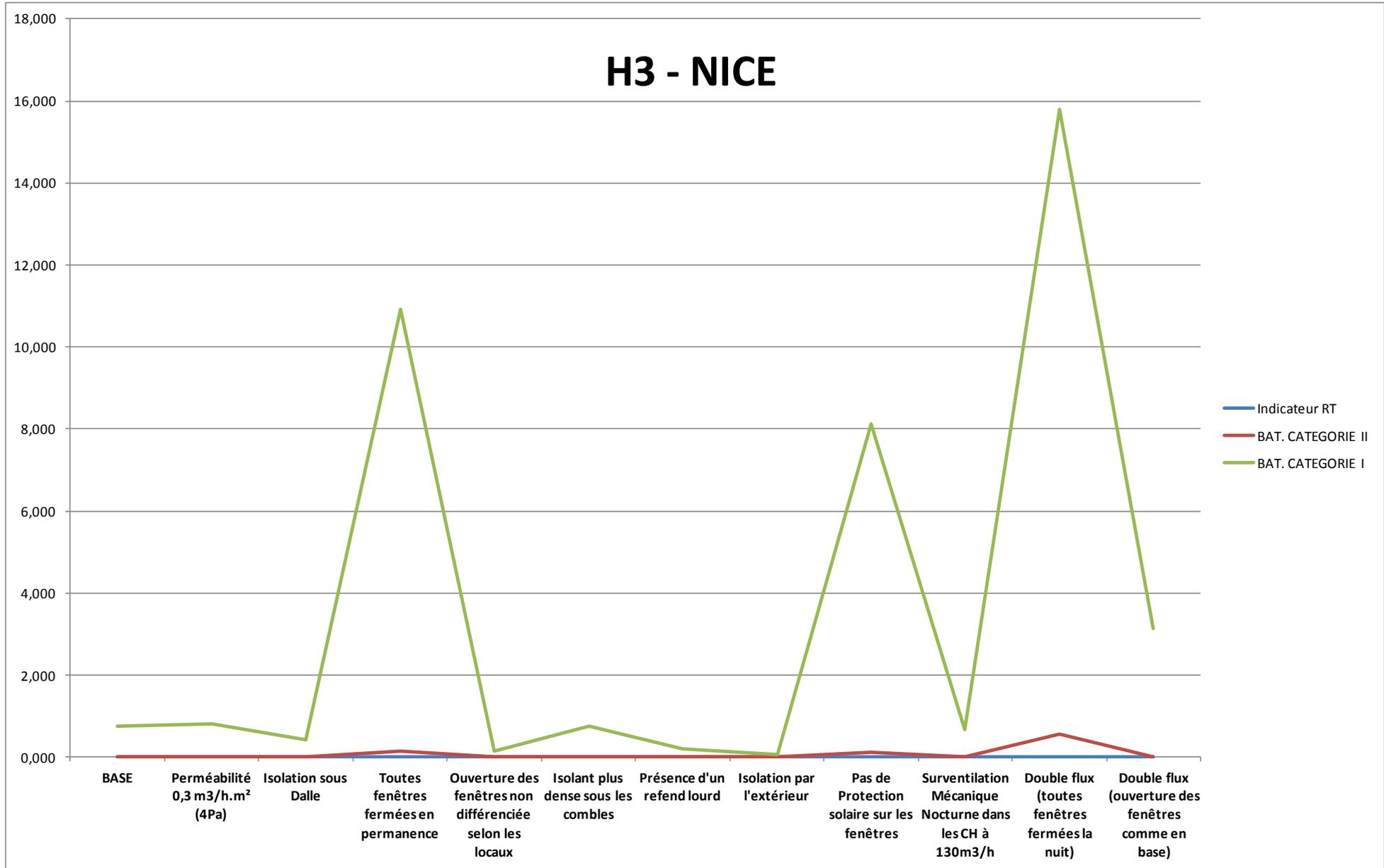
# H1b - NANCY



## H2d - CARPENTRAS



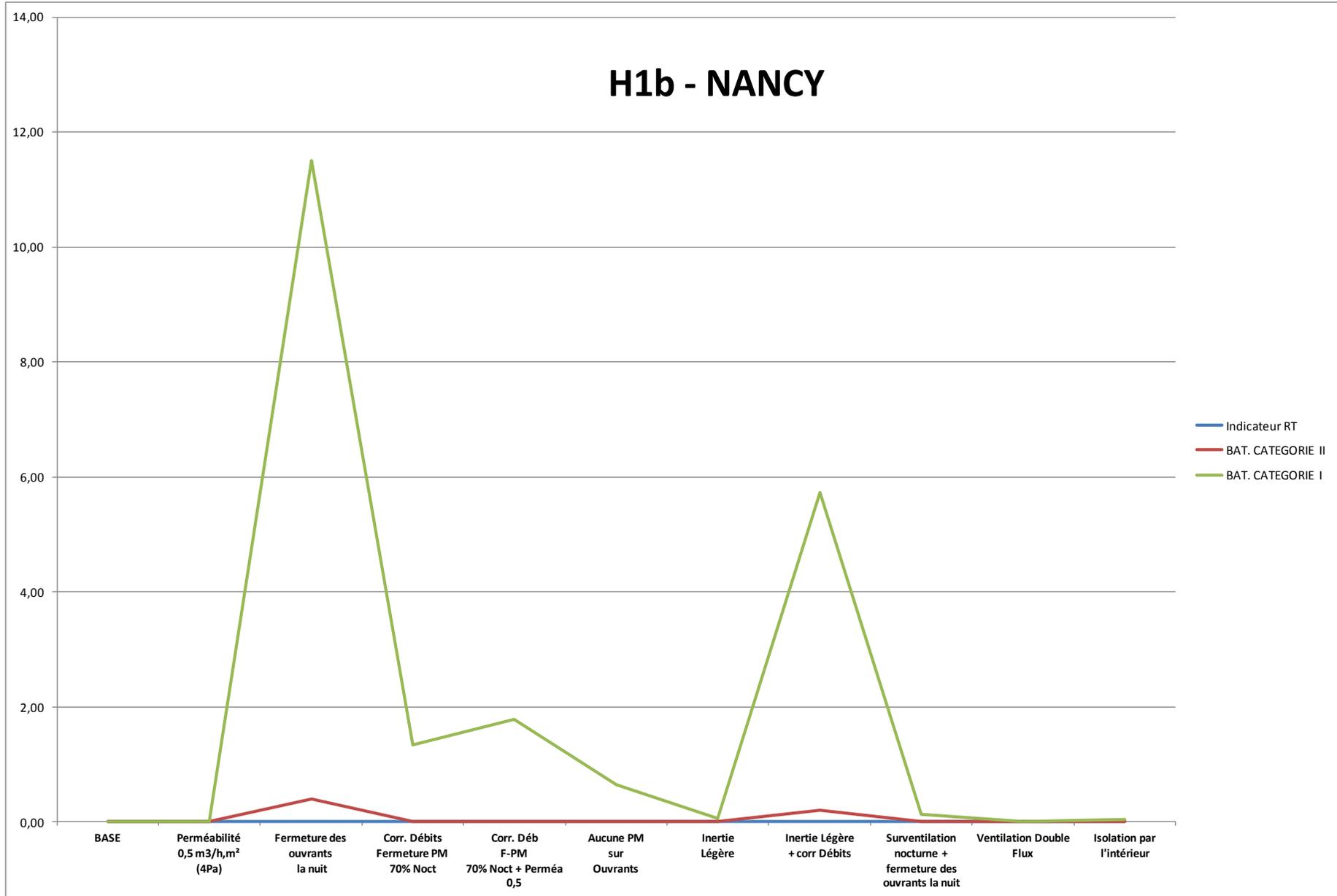
# H3 - NICE



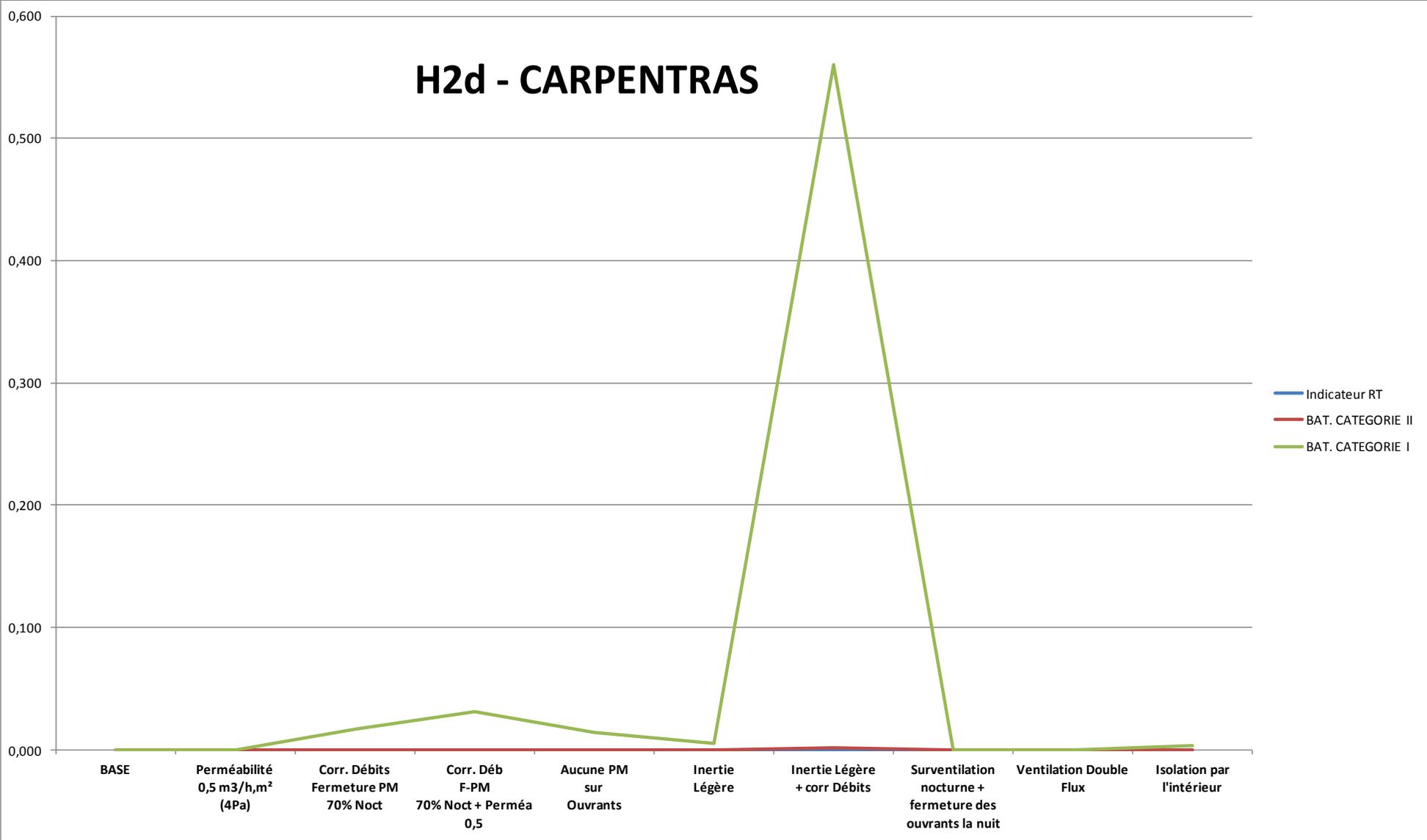
## 4.2.2 Logements Collectifs

		BASE	Perméabilité 0,5 m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup> (4Pa)	Fermeture des ouvrants la nuit	Corr. Débits Fermeture PM 70% Noct	Corr. Déb F-PM 70% Noct + Perméa 0,5	Aucune PM sur Ouvrants	Inertie Légère	Inertie Légère + corr Débits	Surventilation nocturne + fermeture des ouvrants la nuit	Ventilation Double Flux	Isolation par l'intérieur
		Base	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	Variante 6	Variante 7	Variante 8	Variante 9	Variante 10
NANCY	INDICATEUR RT (LC - H1b)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	BAT. CATEGORIE II (LC - H1b)	0,000	0,000	0,401	0,005	0,011	0,000	0,000	0,194	0,000	0,000	0,000
	BAT. CATEGORIE I (LC - H1b)	0,000	0,000	11,500	1,345	1,783	0,641	0,053	5,728	0,135	0,000	0,048
CARPENTRAS	INDICATEUR RT (LC - H2d)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	BAT. CATEGORIE II (LC - H2d)	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000
	BAT. CATEGORIE I (LC - H2d)	0,000	0,000	0,975	0,017	0,031	0,014	0,005	0,560	0,000	0,000	0,003
NICE	INDICATEUR RT (LC - H3)	0,000	0,000	10,898	0,732	1,333	0,055	0,000	2,967	0,008	0,000	0,000
	BAT. CATEGORIE II (LC - H3)	0,061	0,081	131,768	31,150	43,363	7,015	0,323	52,180	2,590	0,021	0,256
	BAT. CATEGORIE I (LC - H3)	5,788	6,679	562,229	232,373	283,762	78,310	11,473	298,802	46,094	3,598	10,193

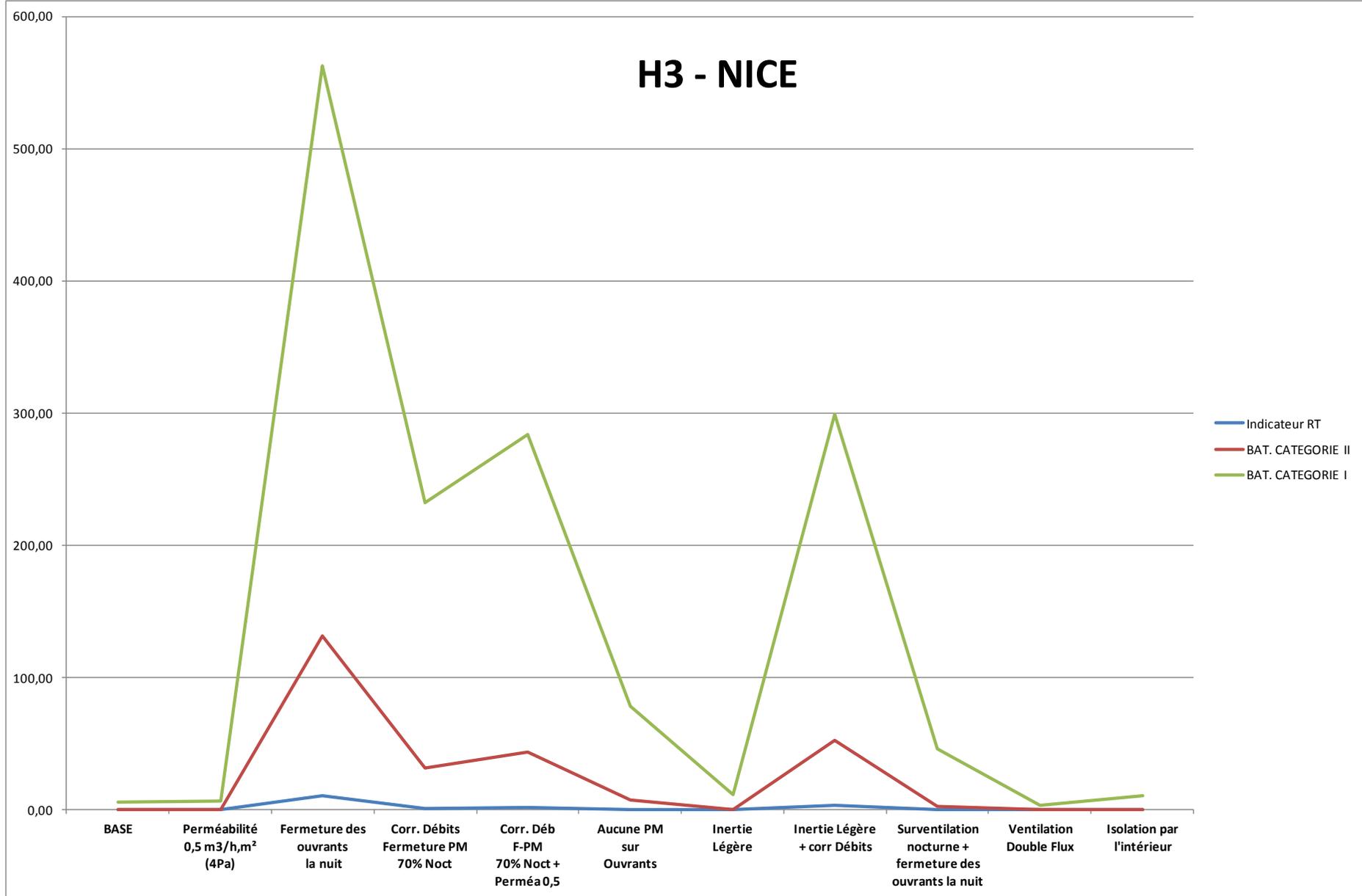
# H1b - NANCY



# H2d - CARPENTRAS



# H3 - NICE

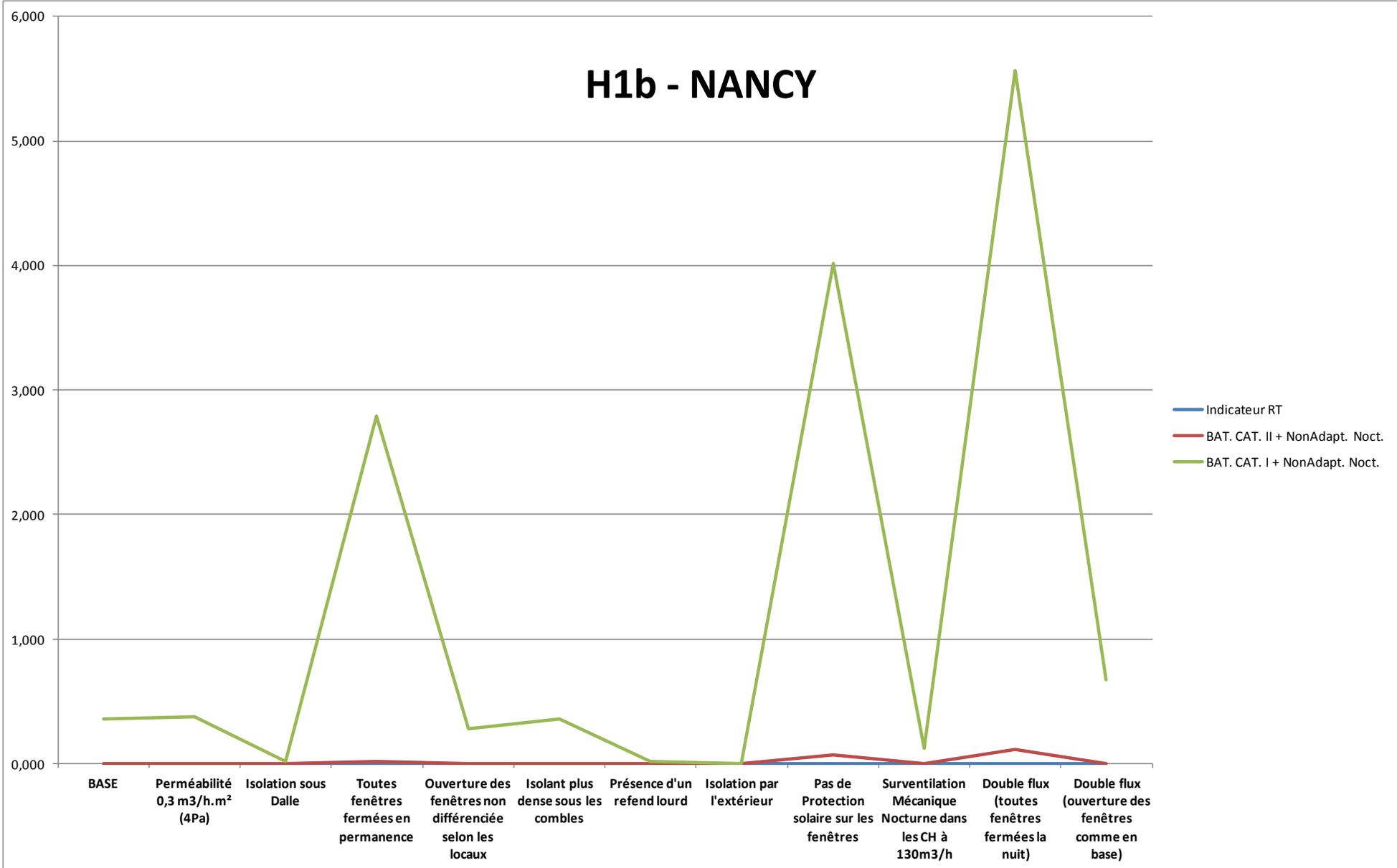


## 4.3 L'indicateur RT envisagé par le CSTB et les indicateurs plus exigeants en confort thermique selon la catégorie de bâtiment avec une non-adaptation en période de sommeil

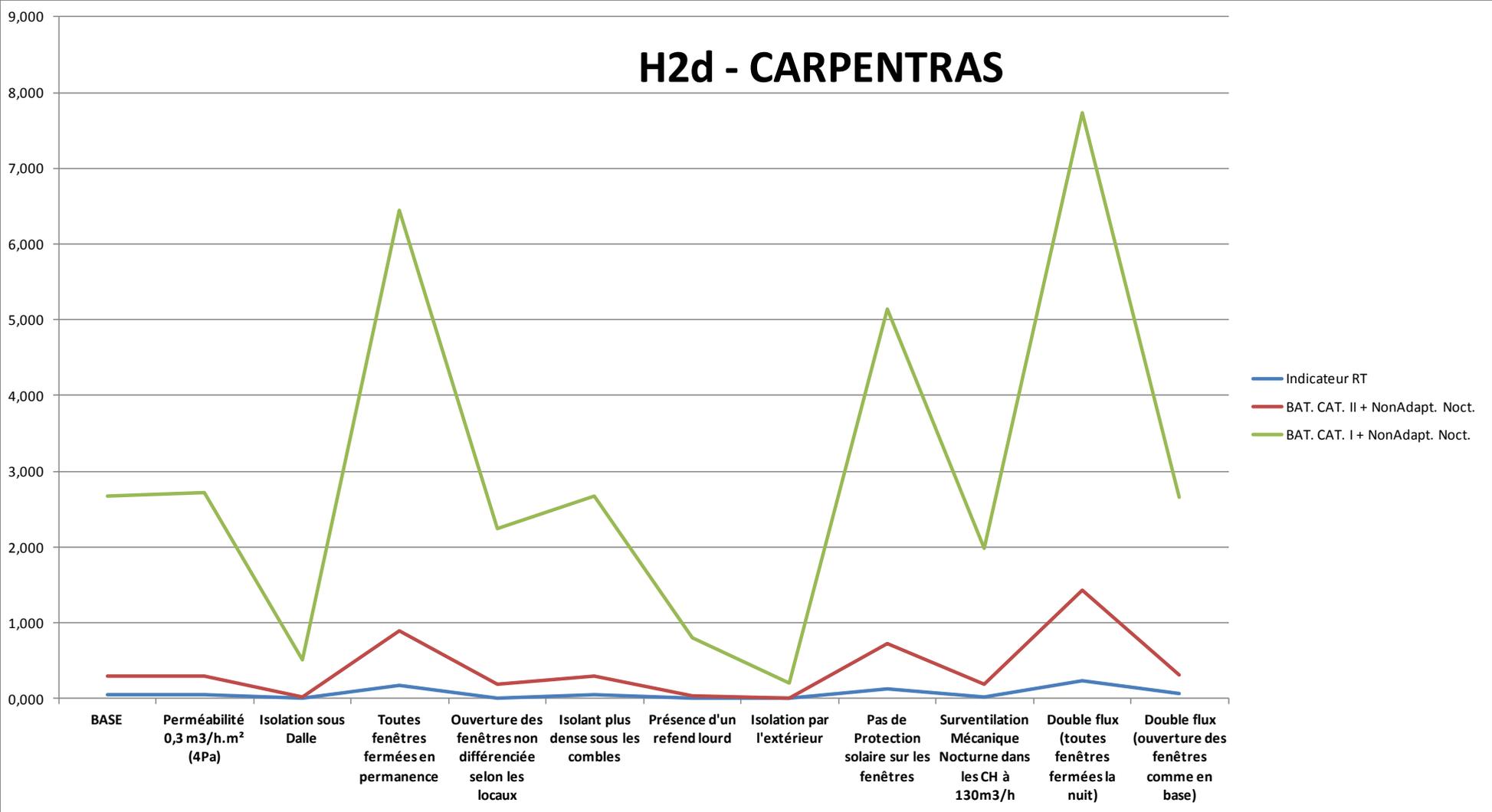
### 4.3.1 Maison Individuelle

		BASE	Perméabilité é 0,3 m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup> (4Pa)	Isolation sous Dalle	Toutes fenêtres fermées en permanence	Ouverture des fenêtres non différenciée selon les locaux	Isolant plus dense sous les combles	Présence d'un refend lourd	Isolation par l'extérieur	Pas de Protection solaire sur les fenêtres	Surventilation Mécanique Nocturne dans les CH à 130m <sup>3</sup> /h	Double flux (toutes fenêtres fermées la nuit)	Double flux (ouverture des fenêtres comme en base)
		Base	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	Variante 6	Variante 7	Variante 8	Variante 9	Variante 10	Variante 11
NANCY	INDIC. RT + NonAdapt. Noct. (MI - H1b)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	BAT. CAT. II + NonAdapt. Noct. (MI - H1b)	0,000	0,000	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000	0,000	0,067	0,000	0,115	0,000
	BAT. CAT. I + NonAdapt. Noct. (MI - H1b)	0,358	0,372	0,018	2,788	0,275	0,355	0,017	0,000	4,016	0,125	5,569	0,671
CARPENTRAS	INDIC. RT + NonAdapt. Noct. (MI - H2d)	0,054	0,056	0,000	0,176	0,000	0,054	0,000	0,000	0,131	0,026	0,236	0,061
	BAT. CAT. II + NonAdapt. Noct. (MI - H2d)	0,290	0,298	0,017	0,890	0,189	0,290	0,038	0,000	0,721	0,190	1,423	0,309
	BAT. CAT. I + NonAdapt. Noct. (MI - H2d)	2,674	2,716	0,513	6,443	2,236	2,672	0,808	0,197	5,141	1,977	7,731	2,654
NICE	INDIC. RT + NonAdapt. Noct. (MI - H3)	0,065	0,091	0,018	4,267	0,000	0,065	0,003	0,000	1,242	0,054	3,995	0,791
	BAT. CAT. II + NonAdapt. Noct. (MI - H3)	1,460	1,593	0,640	19,635	0,082	1,460	0,766	0,377	6,402	1,109	19,306	4,423
	BAT. CAT. I + NonAdapt. Noct. (MI - H3)	18,416	19,450	12,207	114,888	3,299	18,415	14,049	10,483	51,929	15,286	99,284	35,696

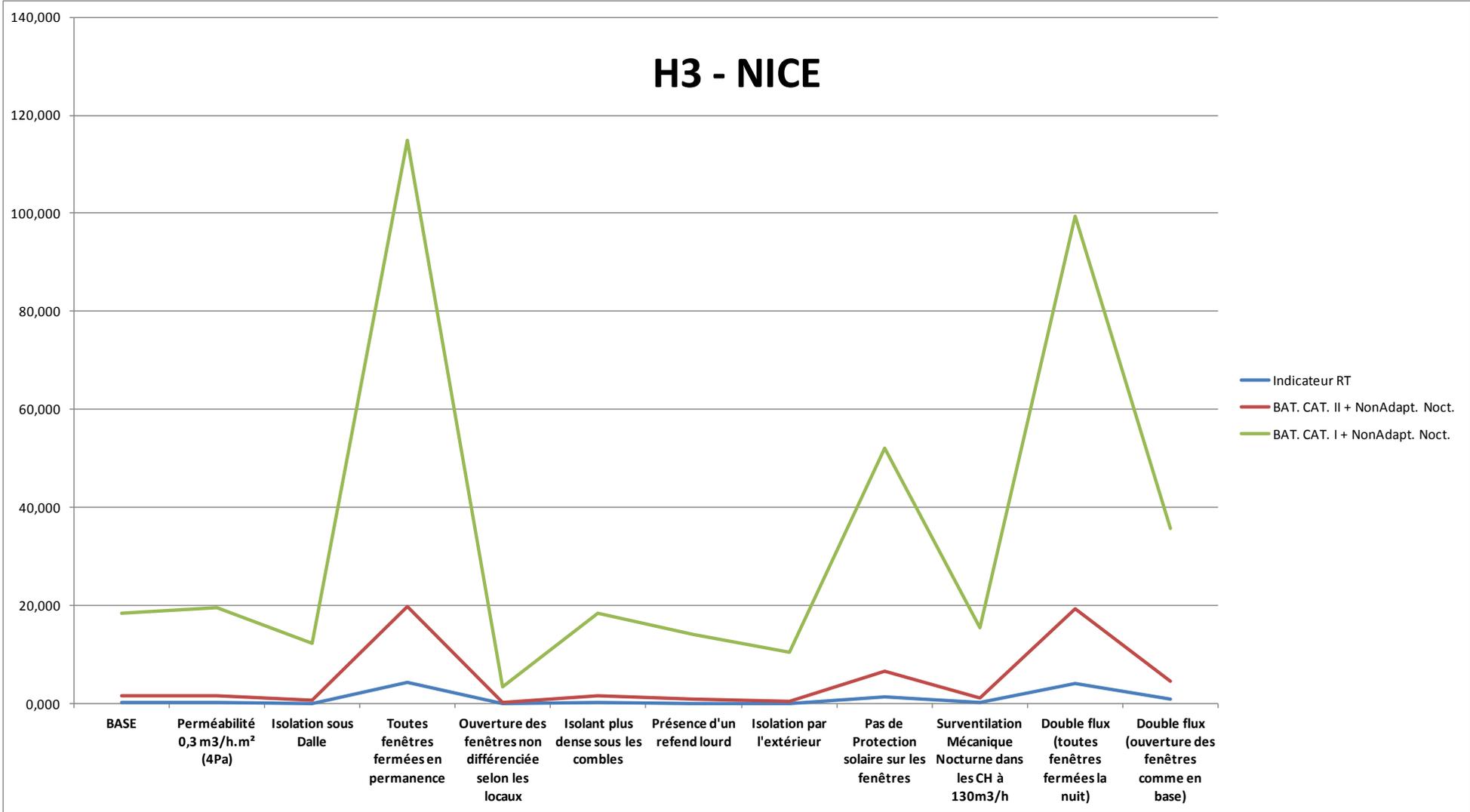
# H1b - NANCY



# H2d - CARPENTRAS



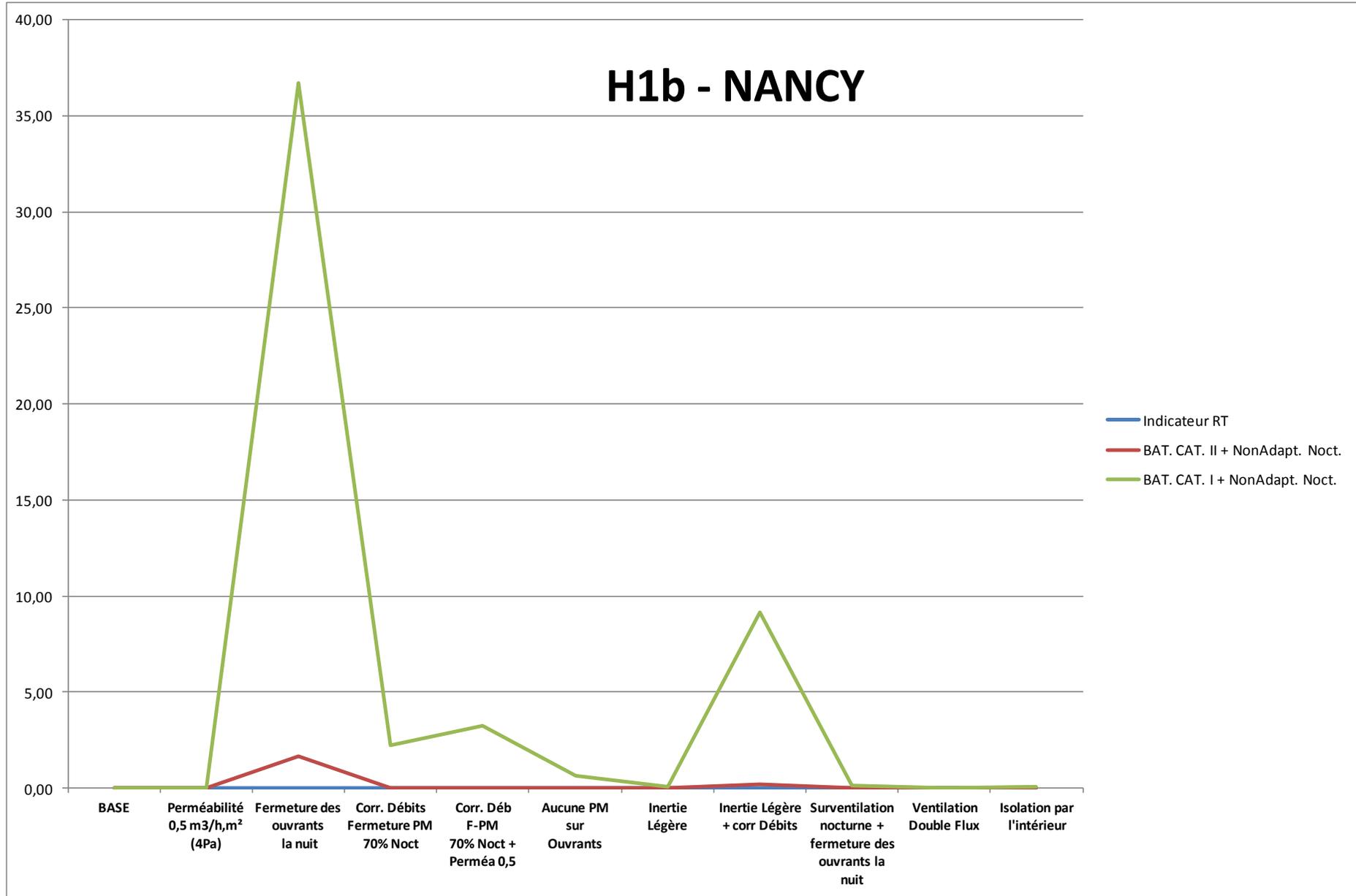
# H3 - NICE



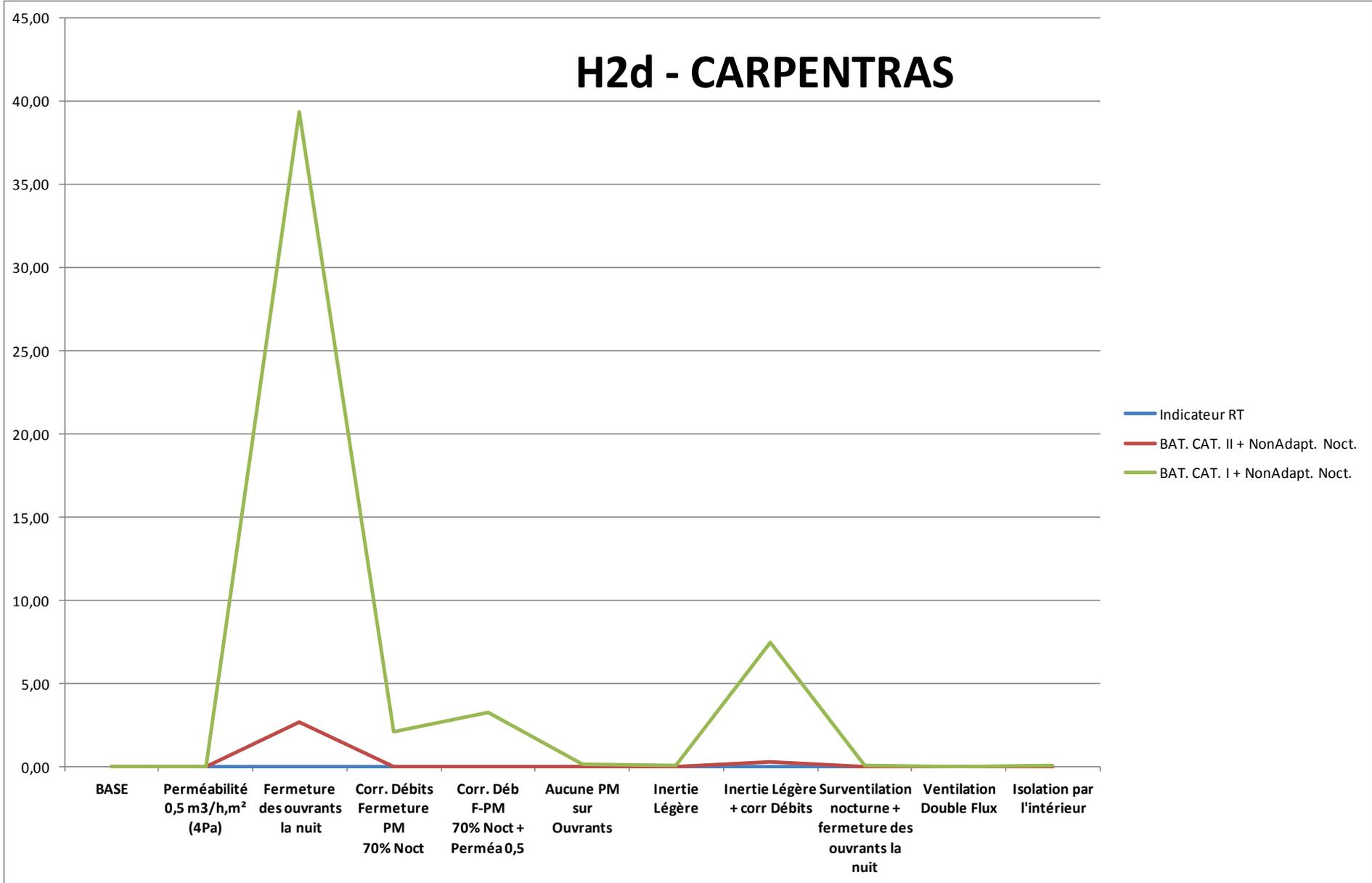
## 4.3.2 Logements Collectifs

		BASE	Perméabilité 0,5 m3/h.m <sup>2</sup> (4Pa)	Fermeture des ouvrants la nuit	Corr. Débits Fermeture PM 70% Noct	Corr. Déb F-PM 70% Noct + Perméa 0,5	Aucune PM sur Ouvrants	Inertie Légère	Inertie Légère + corr Débits	Surventilation nocturne + fermeture des ouvrants la nuit	Ventilation Double Flux	Isolation par l'intérieur
		Base	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	Variante 6	Variante 7	Variante 8	Variante 9	Variante 10
NANCY	INDIC. RT + NonAdapt. Noct. (LC - H1b)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	BAT. CAT. II + NonAdapt. Noct. (LC - H1b)	0,00	0,00	1,64	0,01	0,01	0,00	0,00	0,23	0,00	0,00	0,00
	BAT. CAT. I + NonAdapt. Noct. (LC - H1b)	0,00	0,00	36,71	2,24	3,27	0,65	0,05	9,18	0,14	0,00	0,05
CARPENTRAS	INDIC. RT + NonAdapt. Noct. (LC - H2d)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	BAT. CAT. II + NonAdapt. Noct. (LC - H2d)	0,000	0,000	2,714	0,003	0,006	0,000	0,000	0,265	0,000	0,000	0,000
	BAT. CAT. I + NonAdapt. Noct. (LC - H2d)	0,004	0,004	39,368	2,127	3,246	0,153	0,078	7,494	0,109	0,001	0,075
NICE	INDIC. RT + NonAdapt. Noct. (LC - H3)	0,712	0,846	37,155	26,018	26,190	9,582	1,262	28,261	13,235	0,439	1,216
	BAT. CAT. II + NonAdapt. Noct. (LC - H3)	5,443	6,292	563,496	225,706	269,520	52,598	7,886	273,449	61,438	2,929	7,682
	BAT. CAT. I + NonAdapt. Noct. (LC - H3)	55,999	61,827	1326,463	690,489	787,102	262,219	68,056	798,400	266,536	34,199	65,718

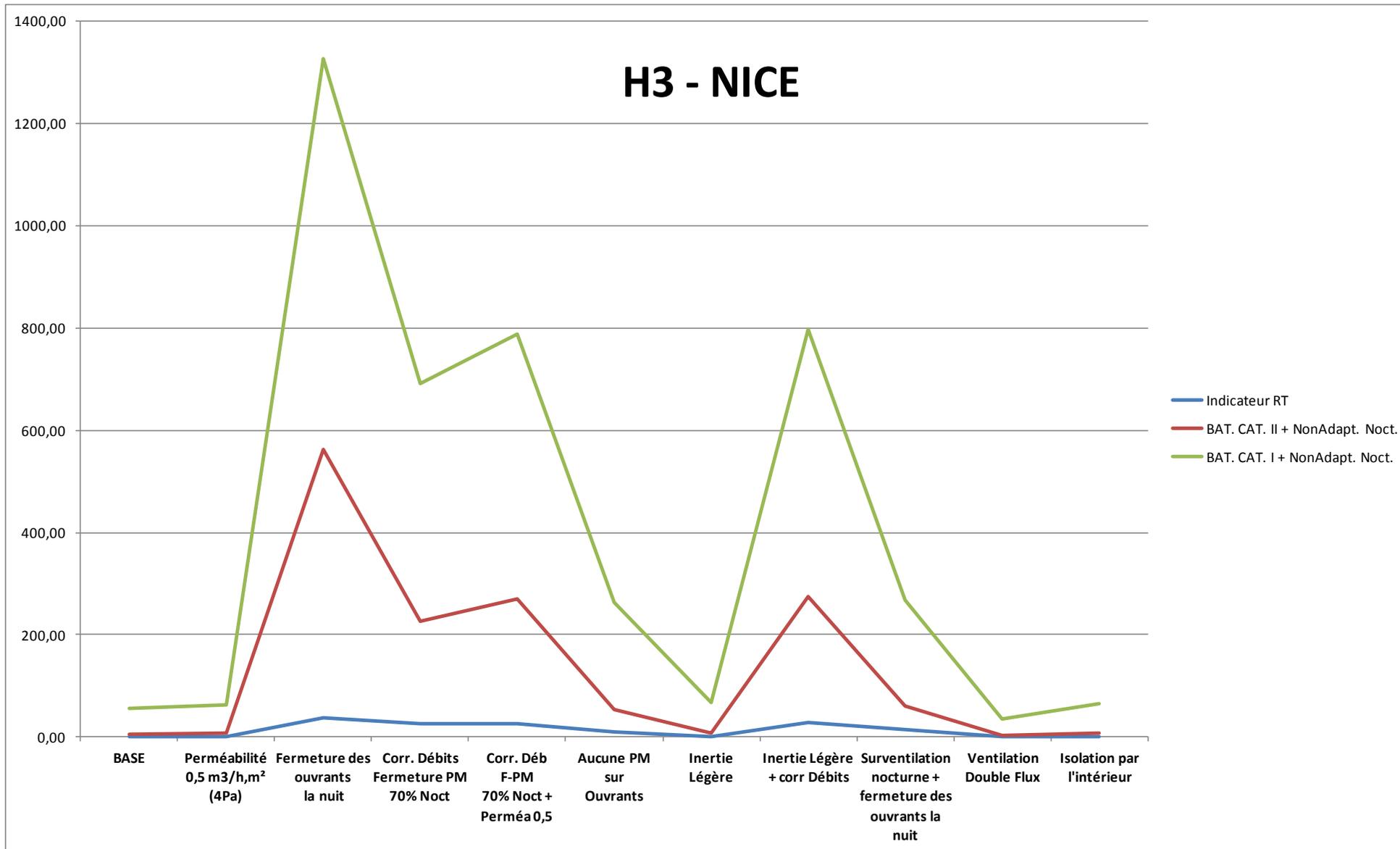
# H1b - NANCY



# H2d - CARPENTRAS



# H3 - NICE



## 5 Liens avec l'étude ALDES et Conclusions sur les résultats obtenus

### 5.1 Etude Aldes sur l'établissement de critères caractérisant le confort thermique en période caniculaire en fonction de différents systèmes de ventilation, dans les bâtiments à haute performance énergétique.

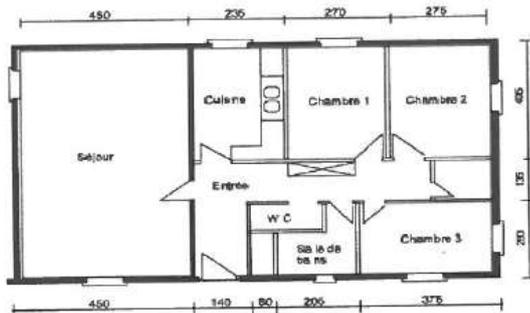


Figure 2: Plan de la maison "Mozart"

La figure 2 représente la maison "Mozart" utilisée par Aldes dans ces simulations. Les combles sont perdus et légers avec une isolation surfacique. Cette maison est à peu près similaire à la maison utilisée dans les simulations de ce présent rapport (Cf Partie 2.1).

#### Comparaison dépassement de température de confort fixée – zone de Givoni :

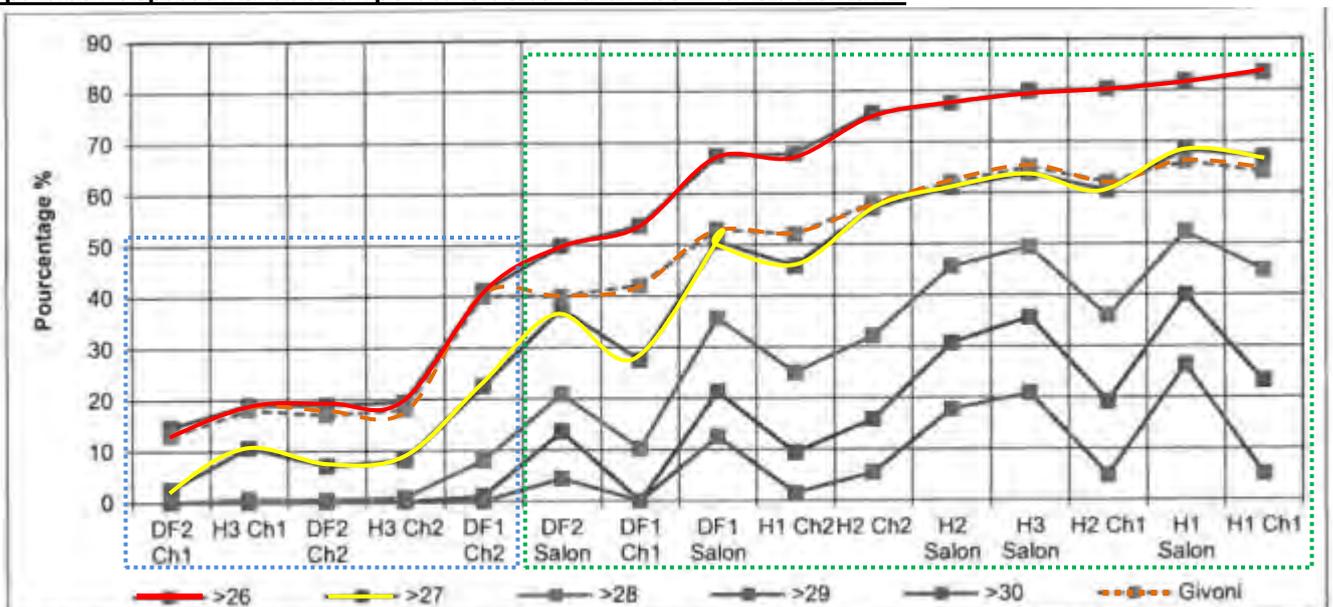


Figure 50: Comparaison du pourcentage de temps de confort selon la méthode Givoni, en fonction des différents systèmes de ventilation

Pour cette étude, deux méthodes ont été utilisées pour étudier le niveau de confort thermique en période chaude, en fonction de plusieurs systèmes de ventilation. L'objectif de cette étude était de comparer les résultats issus des différentes simulations. La figure 50 représente le pourcentage de temps où la température dépasse 26°C, 27°C, 28°C, 29°C et 30°C en fonction des différentes simulations effectuées (en abscisse). La courbe orange en pointillé, représente le pourcentage de temps où les conditions en température et humidité de la pièce simulée ne permettent pas d'atteindre le niveau de confort thermique au sens de Givoni.

L'analyse de ce graphique permet de dégager la conclusion suivante, l'évolution du nombre d'heures d'inconfort thermique est similaire à l'état du nombre d'heures où la température de la pièce dépasse les 26°C ou 27°C selon les

**simulations.** Dans le cas des simulations faisant intervenir des systèmes de sur-ventilation nocturne, le pourcentage de temps d'inconfort est similaire au pourcentage de temps où la température dépasse les 26°C (courbe rouge) dans la pièce considérée. (DF1, DF2, H3 ; le cadre Bleu).

Dans les autres cas le constat est identique, à la différence que le pourcentage de temps d'inconfort est proche du pourcentage de temps où la température dépasse les 27°C (courbe jaune).

**Comparaison dépassement de température de confort fixée – Indice PDD (norme ISO 7730) :**

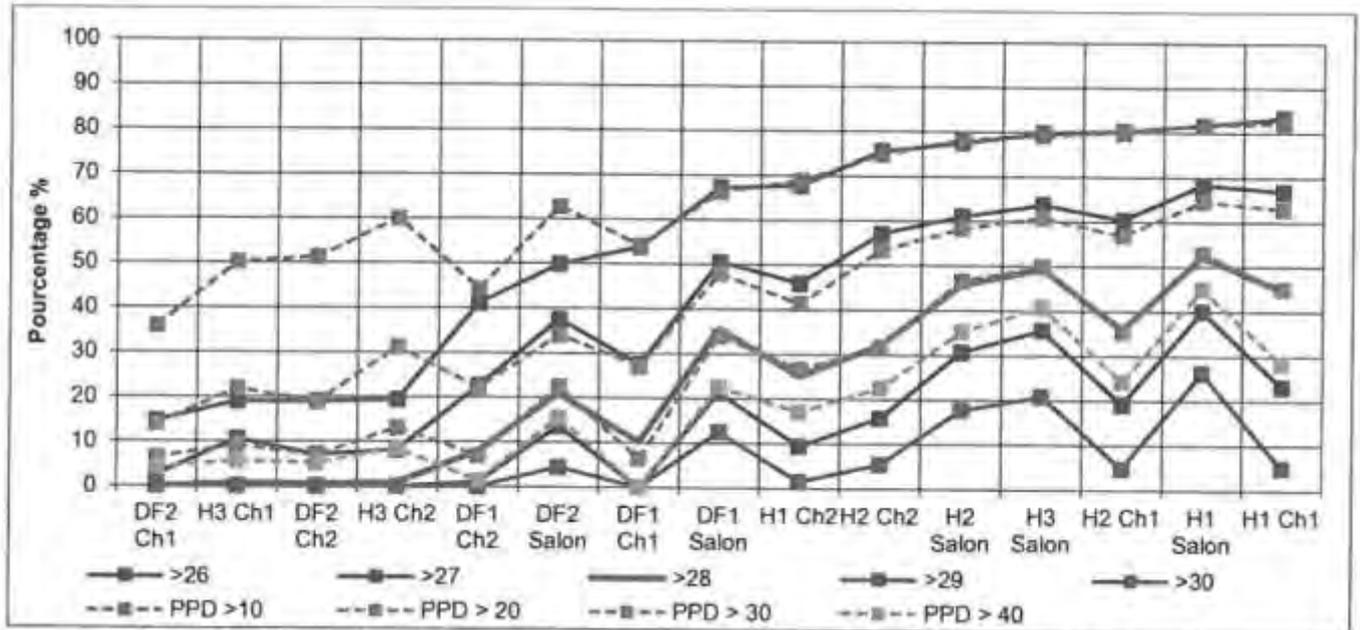


Figure 51: : Comparaison des niveaux de PPD atteints, en fonction des différents systèmes de ventilation

La figure 51 représente, comme la figure 50, le pourcentage de temps où la température dépasse 26°C, 27°C, 28°C, 29°C et 30°C en fonction de différentes simulations effectuées (en abscisse). Les courbes en pointillé indiquent le pourcentage de temps où l'indice PPD est supérieur à 10%, 20%, 30% et 40% correspond quasiment au pourcentage de temps où la température dépasse les 26°C, 27°C, 28°C, 29°C et 30°C.

En simplifiant le raisonnement, on peut établir une relation entre le PPD et la température de la pièce.

Si on veut estimer le taux d'insatisfaction, par exemple un taux supérieur à 10% et le nombre d'heures où ce taux serait atteint, on pourrait compter le nombre d'heures au dessus de 26°C.

**Conclusion des études par Aldes :**

D'après les résultats obtenus, on constate que le critère de température avec une limite à 27°C et un nombre d'heures voisins de 50 heures (sur une période de 10 jours) donne un résultat similaire au diagramme de Givoni et au critère de confort du PPD. Le critère de dépassement d'une température de confort fixée a l'avantage d'être plus simple que les deux autres méthodes qui prennent en compte de nombreux paramètres complémentaires tels que l'humidité du local, la vitesse de l'air, la résistance thermique de la vêtue.

NB : les heures de dépassement sont à prendre avec prudence, en effet il y a une différence de température extérieure entre les données climatiques utilisées par ALDES sur la ville d'Agen (zone climatique RT : H2c) et les températures extérieures définies par la RT 2012 pour la zone climatique H2c.

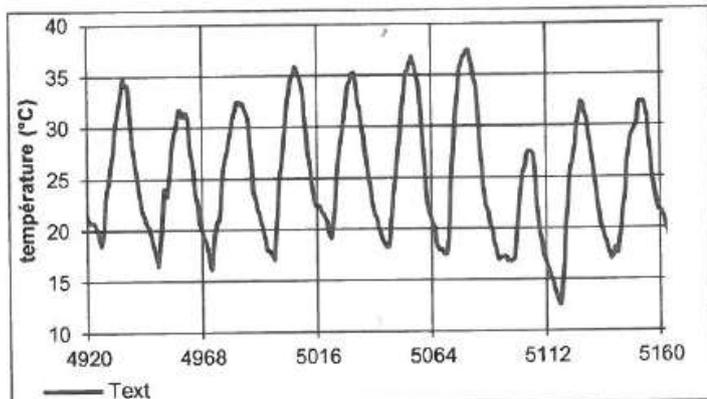


Figure 3: Evolution de la température extérieure sur la période d'étude, dans la ville d'Agen

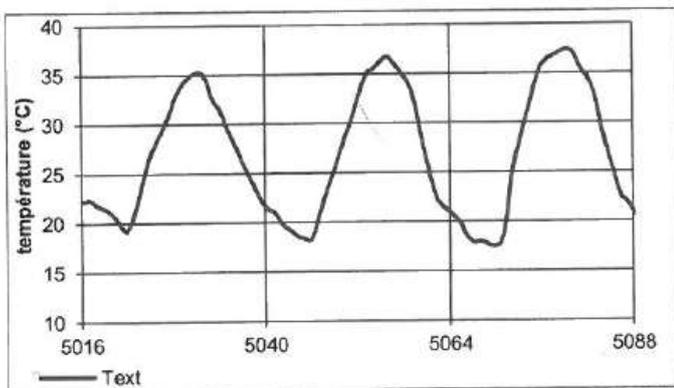
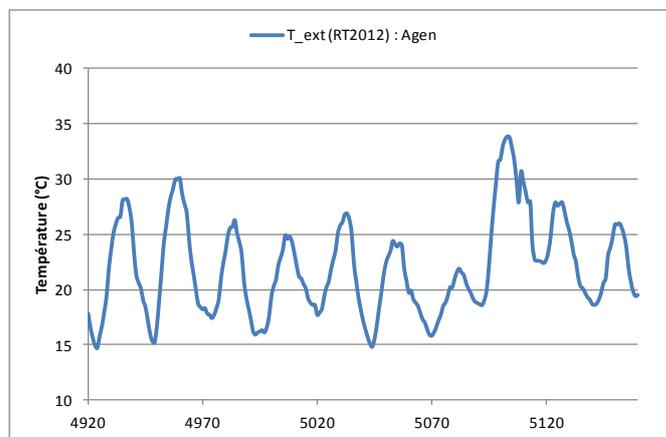
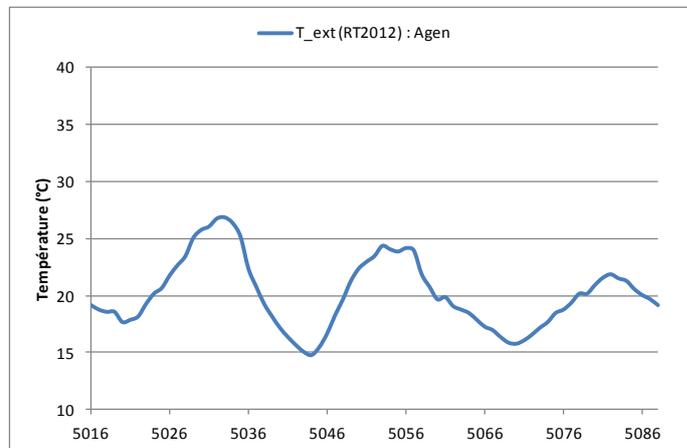
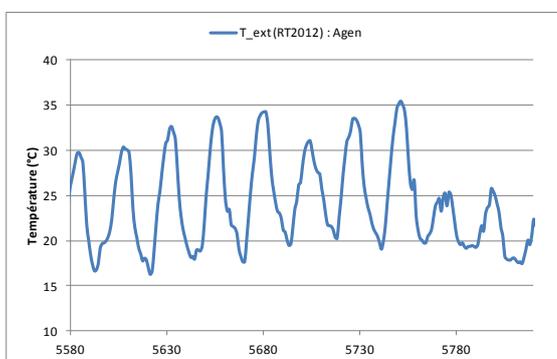
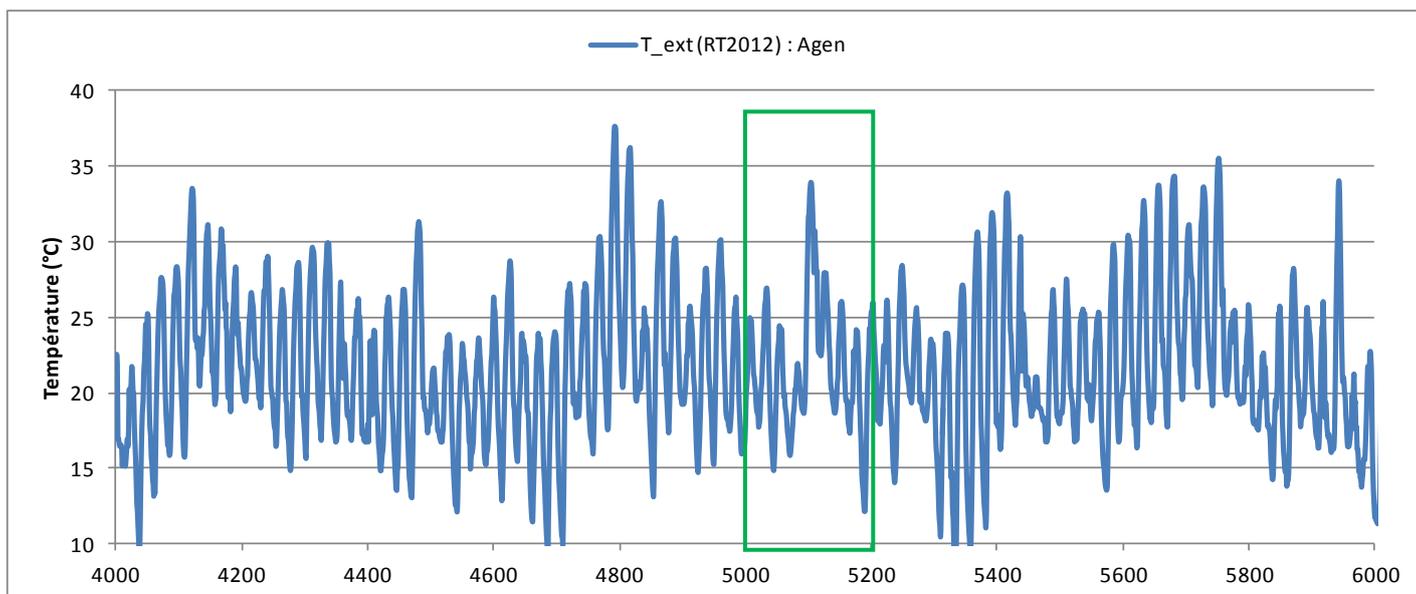


Figure 4: Evolution de la température extérieure sur la période d'étude, séquence caniculaire, dans la ville d'Agen





Sur le fichier des données climatique RT2012 (zone H2c) la zone étudiée par Aldes (en Vert) n'est pas la plus chaude. La zone la plus intéressante se situerait plutôt entre 5580h et 5820h.

Sur cette dernière (à gauche), il s'agit de la zone de 10 jours consécutifs les plus chauds mais la température moyenne extérieure est inférieure à celle du fichier météo utilisé par Aldes dans ces calculs.

## 5.2 Conclusions sur les résultats obtenus

### Remarque liminaire :

Les calculs et les sensibilités de cette étude exploratoire n'ont pas été réalisés avec le moteur RT2012 mais par un logiciel de STD qui s'est rapproché au mieux du moteur; certains éléments ne peuvent pas être traités de manière équivalente (gestion de l'ouverture des baies et protections solaires mobiles, etc ...). Aussi, les conclusions qui suivent n'ont pour objectif que de permettre au CSTB de finaliser l'outil réglementaire de manière à ce que la RT 2012 soit apte à bien différencier des solutions améliorant le confort thermique d'été.

L'indicateur proposé par le CSTB s'appuie sur une adaptation de la température limite de confort (définie dans la NF EN 15251), avec une adaptation de la température opérative sur 2°C (Température opérative de confort entre 28°C-30°C).

- ➔ Cet indicateur ne donne aucune **information sur l'amélioration du confort d'été** pour certaines variantes, dès lors qu'aucune température opérative ne dépasse pas les 28 - 30°C.
- ➔ En zone H3, en logement collectif l'indicateur semble **plus sensible** qu'en maison individuelle
- ➔ Certaines sensibilités donnent des impacts importants sur les indicateurs de confort d'été, comme par exemple la **porosité des protections solaires** (variante 3 de l'immeuble collectif) ou la **différenciation des fenêtres ouvertes ou fermées** selon les pièces est possible (fenêtres des chambres ouvertes seulement la nuit, etc..., cf variante 4 de la maison individuelle). Par exemple, la prise en compte de la porosité des protections solaires multiplie par 15 (de 24h à 356h en zone H1b pour l'immeuble collectif) le nombre d'heures de dépassement de 26°C . Or il n'est pas prévu à notre connaissance que le moteur RT2012 puisse restituer cette différence

"L'indicateur RT" tel qu'il est défini pourrait permettre de faire passer des solutions extrêmes comme par exemple, ne mettre aucune protection solaire au sud. Et de ne pas être suffisamment discriminant de l'impact de différentes solutions.

### Solutions possibles :

Dans le cadre de la norme NF-EN 15251 et de la démarche proposée par le CSTB, il conviendrait d'utiliser une catégorie de bâtiment plus restrictive en température de confort.

L'indicateur 27-29°C (bâtiment de catégorie II – Cf *Partie 3.2.4*) est un peu plus sensible que celui actuellement envisagé. Mais, pour obtenir une sensibilité suffisante et incitative pour prescrire des solutions d'amélioration du confort d'été, il faudrait opter pour l'indicateur 26-28°C (bâtiment de catégorie I – Cf *Partie 3.2.4*).

Il est à noter une **forte ressemblance** entre les **courbes d'indicateurs** de bâtiment de **catégorie I** (Cf *parties 4.2 et 4.3*) (26°C→28°C) et les **courbes de dépassement en température** (cf *partie 4.1*) limite de confort d'été fixées à 26°C. L'amplitude des points est le seul paramètre changeant dû à l'incorporation d'un facteur de pourcentage d'insatisfaits (PPD) sur le nombre d'heures de dépassement de température limite de confort modulable sur 2°C.

### En corrélation avec la conclusion d'Aldes :

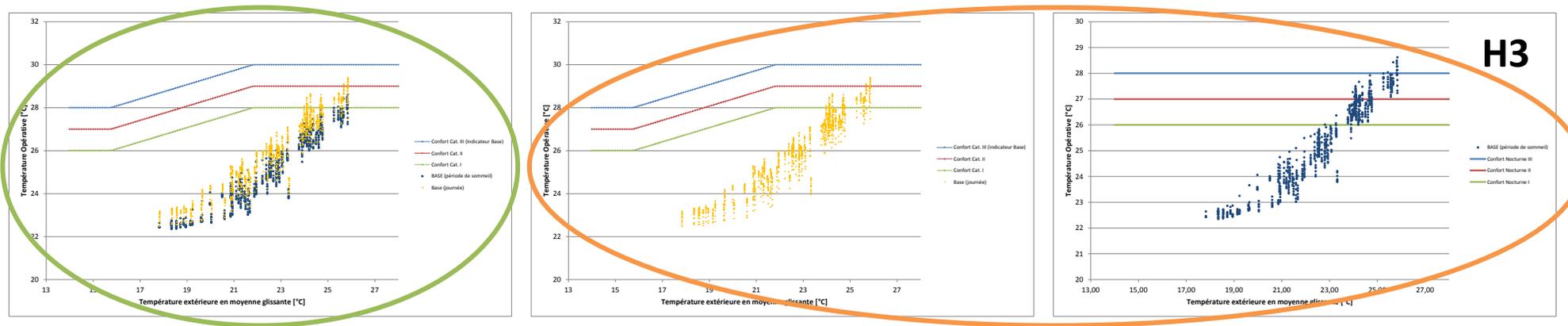
Les résultats et conclusions obtenus rejoignent les conclusions de l'étude d'Aldes (Partie 5.1.) qui précise que les températures opératives limite de confort 26-27°C correspondraient aux résultats issus d'études du confort d'été basées sur le diagramme de Givoni pour des faibles vitesses d'air intérieur.

### Le critère de pourcentage d'insatisfaits (PPD) en fonction d'un Delta température définit par le CSTB :

L'équation de la courbe donnant le pourcentage d'insatisfaits est une fonction uniquement de de la température opérative (Cf *Partie 3.2.3*). C'est cette équation qui a été utilisée dans les calculs de PPD en fonction de la température opérative des bâtiments étudiés. Ceci posé, la question du nombre d'insatisfaits à des températures 26-28°C risque d'être bien inférieure aux 10% indicatifs de la méthode de calcul initiale (28-30°C).

# 6 Annexe sur les résultats

## 6.1 Descriptif de la présentation des résultats



Exemple : Logements Collectifs – H3 (Nice) – Cas de Base

Ci-dessus, la représentation graphique de la simulation d'un cas.

(Ici le cas de base des logements collectifs en zone climatique H3).

Un point représente un pas de temps de simulation sur les 3 mois au total.

Il s'agit ici de la représentation du calcul d'indicateur, suivant une limitation de la température de confort à 2°C (Cf Partie 3.2.4.).

Ci-dessus les représentations graphiques de la simulation d'un cas. (Ici le cas de base des logements collectifs en zone climatique H3).

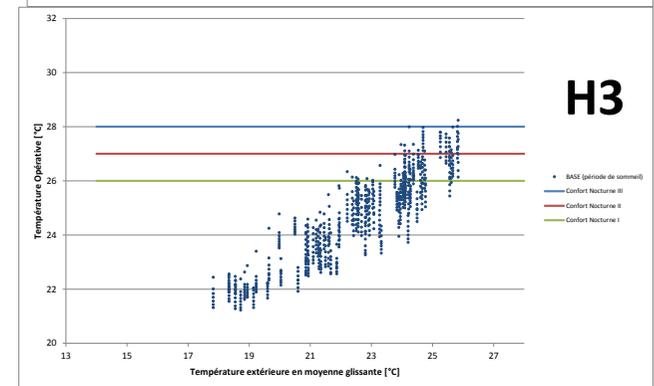
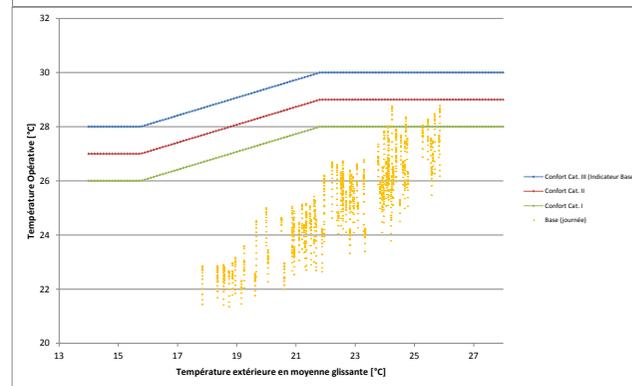
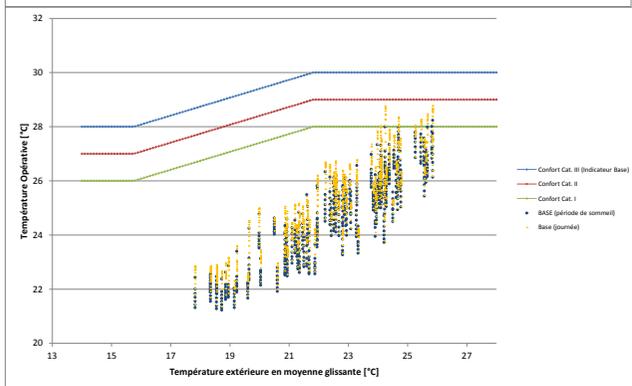
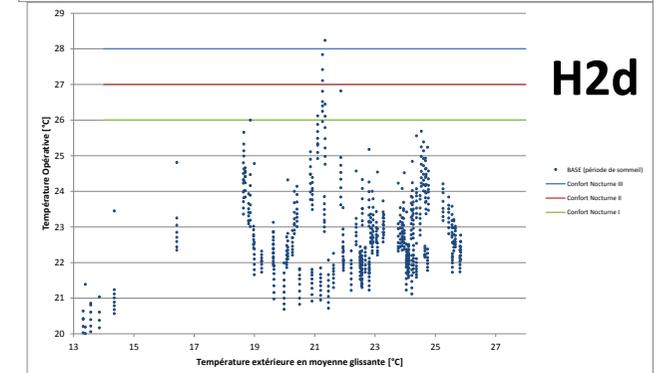
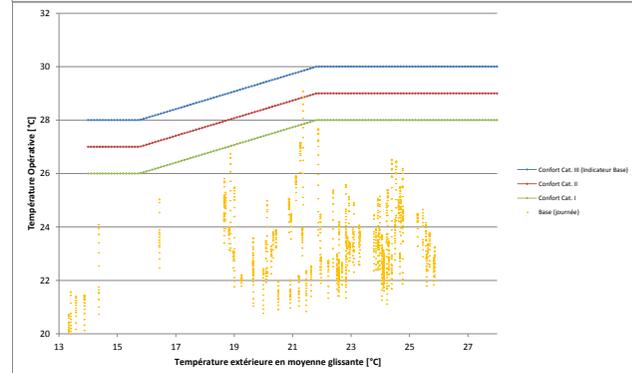
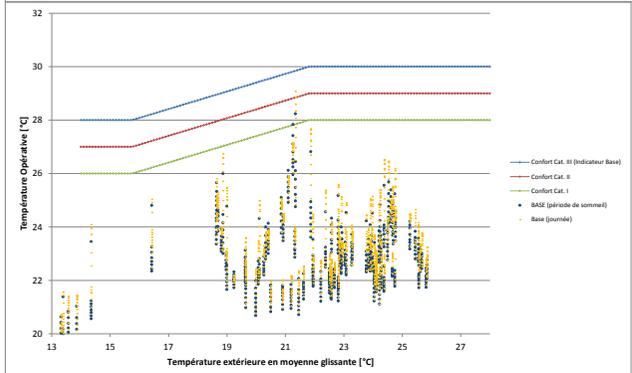
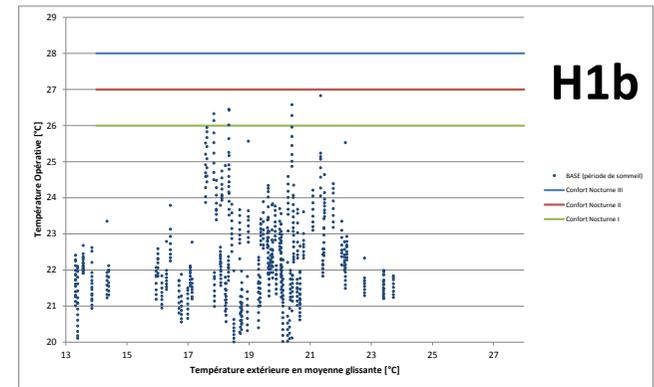
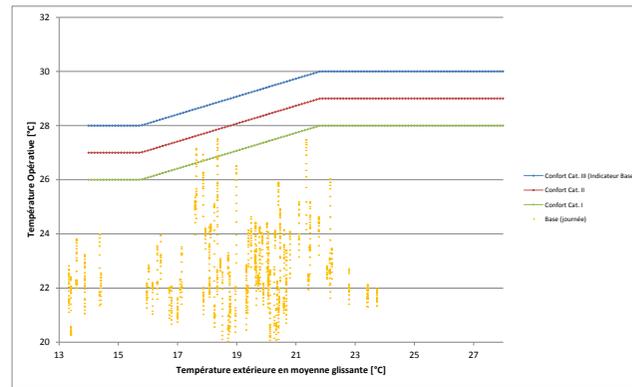
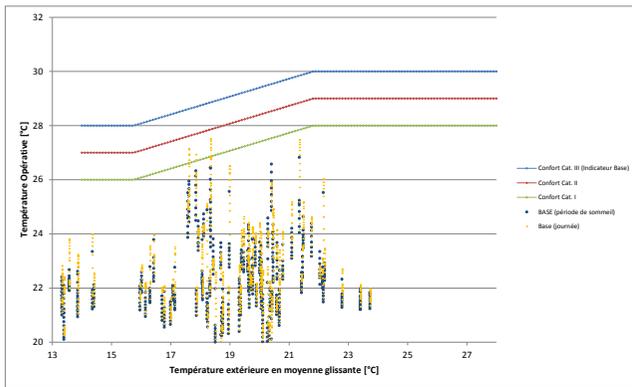
Un point représente un pas de temps de simulation sur les 3 mois au total.

Il s'agit ici de la représentation du calcul d'indicateur, avec une limitation de la température de confort la journée et une approche non-adaptative de la température de confort la nuit (Cf Partie 3.2.4.).

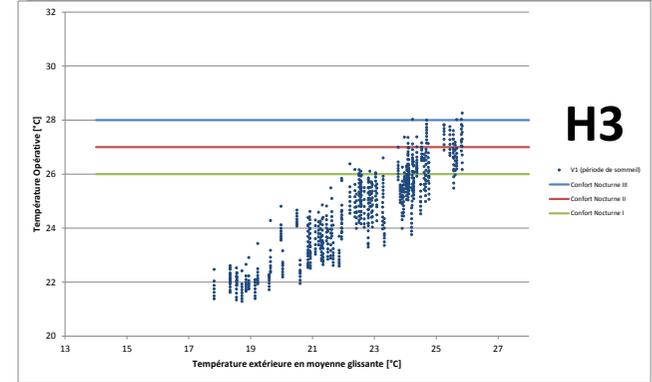
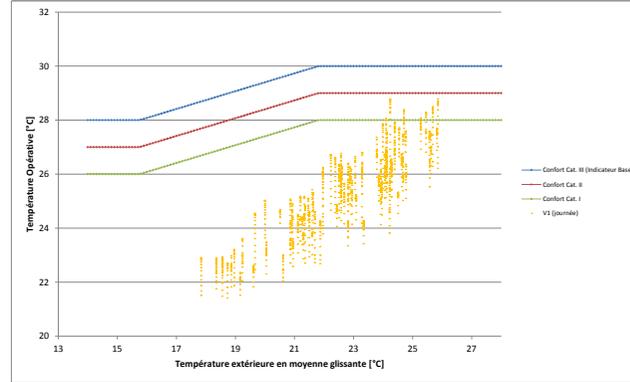
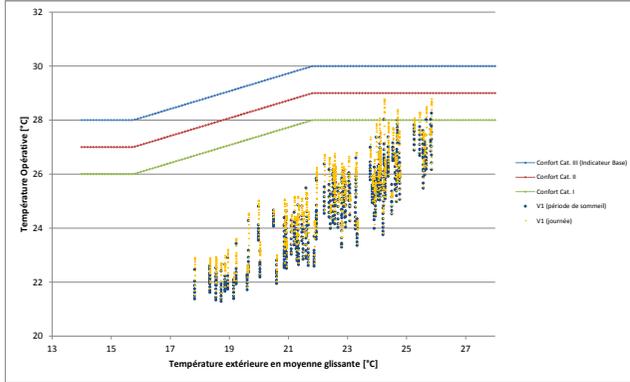
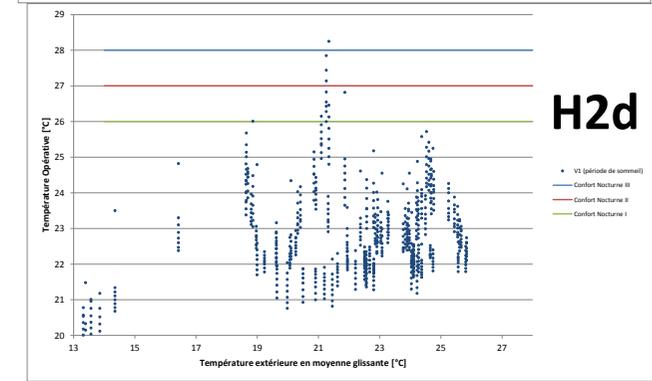
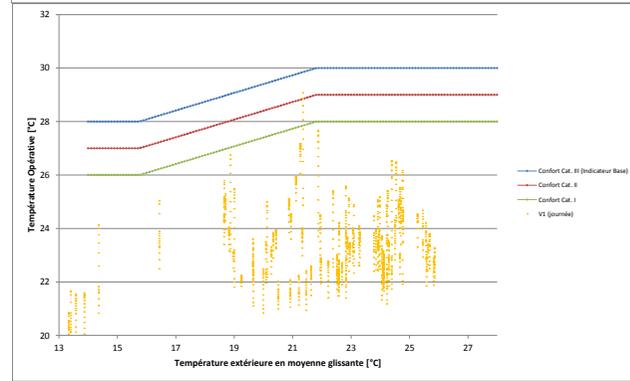
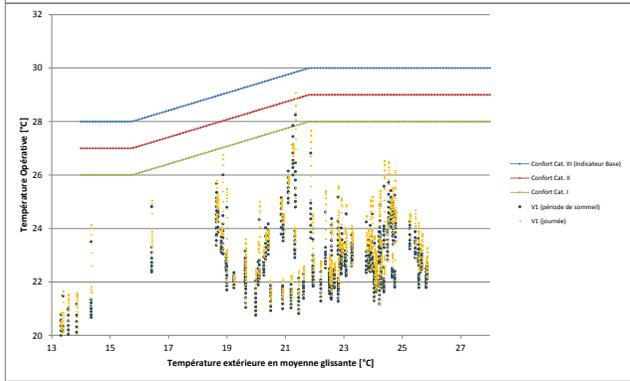
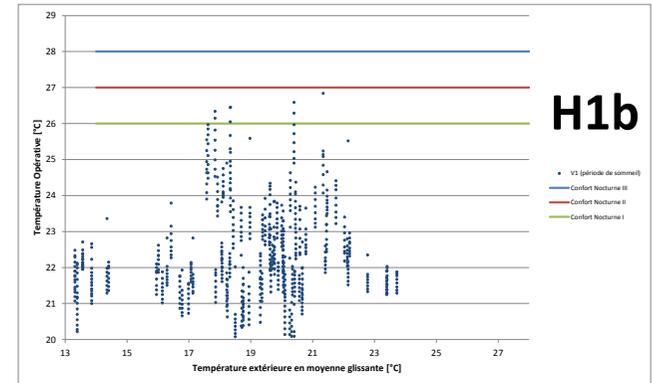
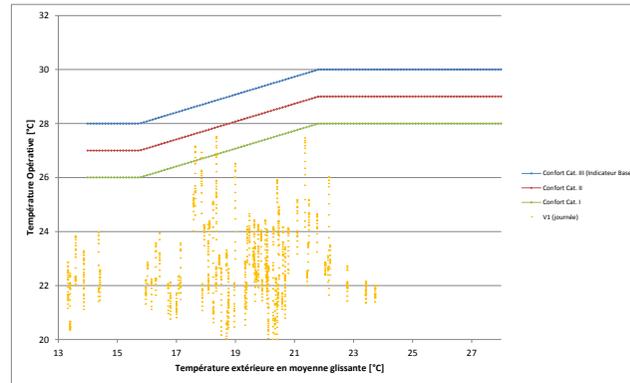
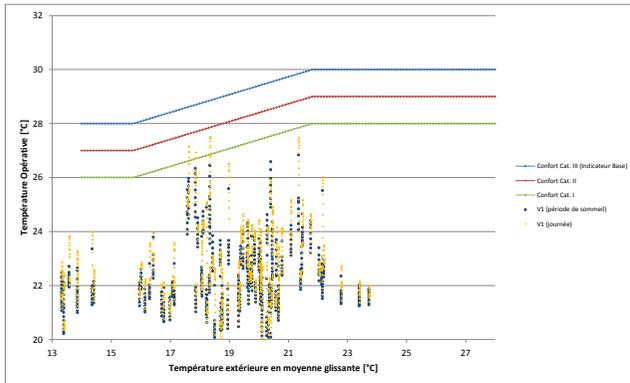
Le graphique de gauche représente les points de simulation pris en compte en journée avec adaptation de la température de confort en fonction de la température extérieure. Le graphique de droite représente les points de simulations pris en compte en période de sommeil avec non-adaptation de la température de confort (cette dernière est constante).

## 6.2 Résultats de calculs en Maison Individuelle

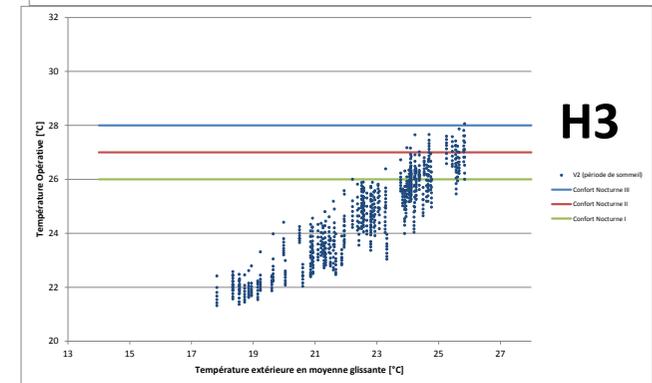
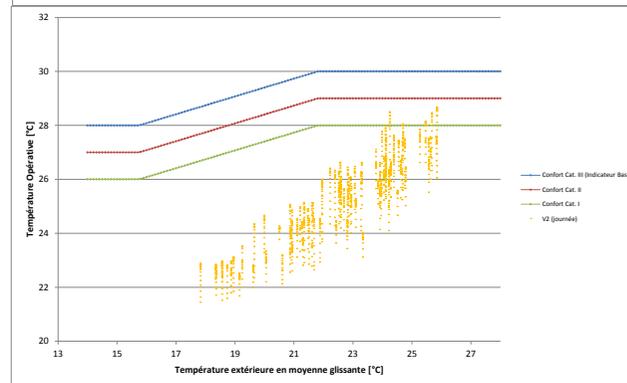
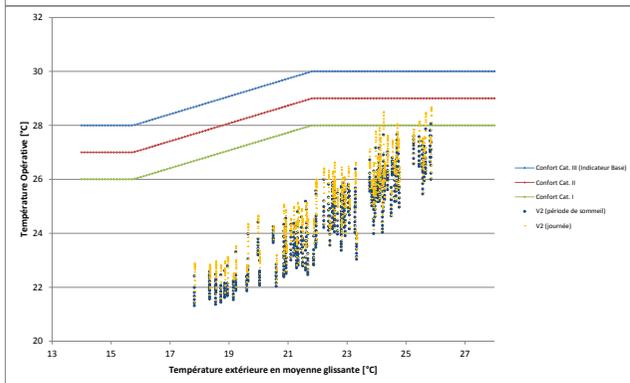
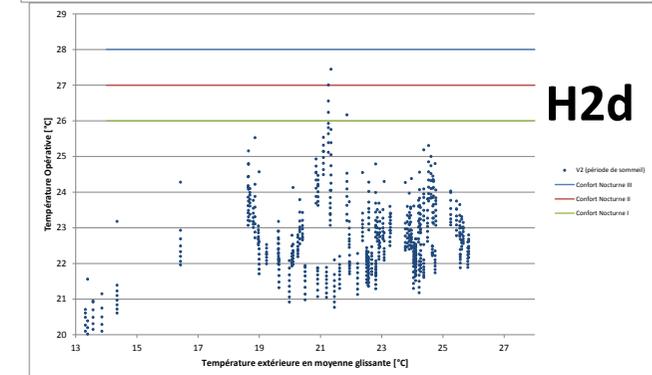
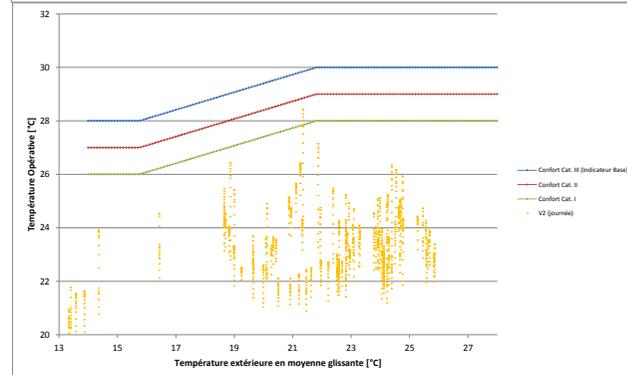
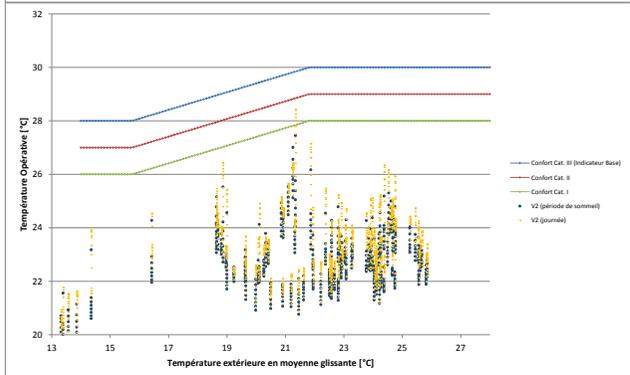
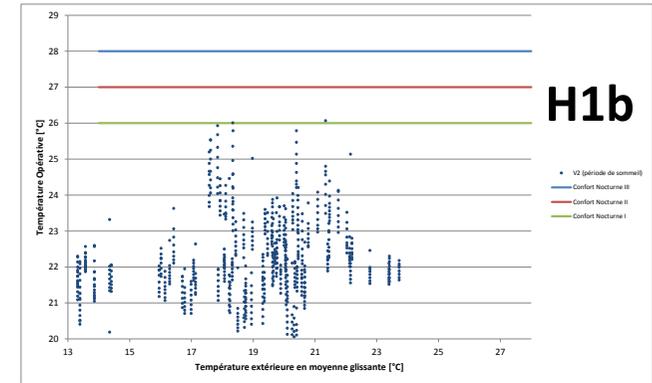
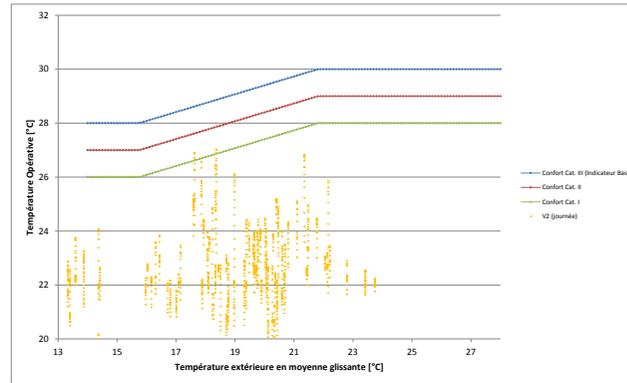
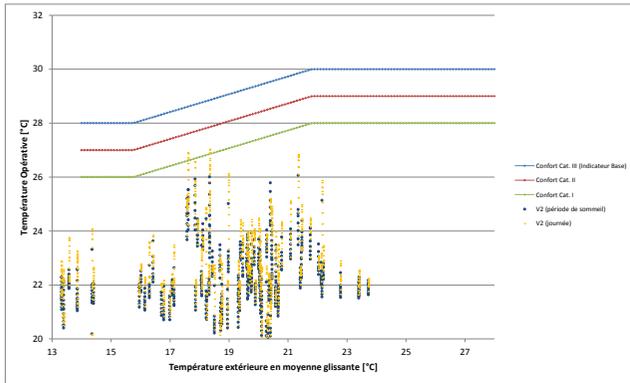
# Cas de base :



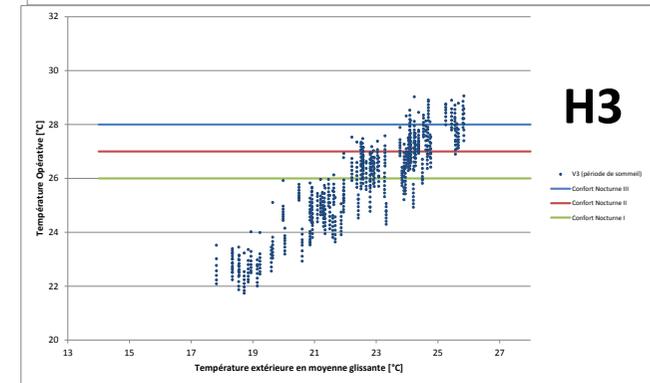
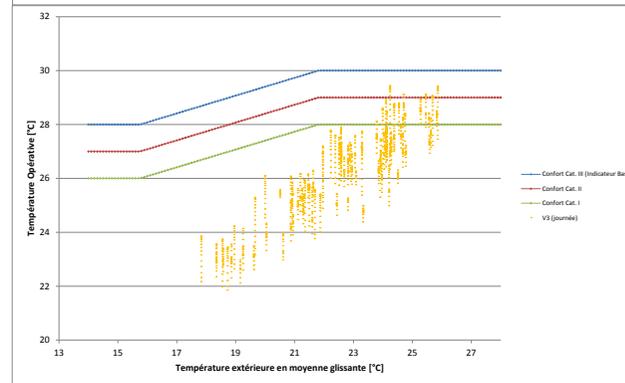
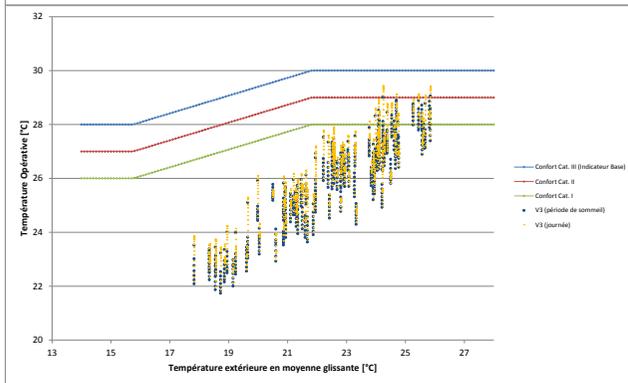
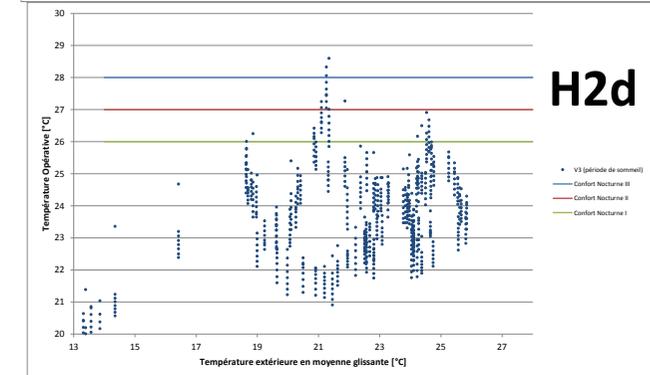
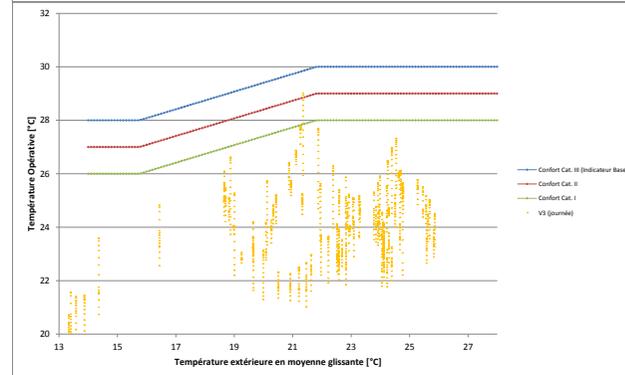
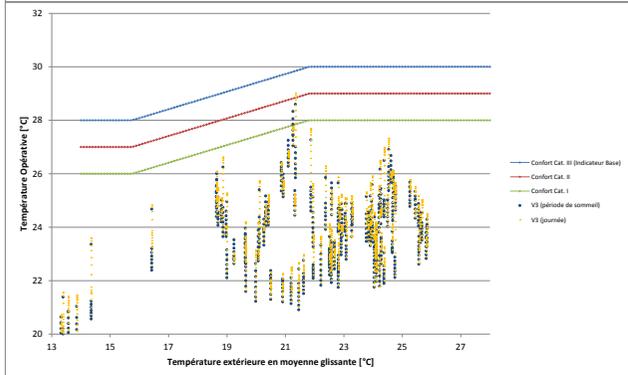
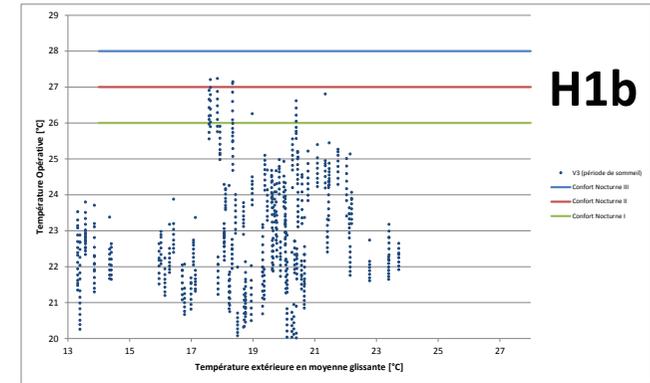
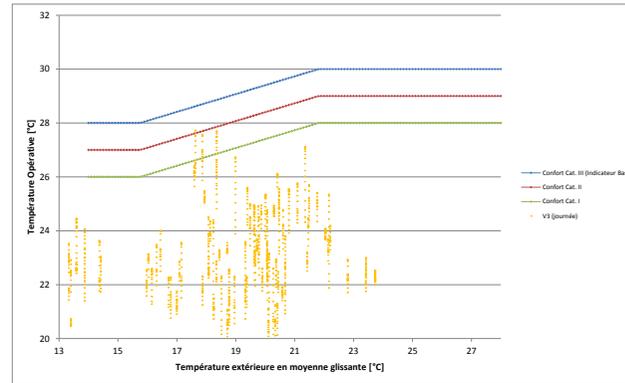
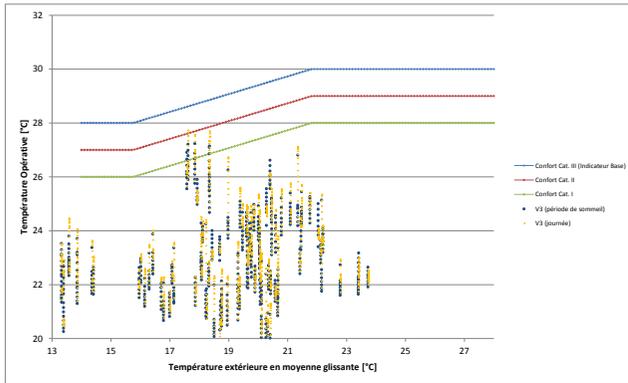
# Variante 1 : Meilleure perméabilité, à 0,3 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup> (4 Pa)



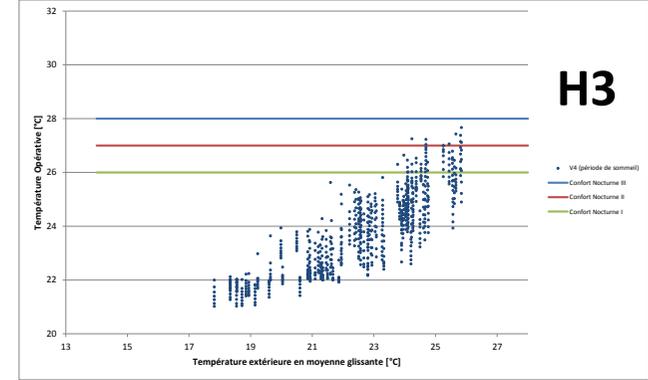
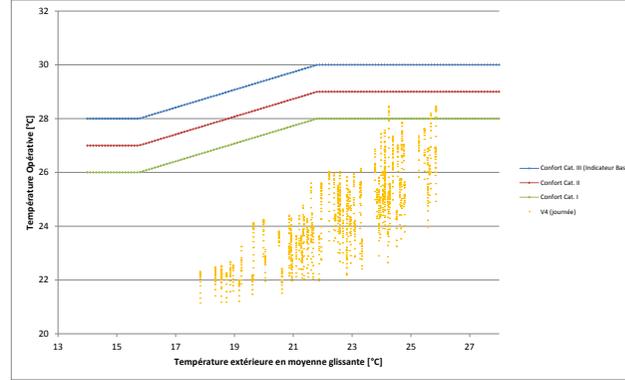
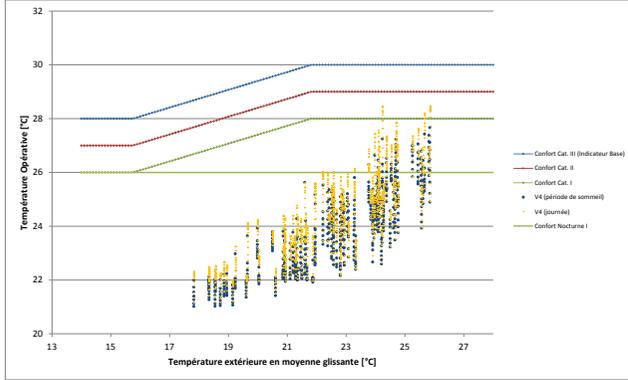
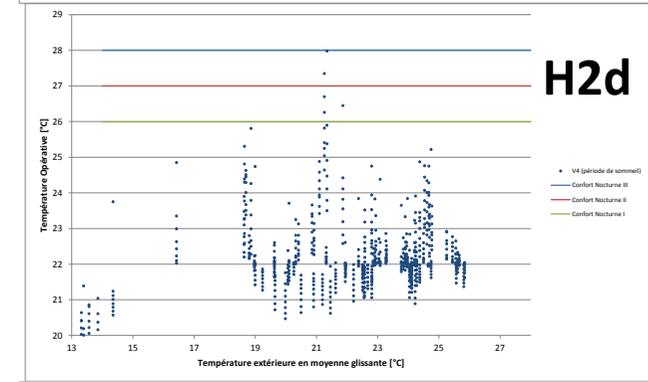
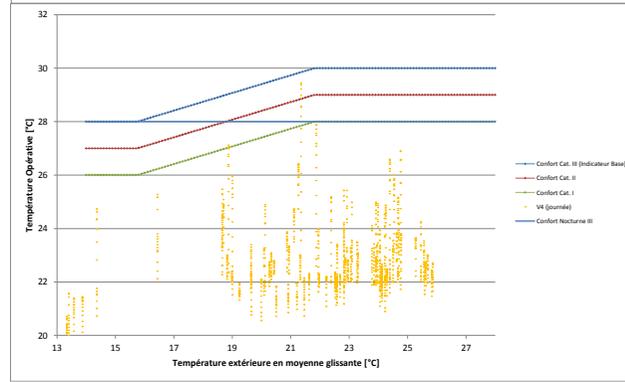
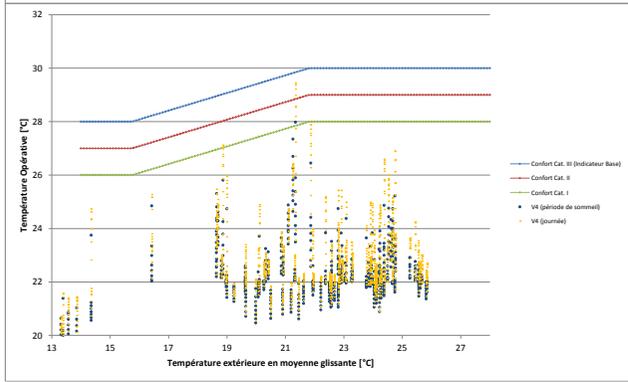
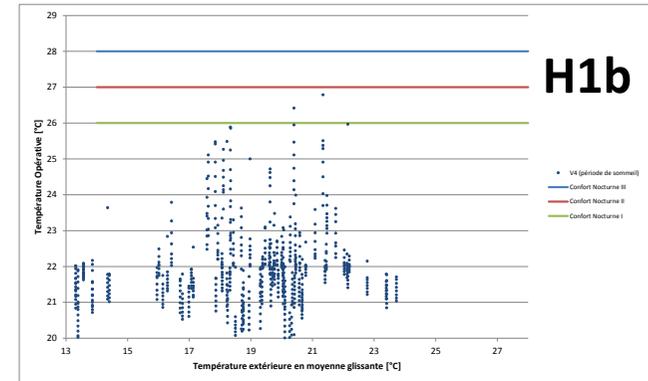
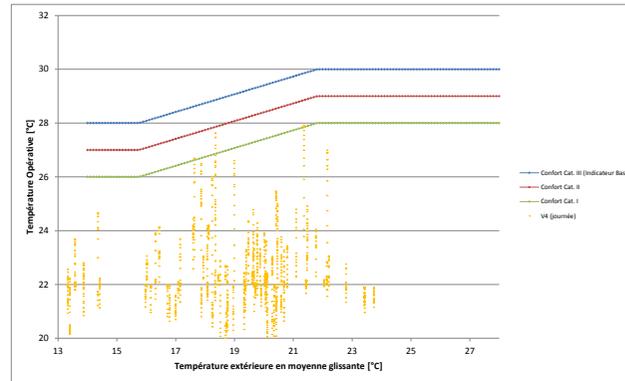
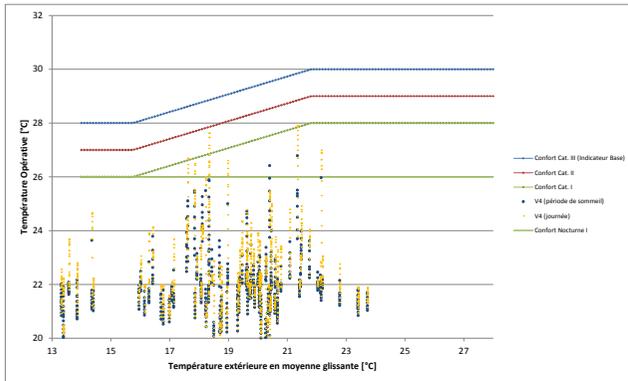
## Variante 2 : Isolation sous-dalle



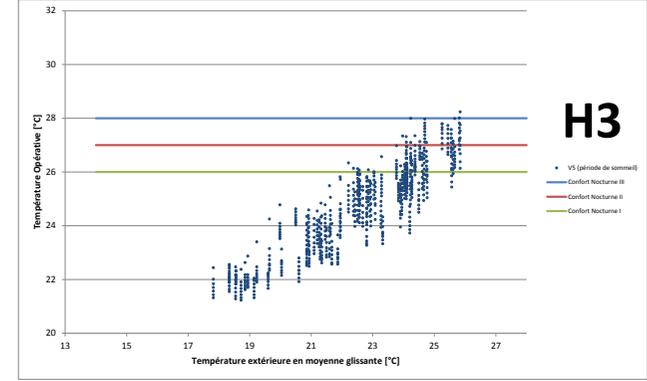
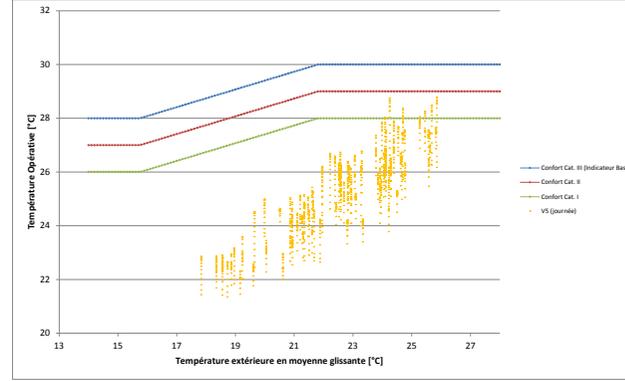
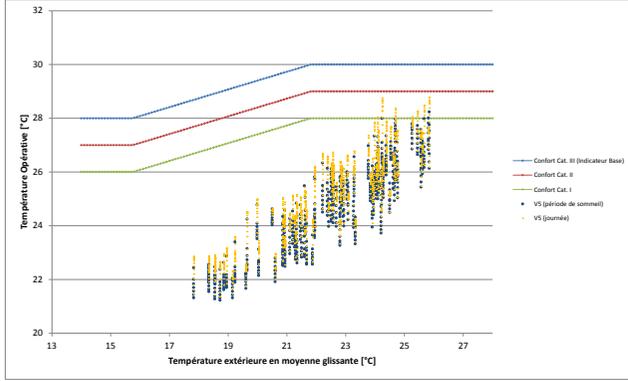
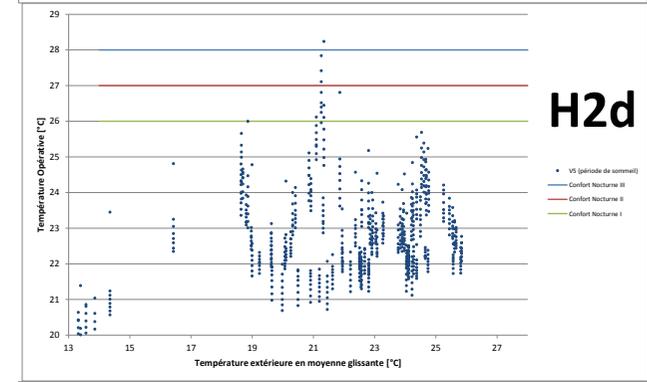
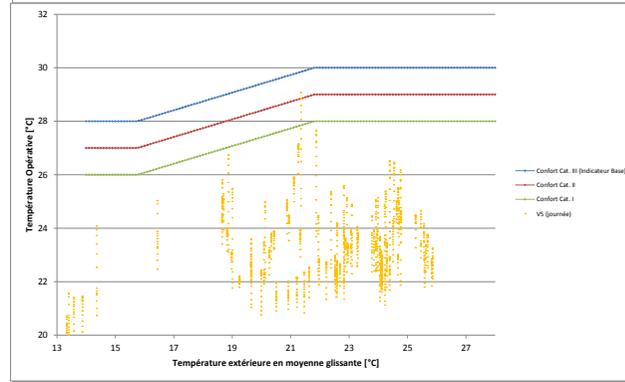
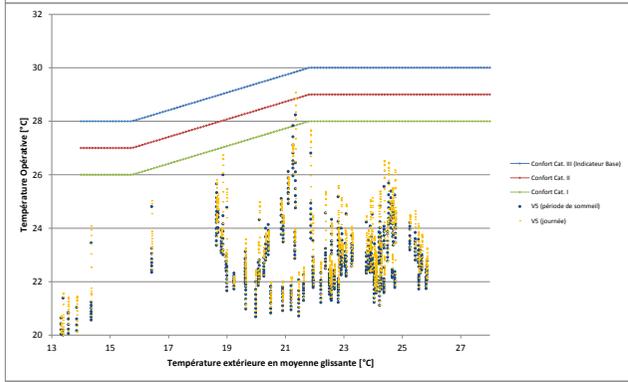
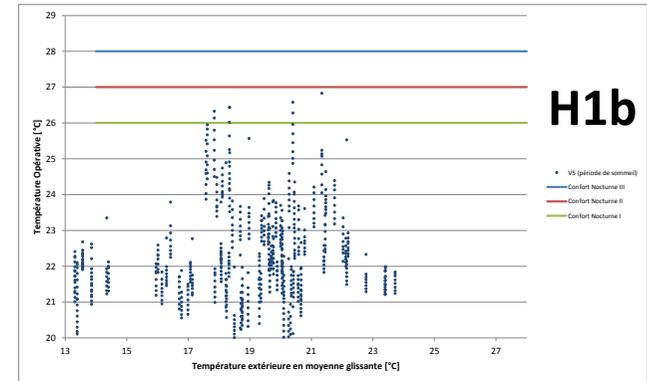
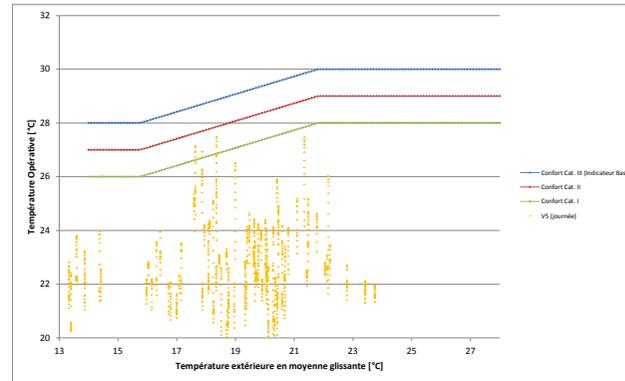
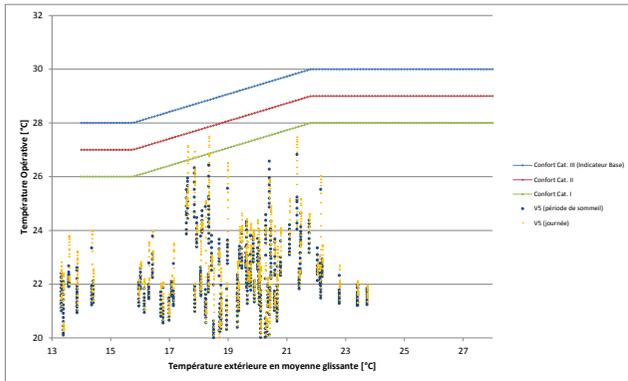
## Variante 3 : Toutes les fenêtres sont fermées en permanence



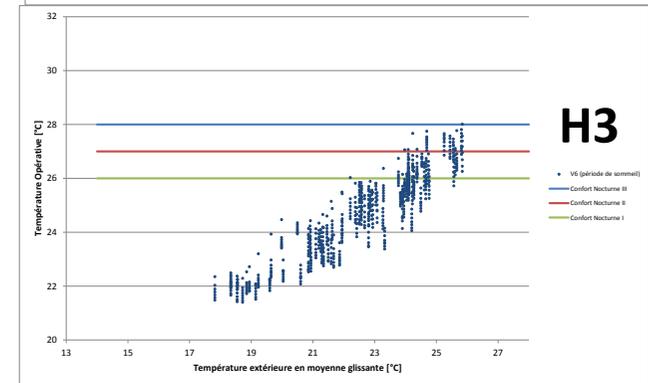
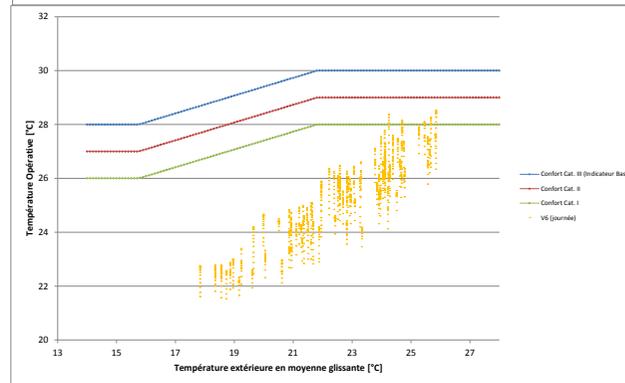
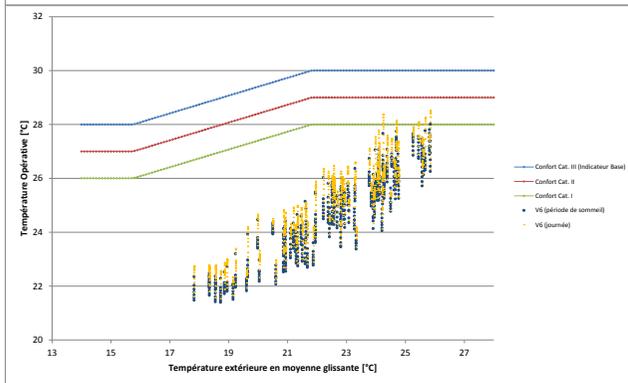
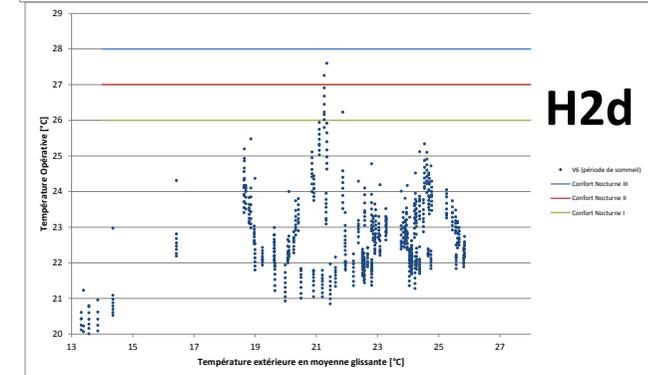
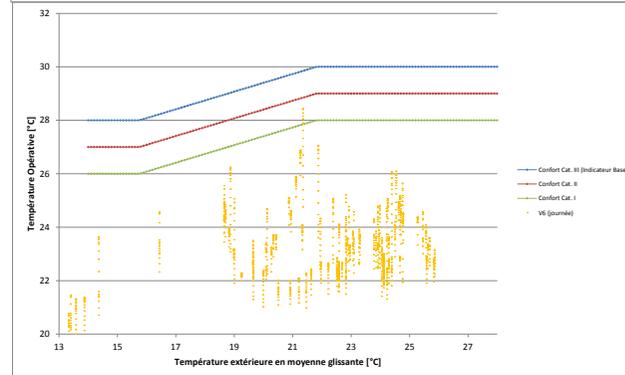
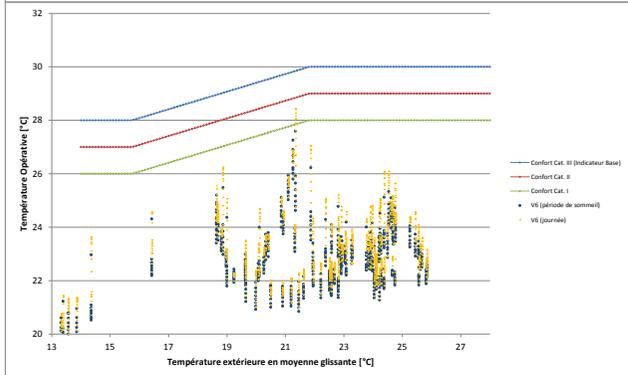
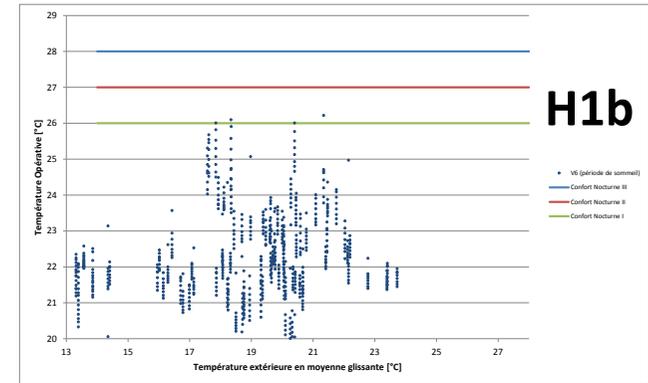
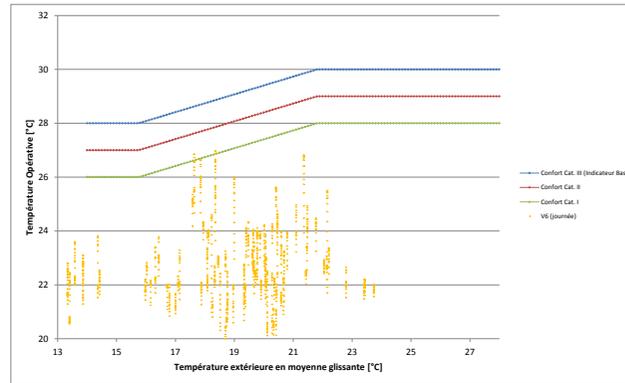
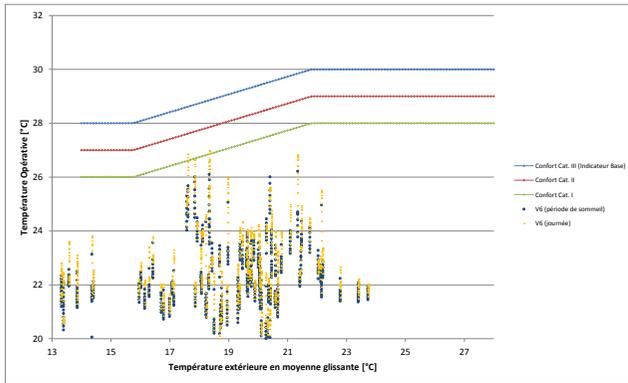
## Variante 4 : Ouverture des fenêtres non différenciée selon les locaux



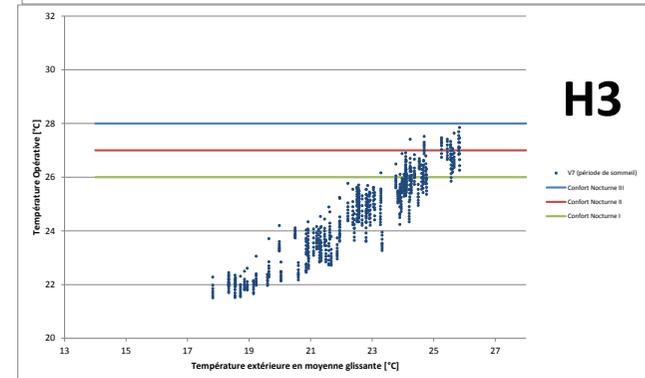
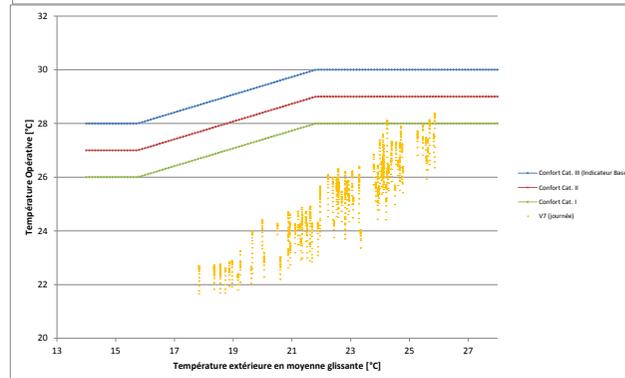
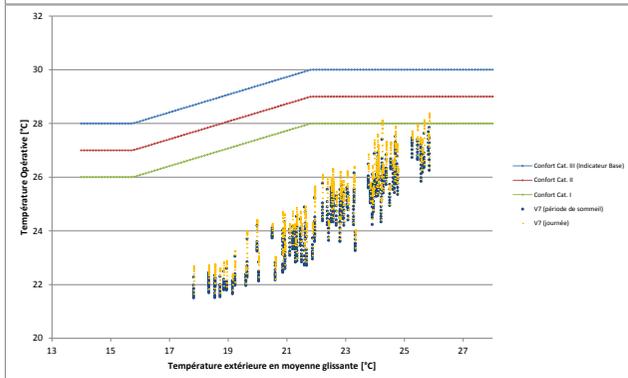
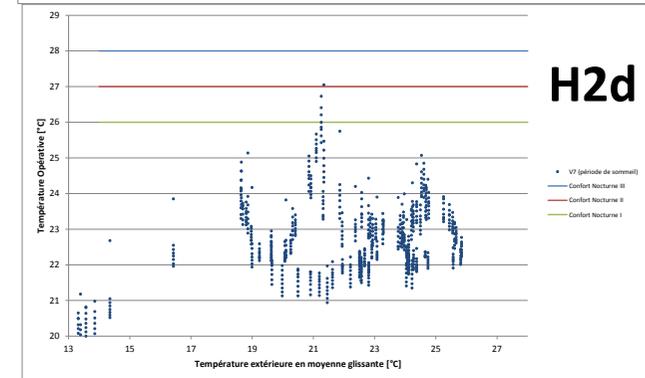
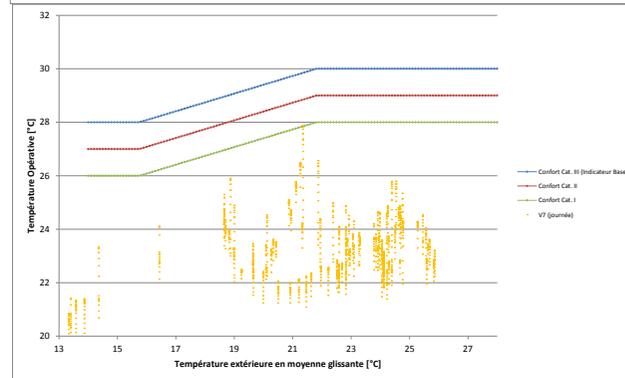
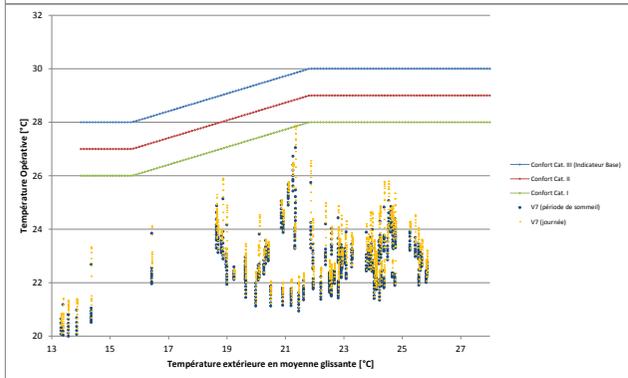
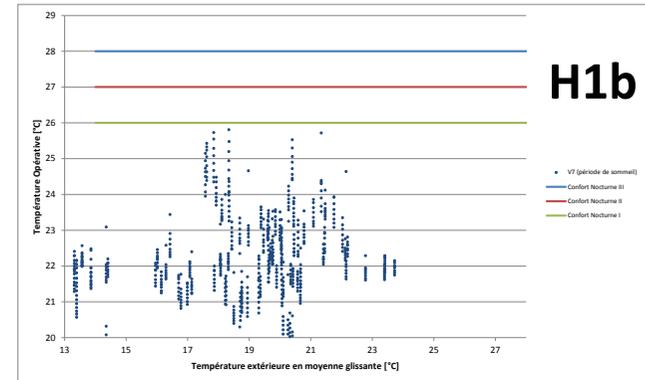
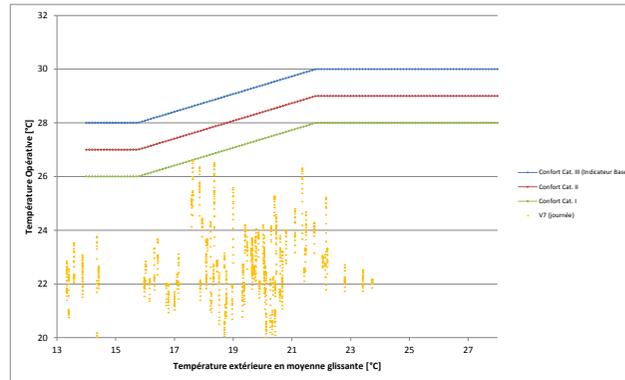
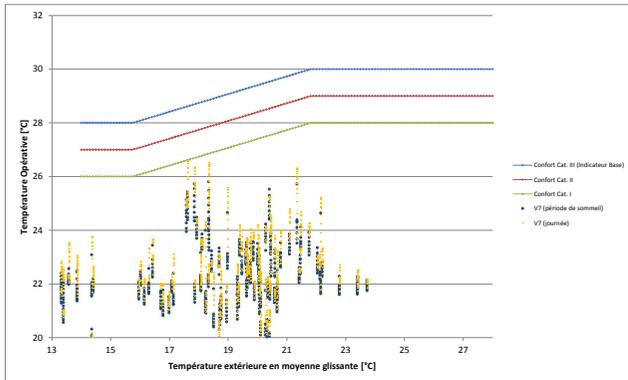
## Variante 5 : Isolant plus dense sous les combles



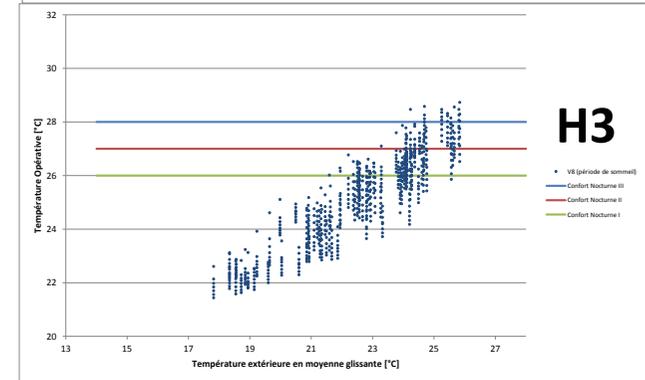
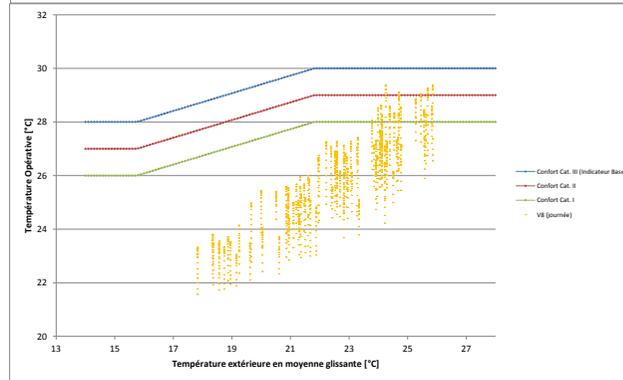
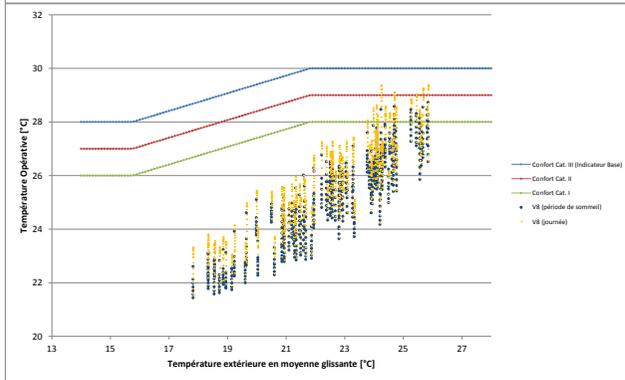
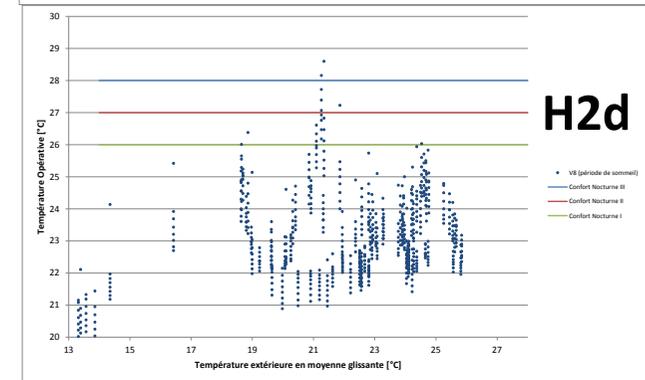
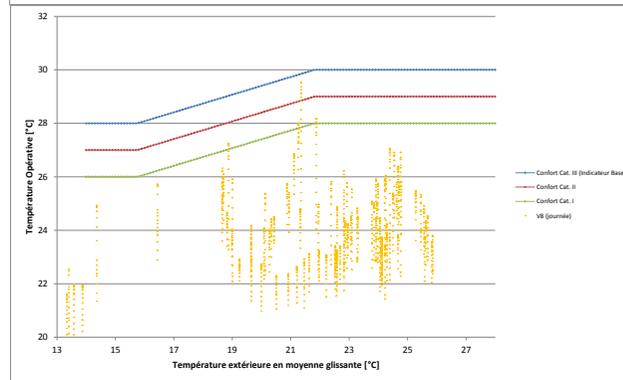
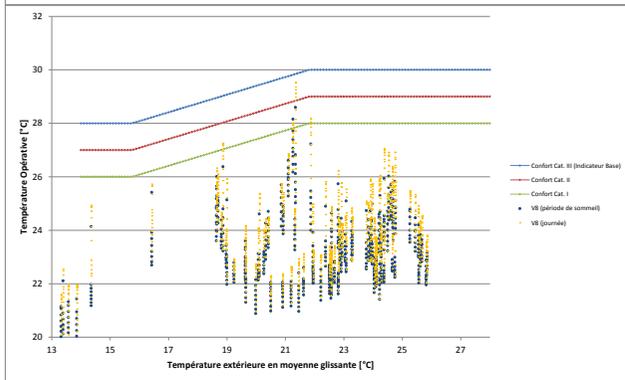
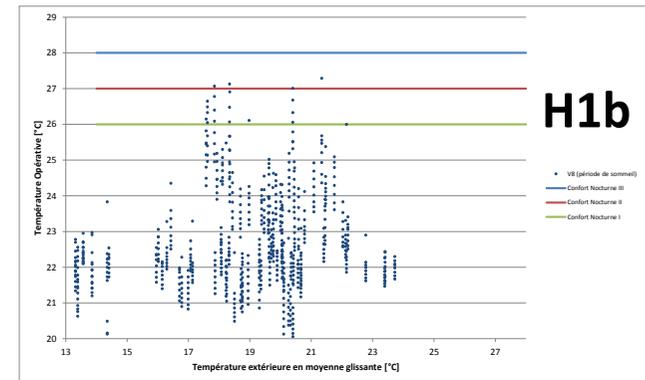
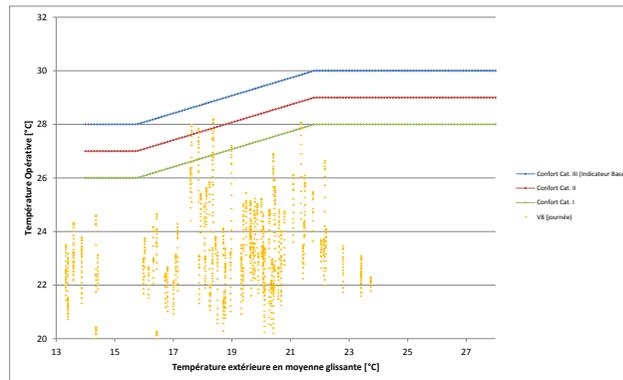
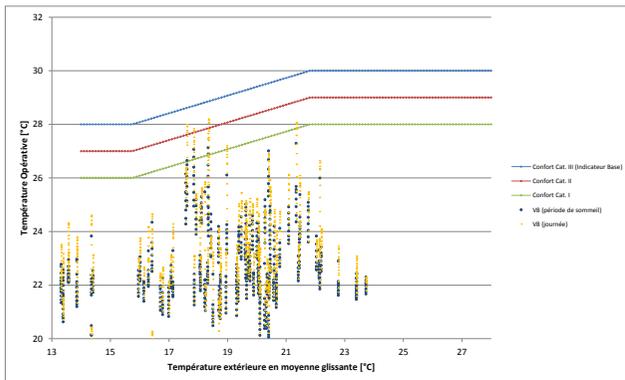
## Variante 6 : Présence d'un refend lourd



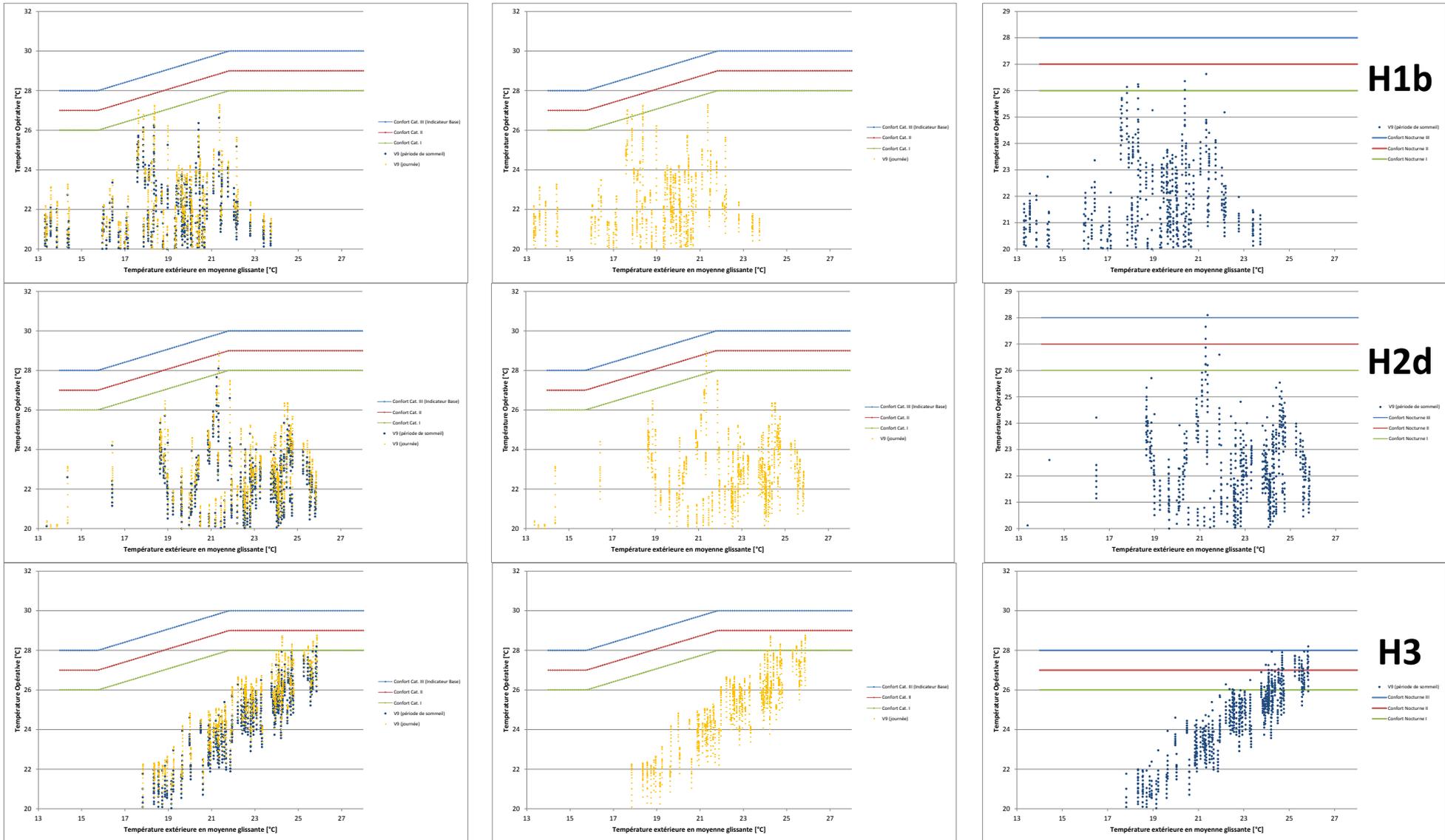
## Variante 7 : Isolation par l'extérieur



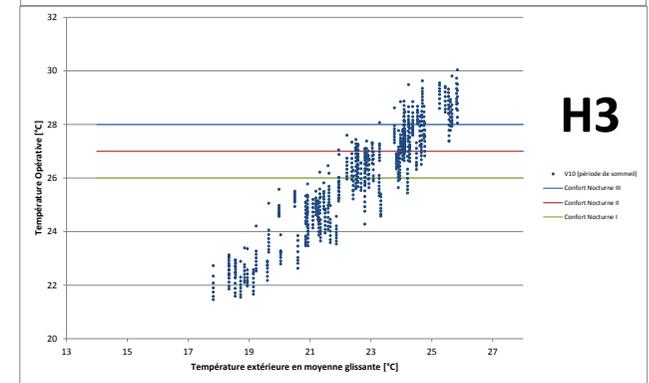
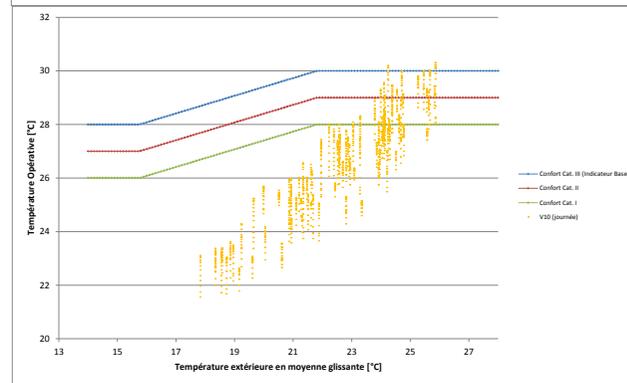
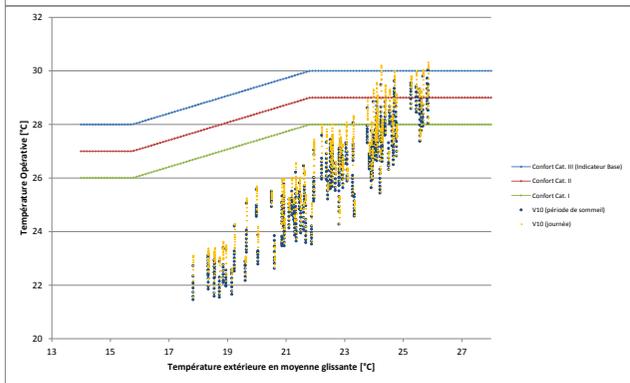
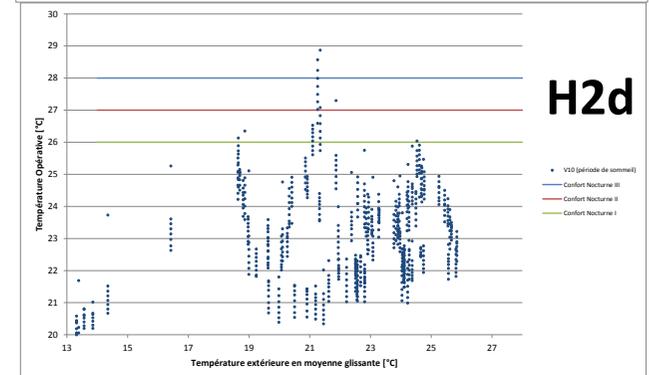
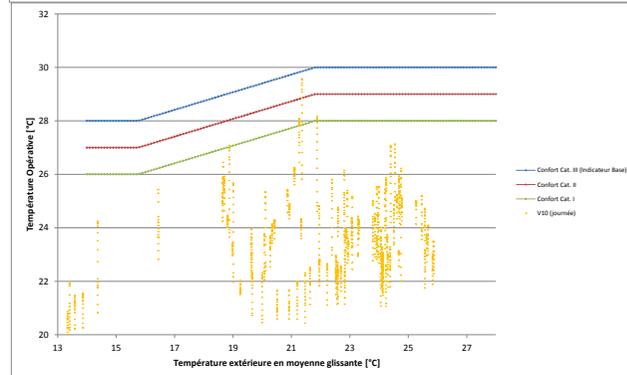
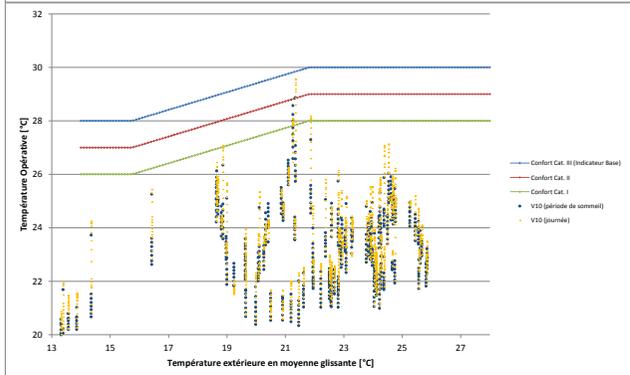
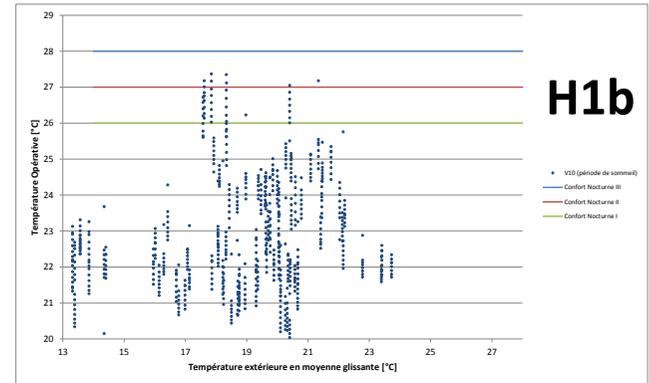
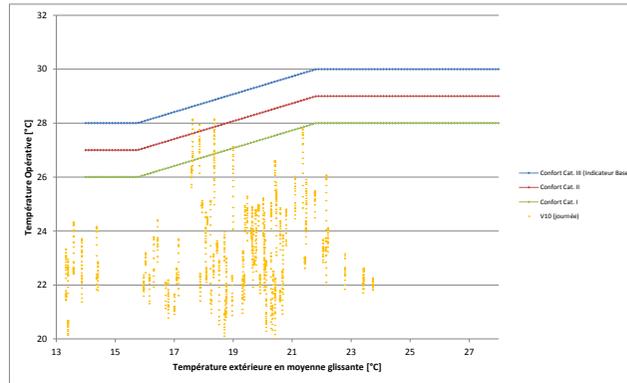
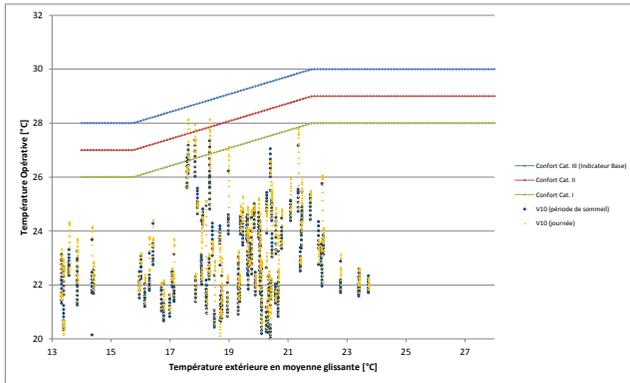
## Variante 8 : Pas de protection solaire sur les fenêtres



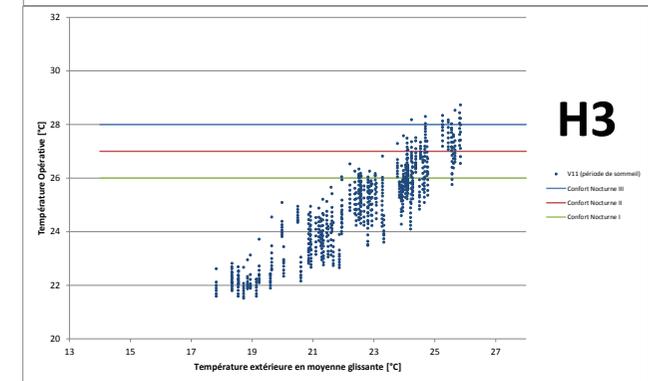
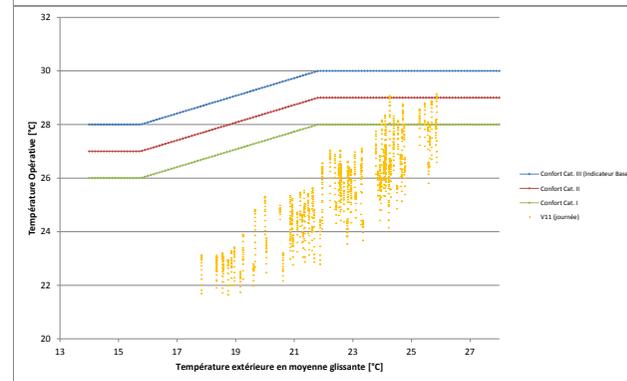
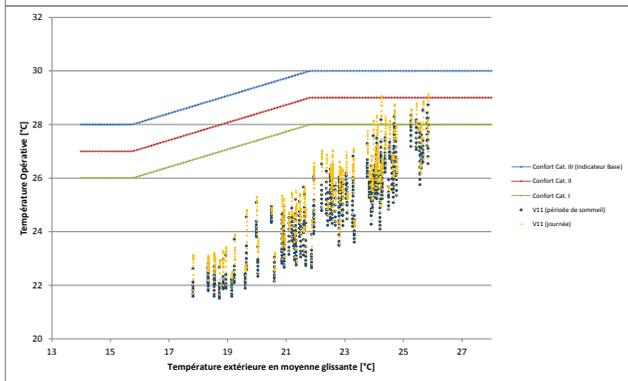
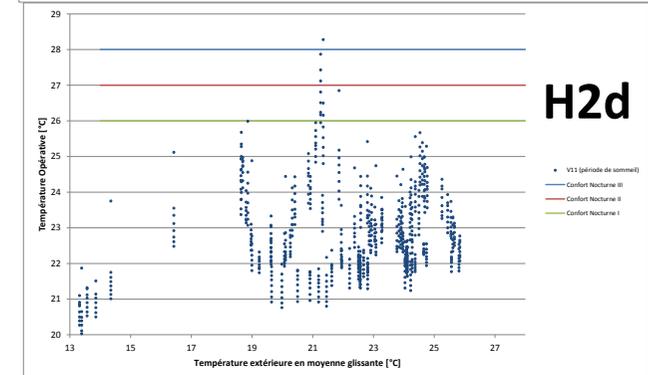
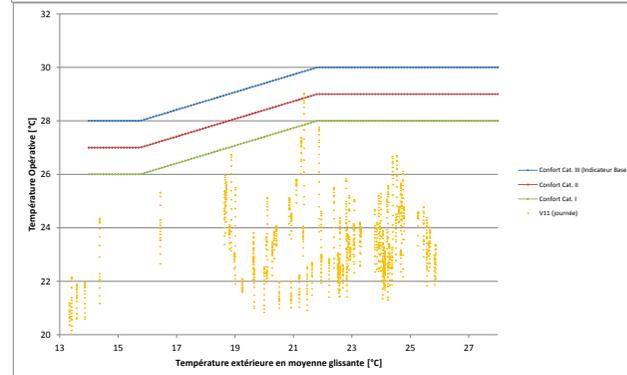
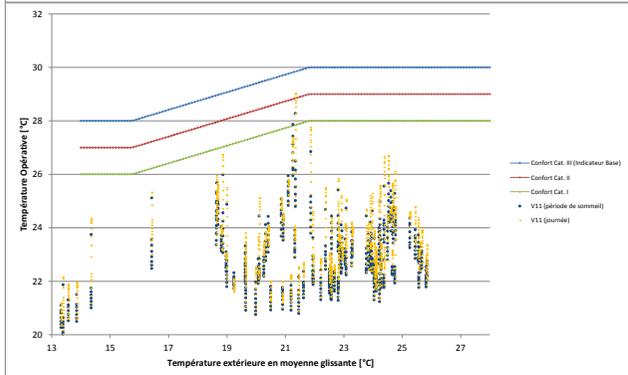
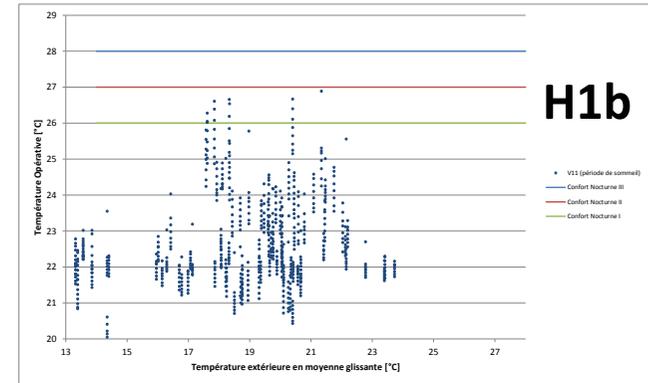
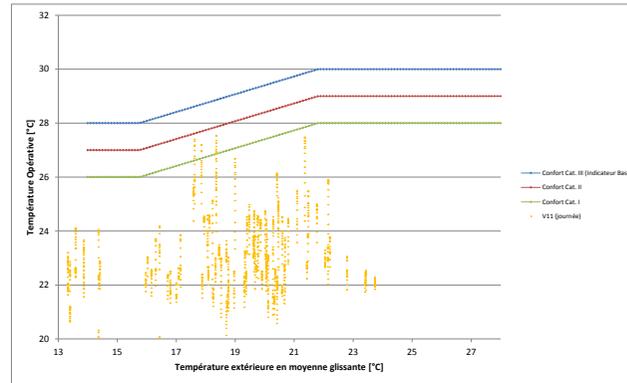
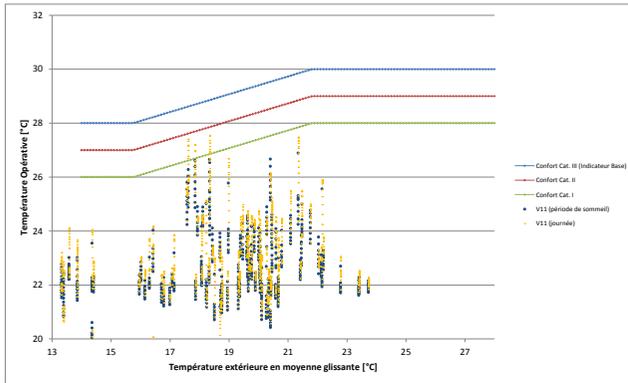
## Variante 9 : Surventilation mécanique en période de sommeil dans les chambres (130m<sup>3</sup>/h)



# Variante 10 : Système double flux pour la ventilation (toutes les fenêtres sont fermées la nuit)

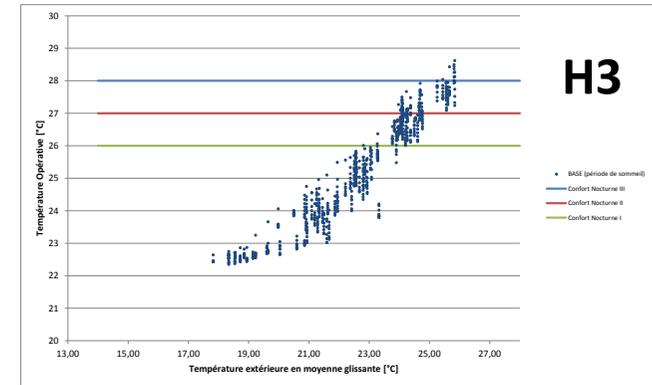
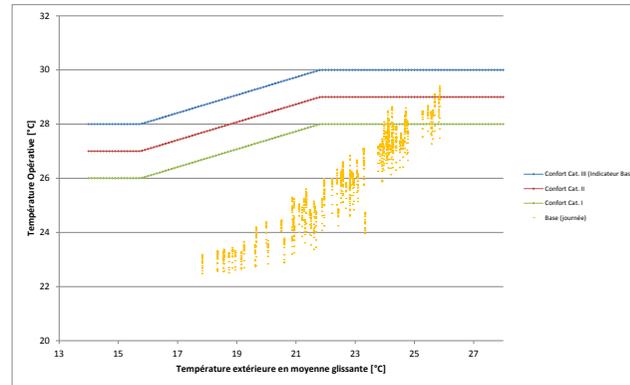
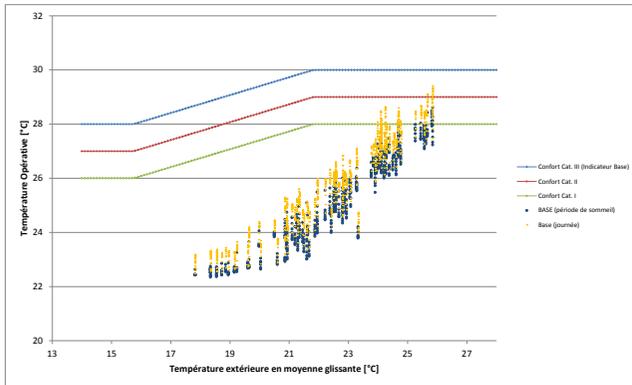
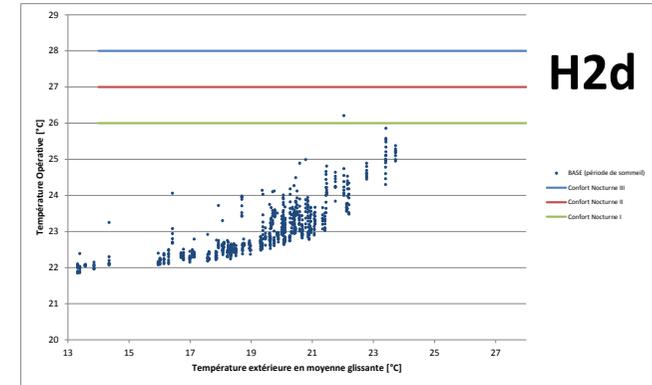
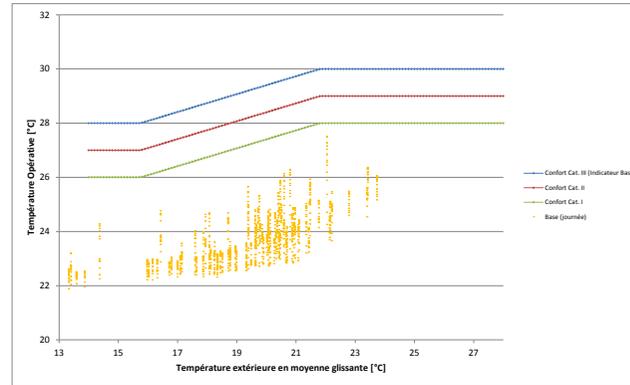
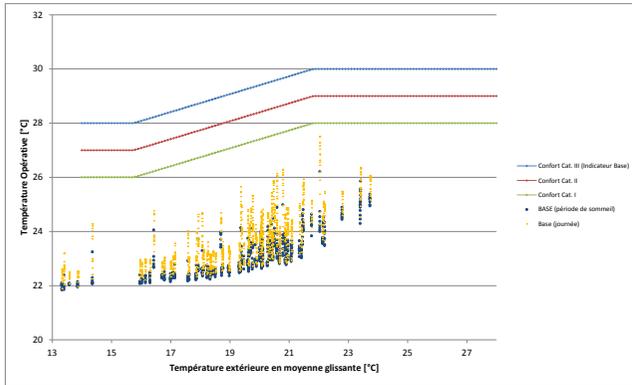
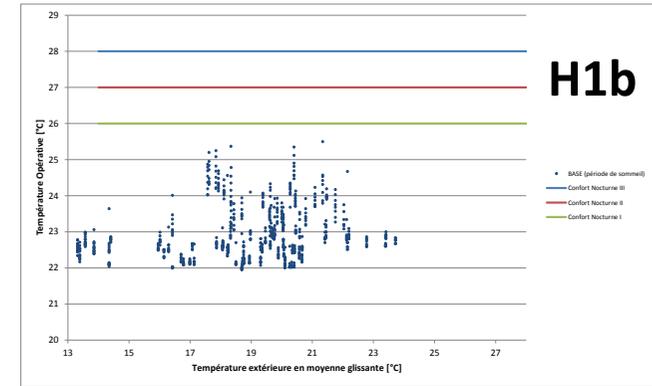
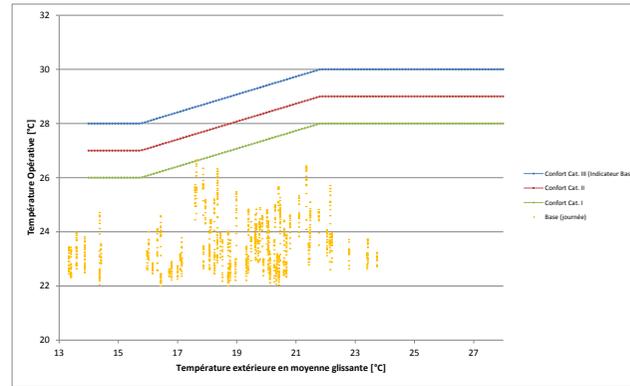
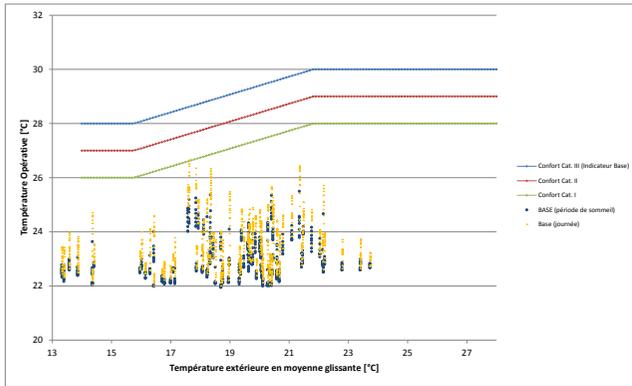


## Variante 11 : Système double Flux pour la ventilation (les fenêtres sont ouvrables la nuit)

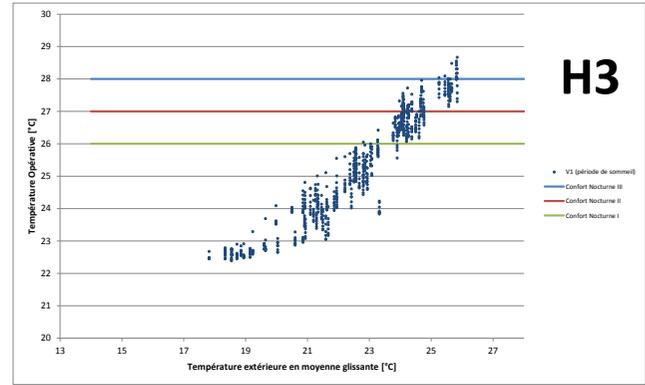
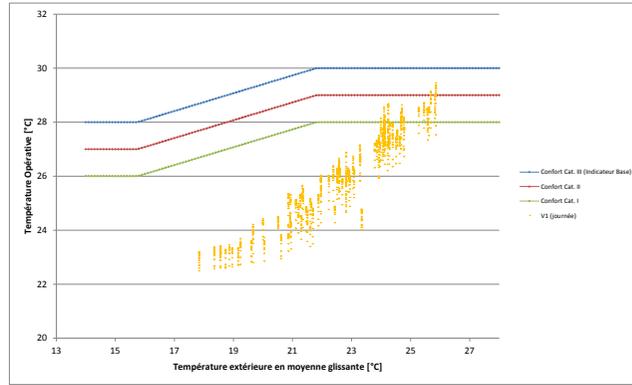
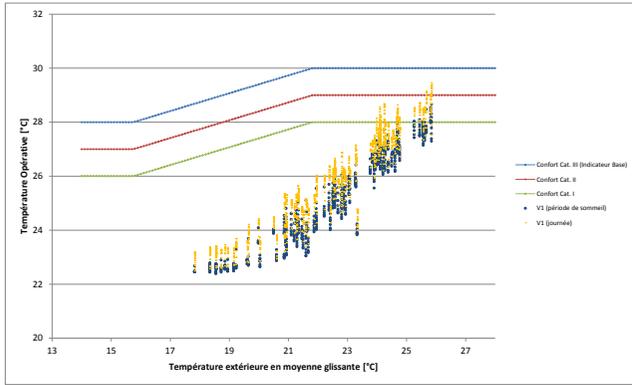
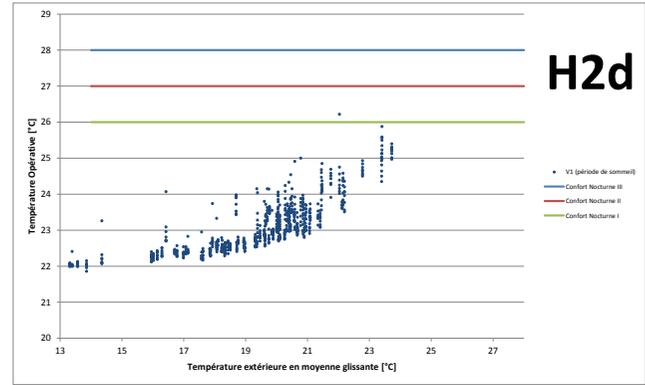
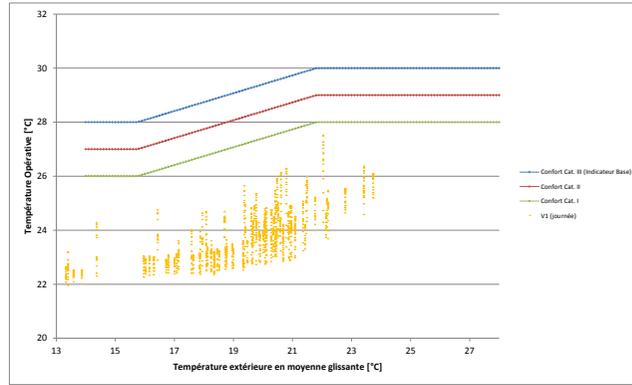
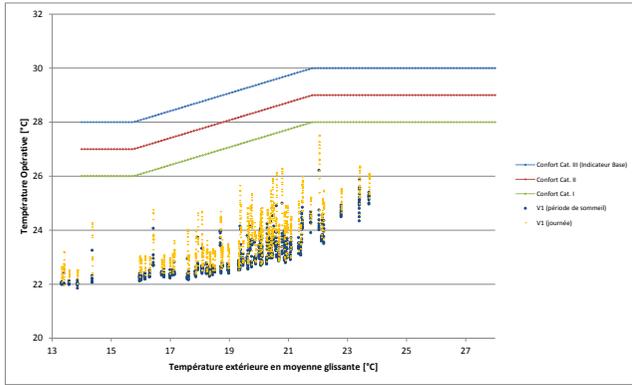
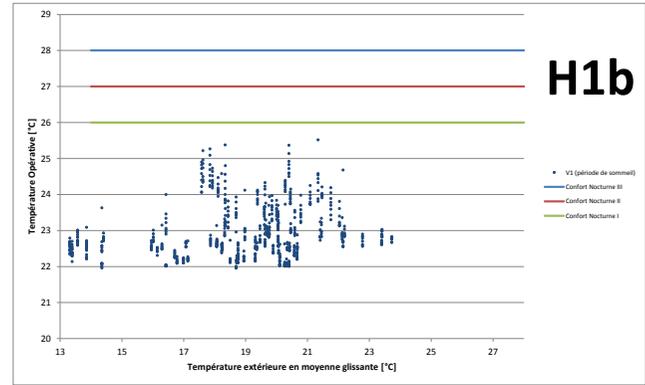
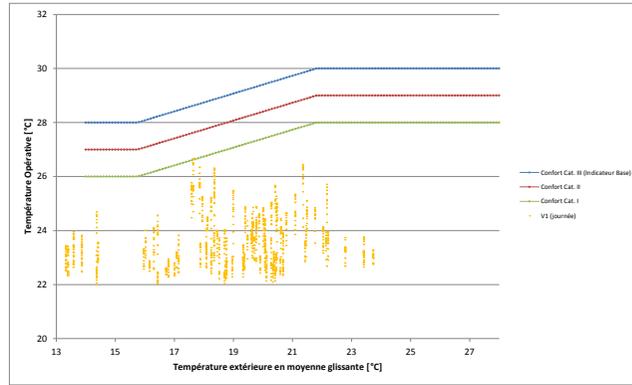
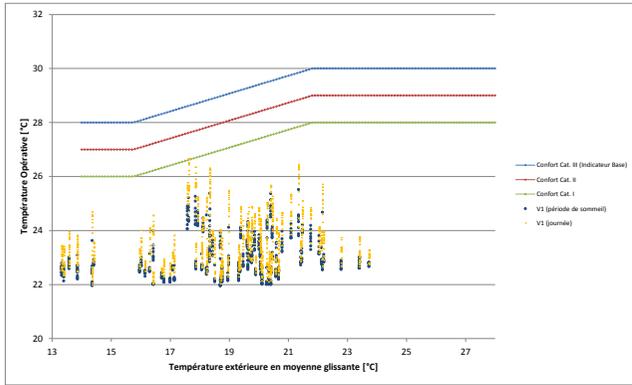


### 6.3 Résultats de calculs en Logements collectifs

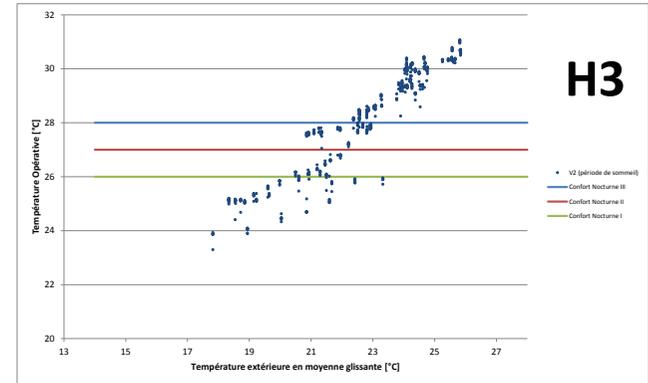
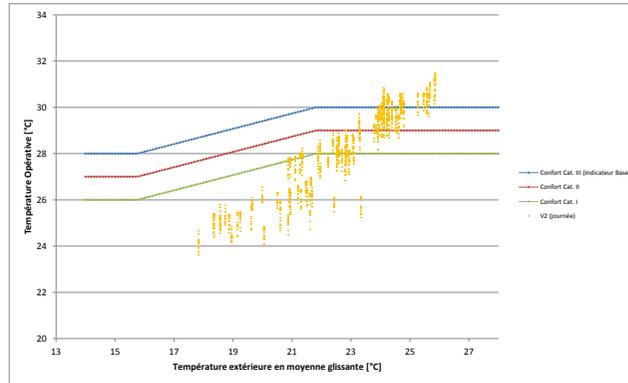
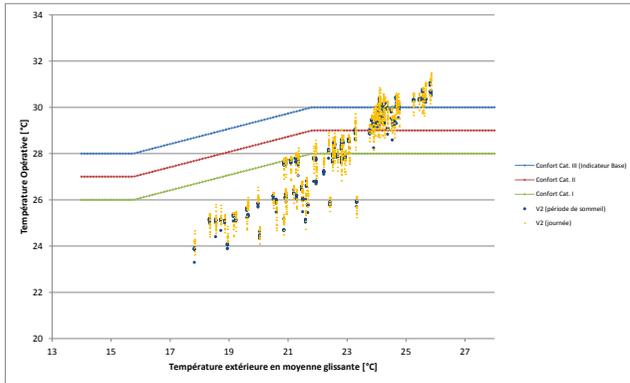
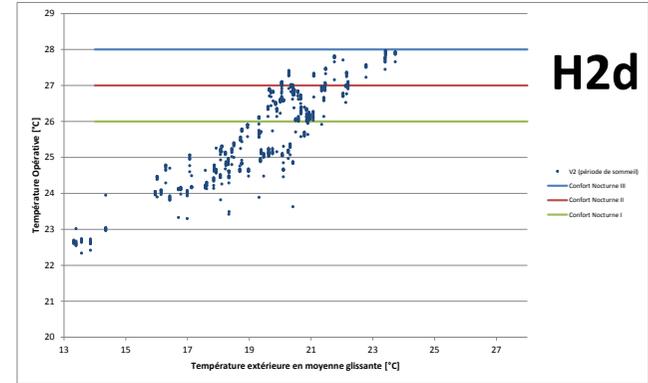
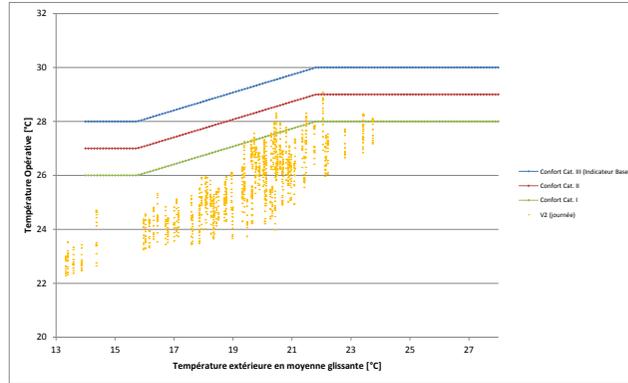
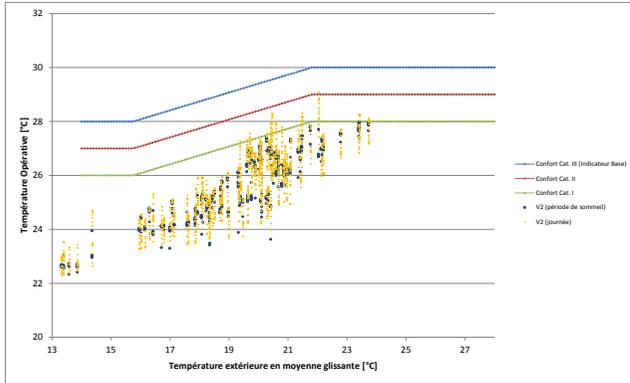
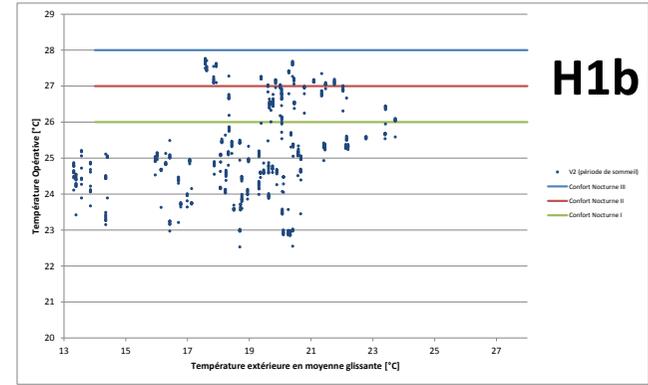
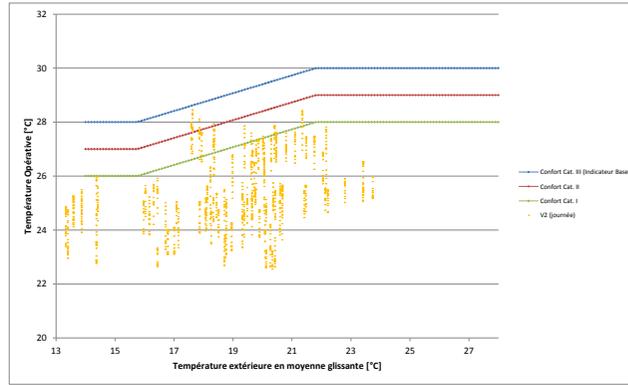
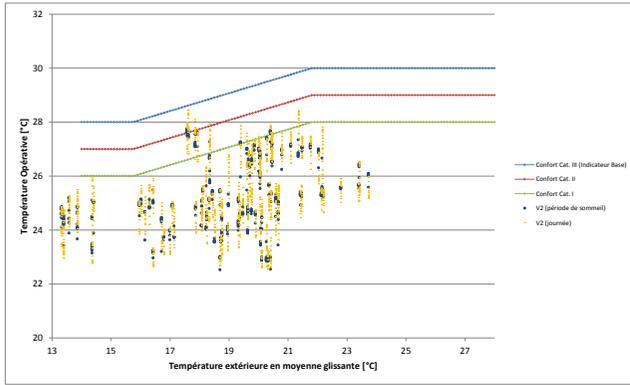
## Cas de Base :



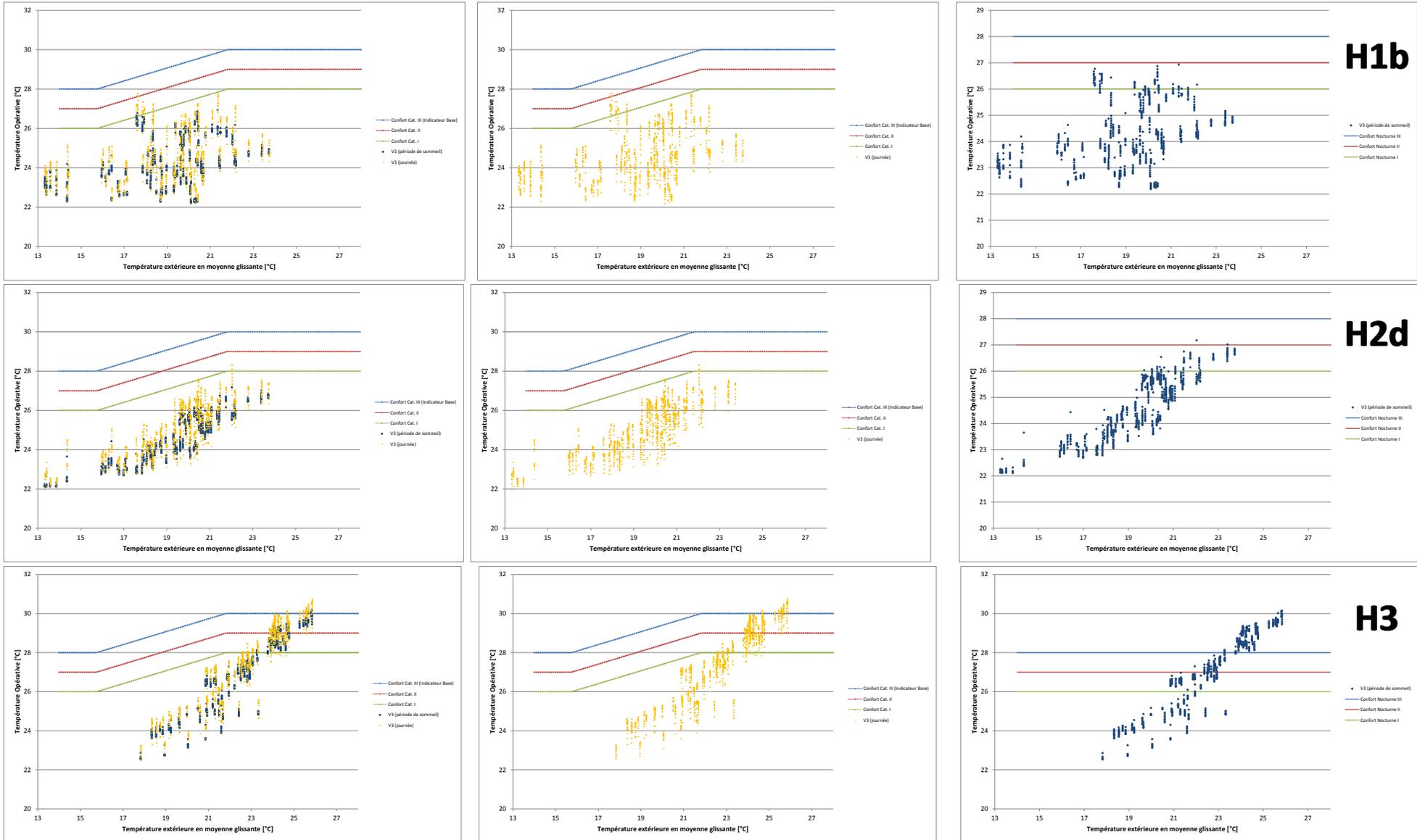
# Variante 1 : Meilleure perméabilité, à 0,5 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup> (4 Pa)



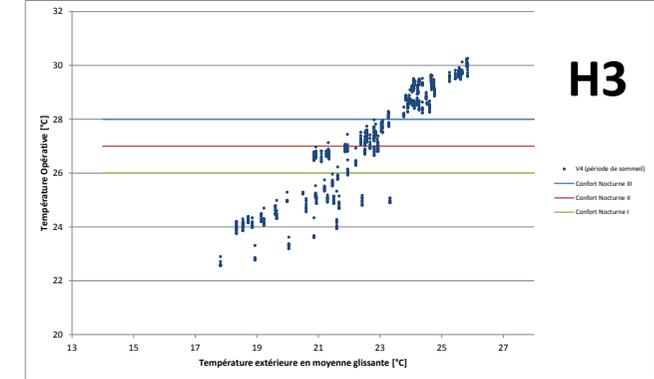
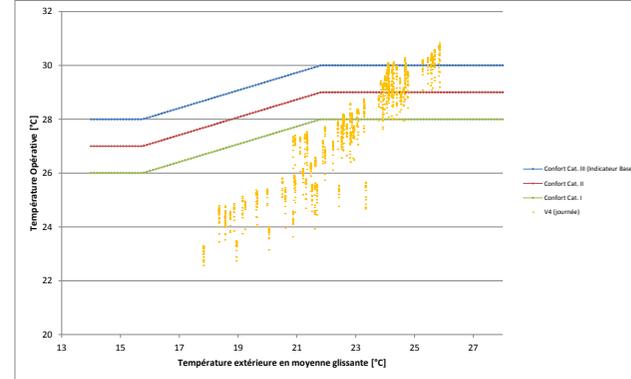
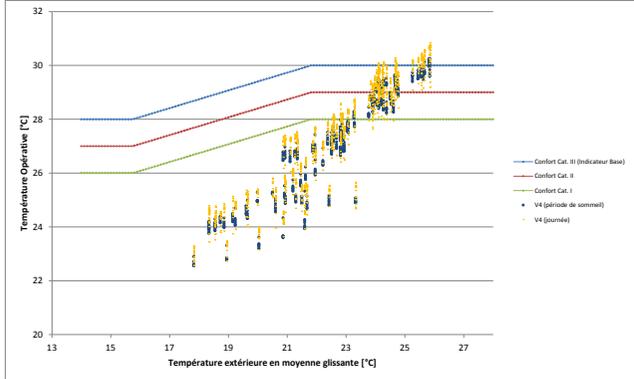
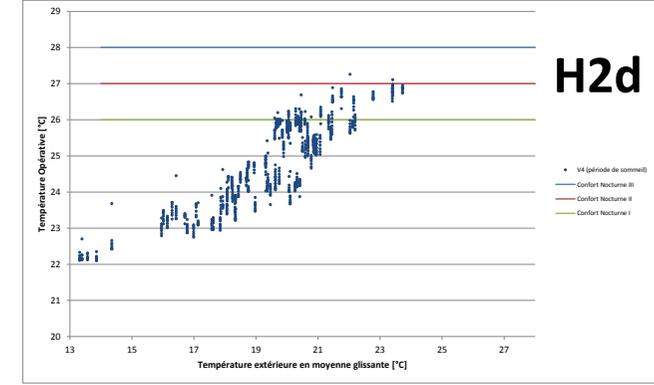
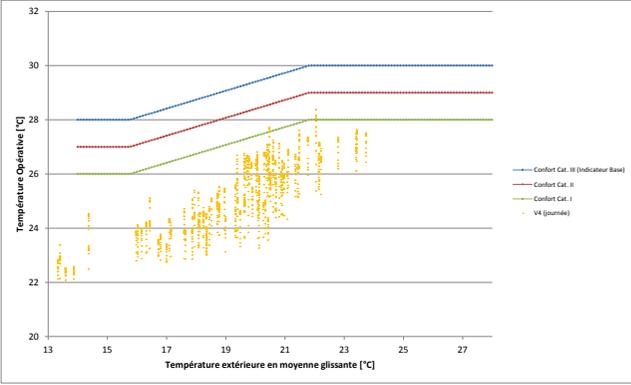
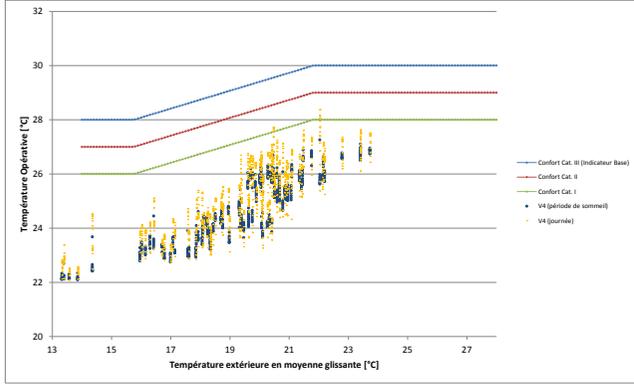
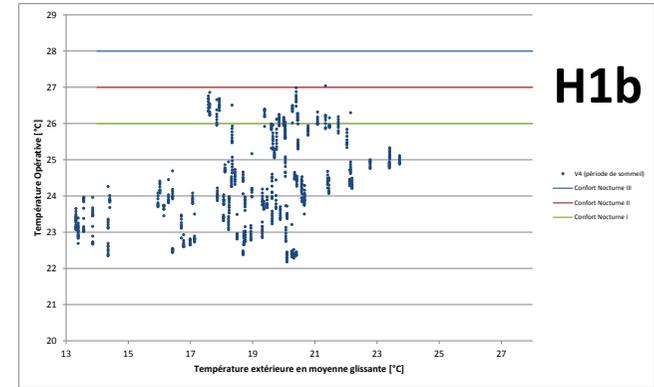
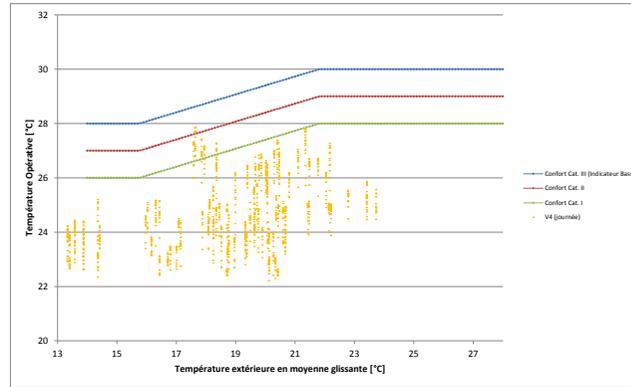
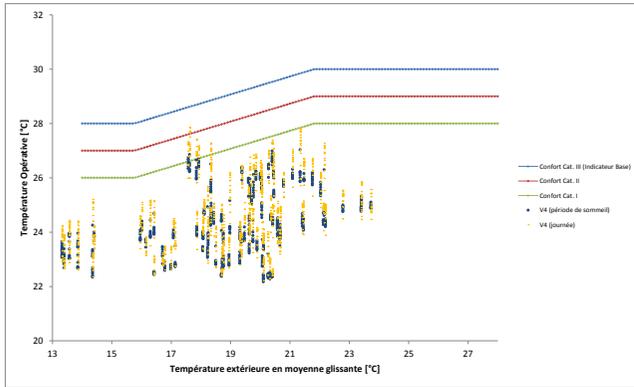
## Variante 2 : Fermeture des fenêtres la nuit



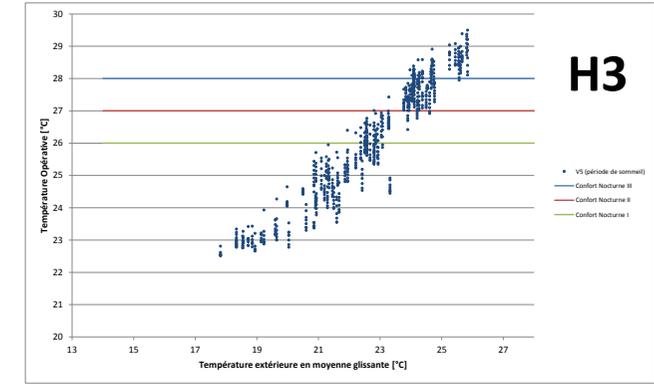
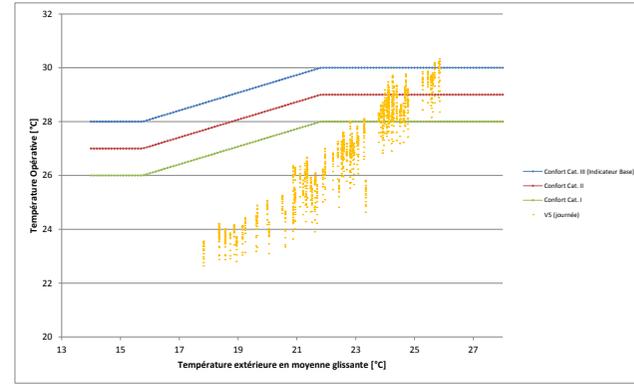
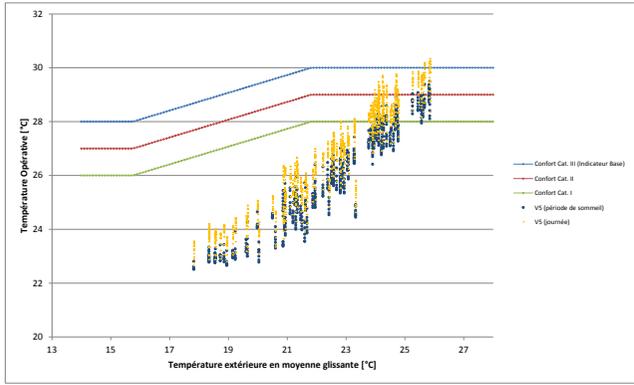
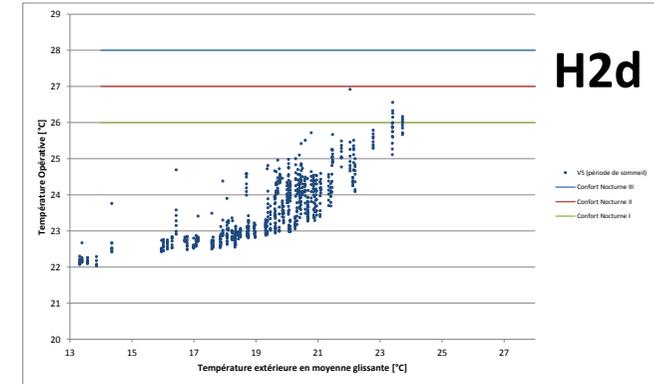
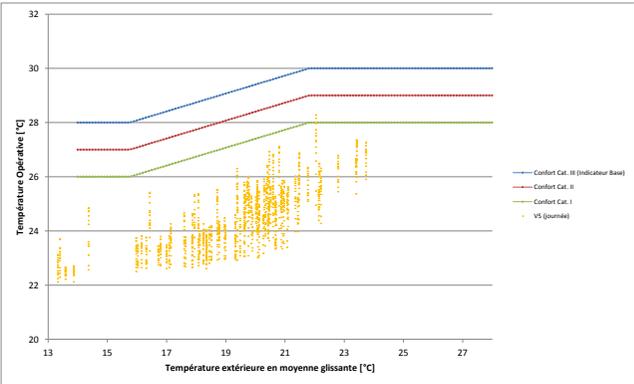
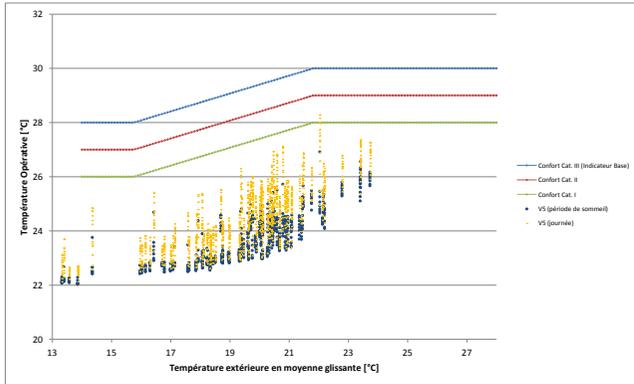
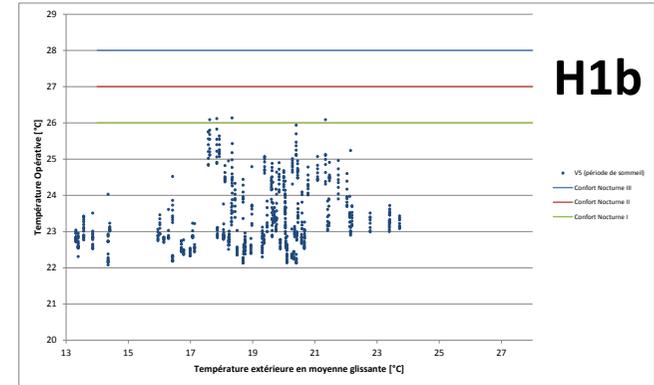
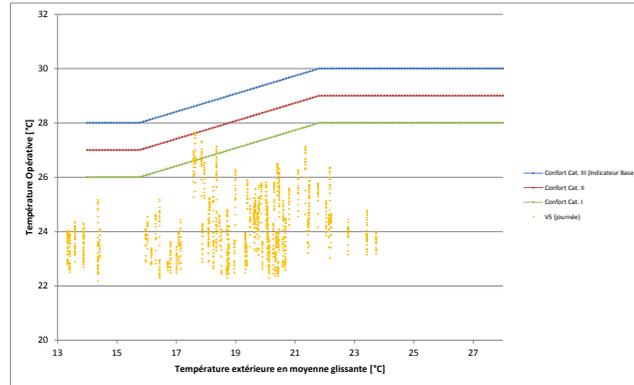
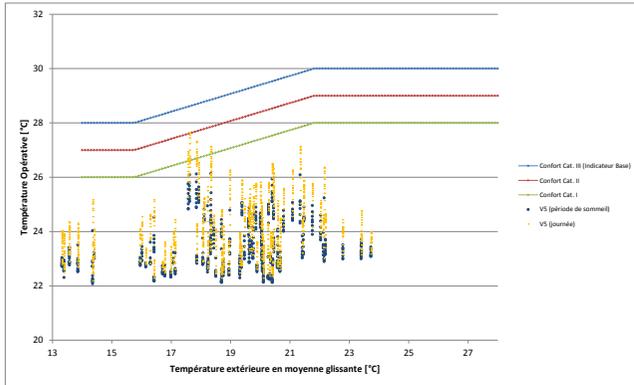
## Variante 3 : Correction du débit d'air neuf par ouverture des fenêtres lorsque les PM sont abaissées à 70% la nuit



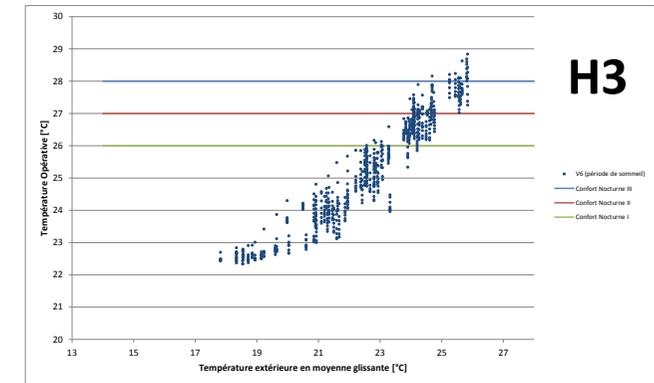
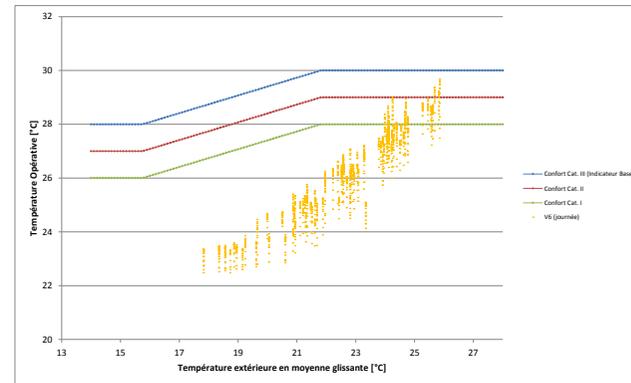
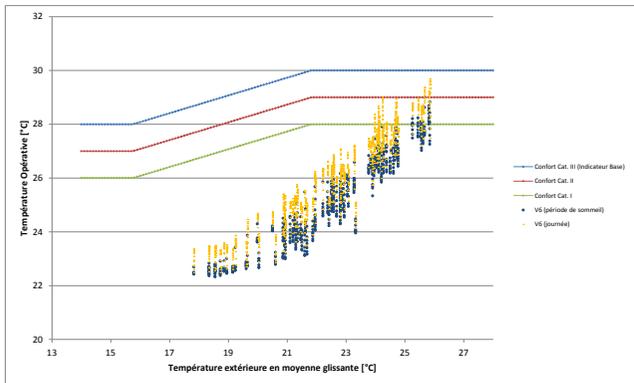
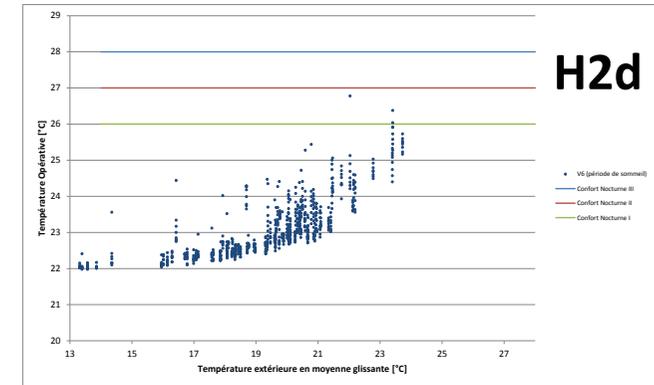
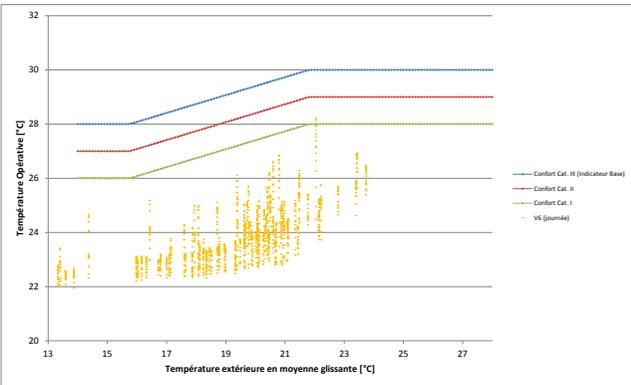
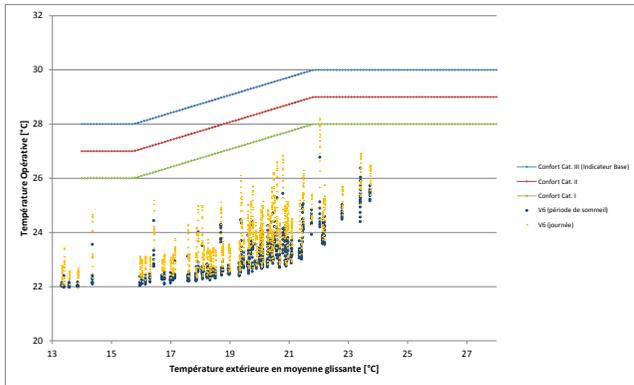
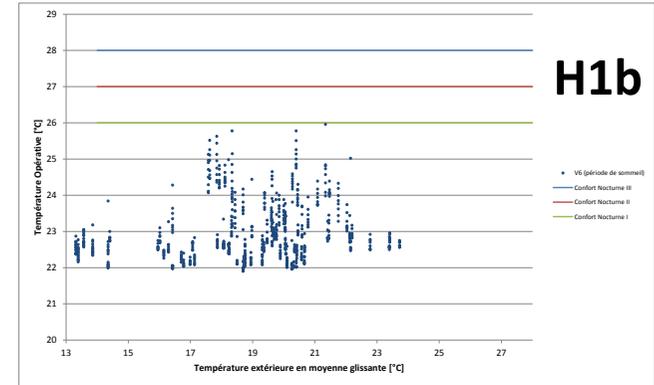
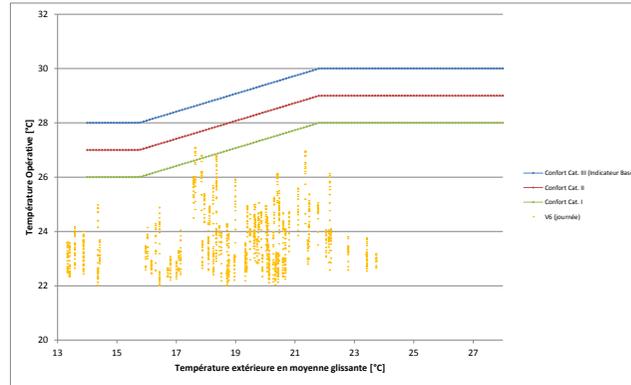
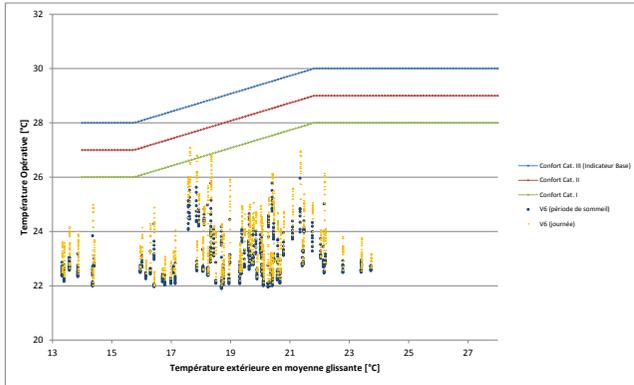
Variante 4 : Correction du débit d'air neuf par ouverture des fenêtres lorsque les PM sont abaissées à 70% la nuit avec ajout de la variante 1



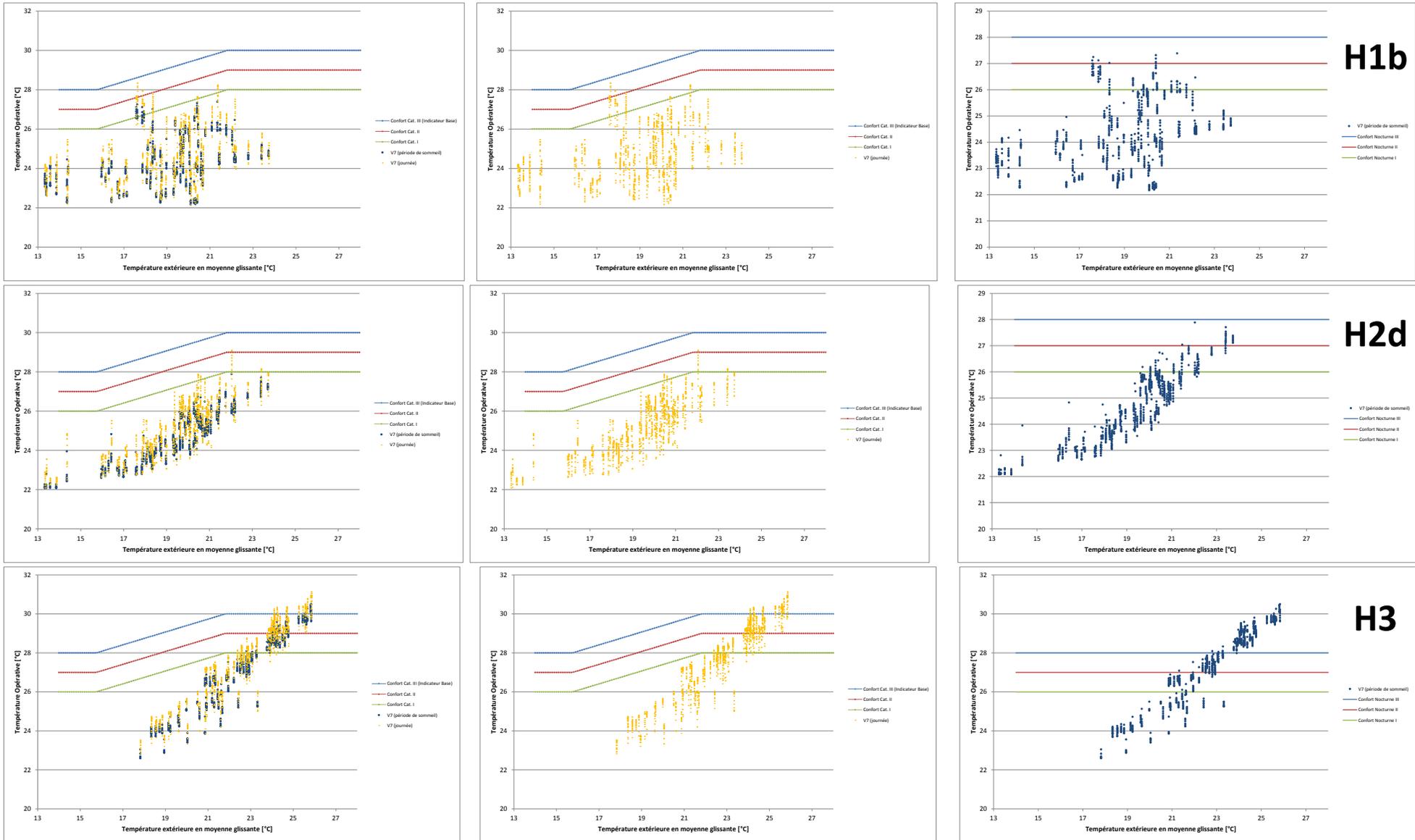
# Variante 5 : Aucune protection solaire mobile sur les fenêtres du bâtiment



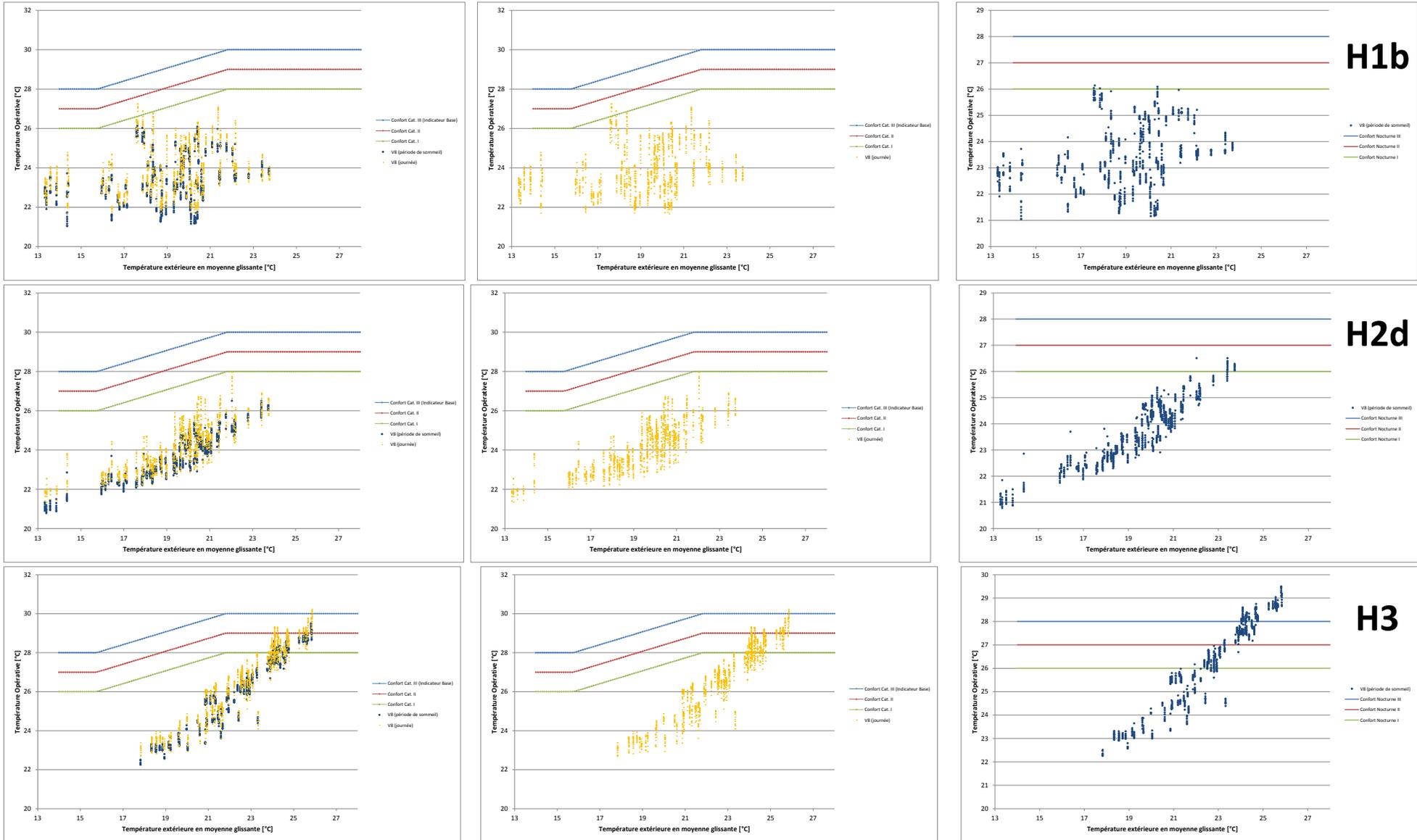
## Variante 6 : Inertie légère des parois verticales du bâtiment



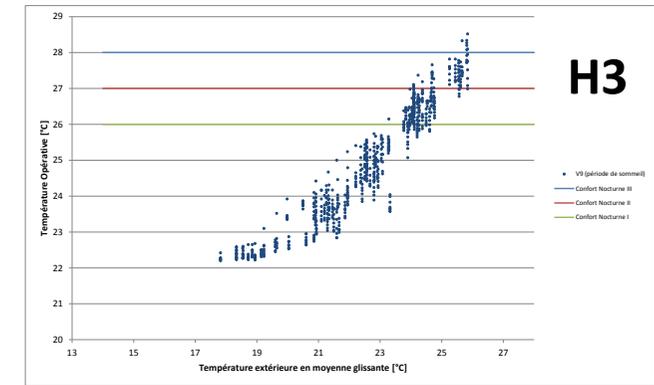
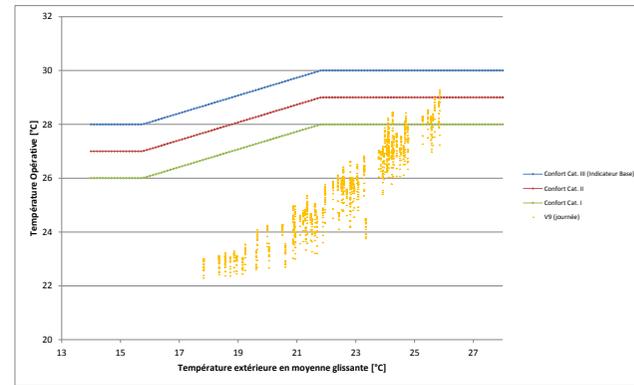
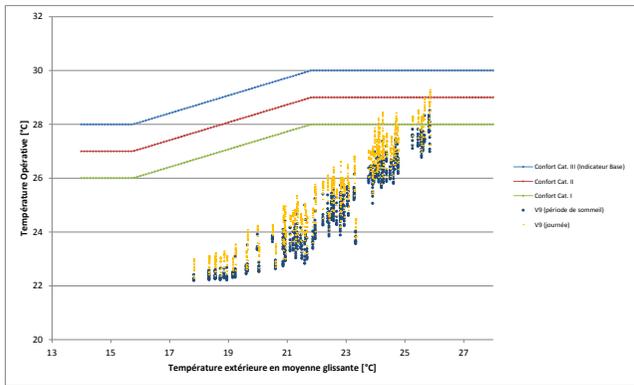
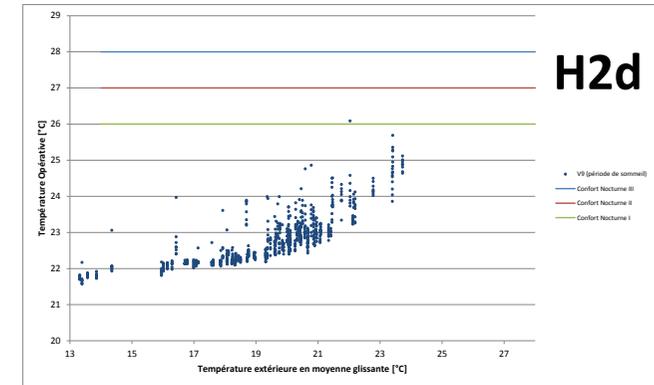
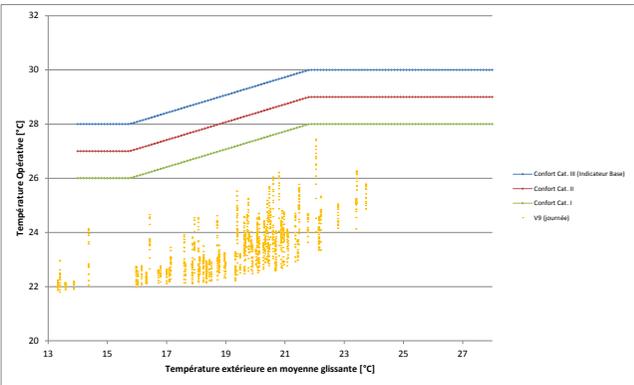
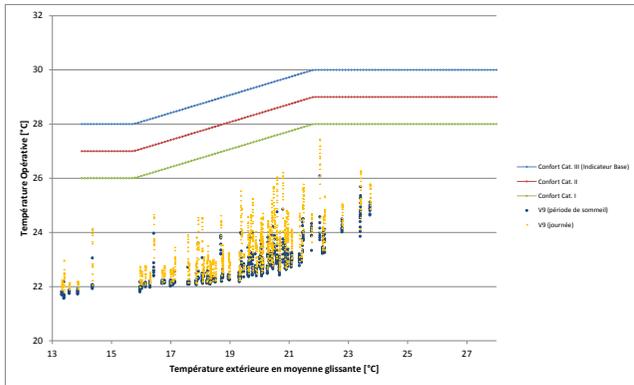
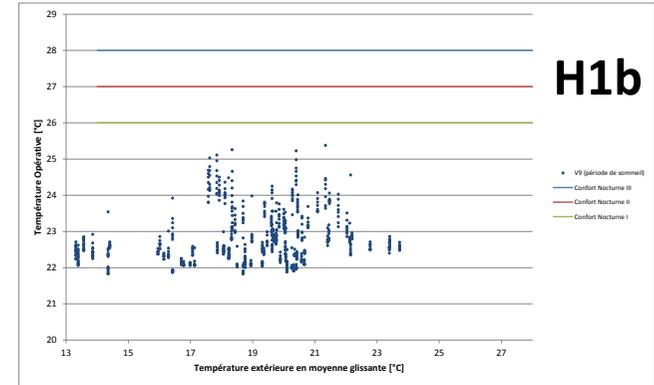
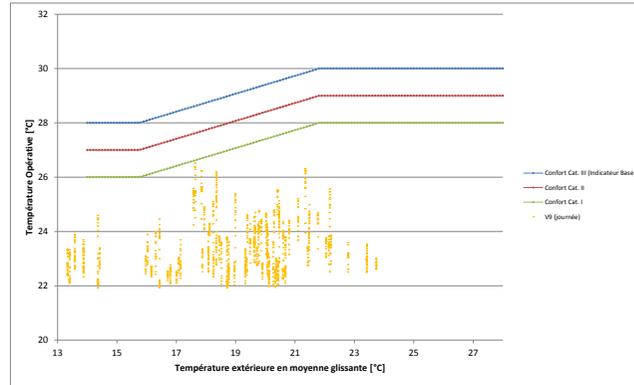
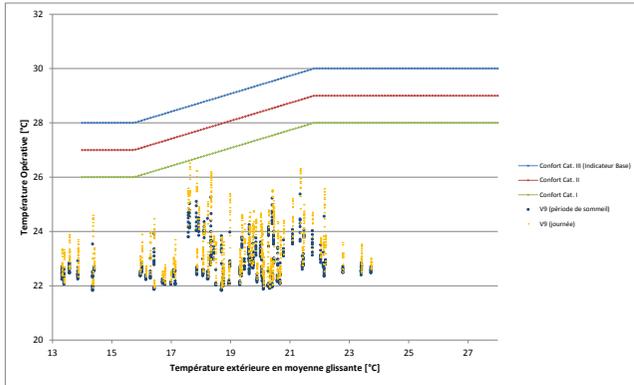
## Variante 7 : Inertie légère des parois verticales du bâtiment avec ajout de la variante 4



## Variante 8 : Surventilation nocturne à 130 m3/h dans les chambres avec fermeture des fenêtres la nuit



# Variante 9 : système de ventilation double flux



# Variante 10 : Isolation par l'intérieur

