
MAITRE D'OUVRAGE

**CENTRE HOSPITALIER LOUIS PASTEUR
DE DOLE**

OPERATION

RENOVATION DES FACADES ET HEBERGEMENTS

Rapport d'étude

SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE CONFORT D'ETE

SOMMAIRE

1. OBJET.....	1
2. ETUDE THERMIQUE DYNAMIQUE	1
2.1. Paramètres et scénarios de l'étude	1
2.2. Récapitulatif des données pour l'étude thermique dynamique :.....	7
2.3. Critères de confort	8
2.4. Résultats pour les chambres situées au Sud-Ouest :	8
2.4.1. HEURES CUMULEES	8
2.4.2. COURBES DE TEMPERATURE SUR UNE SEMAINE « CHAUDE »	11
2.4.3. COURBES DE TEMPERATURE D'UNE MEME CHAMBRE PAR RAPPORT AUX 3 VARIANTES ETUDIEES SUR LE MOIS DE JUILLET	13
2.5. Résultats pour les chambres situées au Nord-Ouest :	15
2.5.1. HEURES CUMULEES	15
2.5.2. COURBES DE TEMPERATURE SUR UNE SEMAINE « CHAUDE »	17
2.5.3. COURBES DE TEMPERATURE D'UNE MEME CHAMBRE PAR RAPPORT AUX 3 VARIANTES ETUDIEES SUR LE MOIS DE JUILLET	19
3. CONCLUSION.....	21

1. OBJET

Le présent document a pour objet de qualifier le confort d'été de l'hébergement du centre hospitalier Louis Pasteur. Il s'agit d'un hôpital, qui est situé à Dole (39).

Le critère de confort retenu pour la présente étude consiste à comptabiliser le nombre d'heures de dépassement de 28°C intérieur. Nous considérerons que le confort devient acceptable pour un nombre d'heure de dépassement inférieur à 50 h.

Pour juger du confort du bâtiment, nous allons procéder en étudiant qu'une même chambre avec des situations et expositions différentes. En effet, nous modéliserons une chambre au R+2 qui représentera le cas du niveau le plus bas, puis une chambre à un étage intermédiaire représentant le cas d'un niveau courant et enfin une chambre au R+6 représentant le cas du niveau le plus haut. Ces chambres seront traitées dans un premier temps sur une exposition Sud-Ouest puis une exposition Nord-Ouest de façon à distinguer tous les cas de figures.

De plus, chaque chambre sera étudiée sur l'état de base représentant l'état actuel puis sur 2 autres variantes d'améliorations des performances du bâtiment et des équipements de ventilation.

2. ETUDE THERMIQUE DYNAMIQUE

Nous avons réalisé notre simulation thermique dynamique à l'aide du logiciel Pléiades+Comfie V3.0 de la société IZUBA Energie.

La simulation se fait sur une période de un an et sur un pas d'une demi-heure.



Développé par l'école des Mines de Paris et GEFOSAT avec le concours de l'Ademe et du programme Altener, PLEIADES + COMFIE est un logiciel de calcul par simulation dynamique des échanges thermiques multi zones dans les bâtiments. PLEIADES + COMFIE conjugue facilité et puissance pour l'analyse du confort thermique, la conception de projets solaires passifs et l'enseignement.

2.1. Paramètres et scénarios de l'étude

➤ Fichier météo : Mâcon

Le fichier météo utilisé a été chargé directement de la base de donnée de Pléiades dont celle-ci reste assez pauvre. C'est pourquoi nous avons choisis la ville de Mâcon, celle qui semble la plus semblable à Dole.

Nom	Macon (RT2005)	Altitude	217 m
Longitude	4° 48' 0"E	Latitude	46° 18' 0"N

Nom	Macon (RT2005) fichier Macon_RT2005.try	Altitude	217 m
Longitude	4° 48' 0"E	Latitude	46° 18' 0"N
Températures	Minimale	Maximale	Moyenne
	-6.90°C	31.60°C	11.59°C

➤ **Parois :**

– **Etat Actuel :**

- Mur de façade des chambres en béton préfabriqué : Béton 10cm + isolation thermique par l'intérieur avec 5cm de laine de verre + 20cm de béton en allège.
- Mur de façade des salles de bains : Béton 5cm + isolation thermique par l'intérieur avec 5cm de laine de verre + 10cm de béton + Placoplâtre 1,3cm.
- Murs intérieurs en béton de 15 cm et en béton de 7 cm.
- Plancher bas des salles de bains donnant sur l'extérieur : Béton 20 cm.
- Plancher bas sur local Archives au R+1 : Béton 20cm.
- Plancher intermédiaire : Béton 20cm
- Toiture terrassons des salles de bains : Béton 20cm + isolation thermique Polystyrène 4cm
- Toiture des chambres donnant sur le Vide technique au R+6 : Béton 20 cm.

– **Variante 1 :**

- Mur de façade des chambres et salles de bains : Isolation thermique par l'extérieur avec 12cm de laine de roche + Béton 10cm + Placoplâtre 1.3cm
- Plancher bas des salles de bains donnant sur l'extérieur : Béton 20cm + isolation thermique par l'extérieur avec 15cm de Fibrastyrène.
- Toiture terrassons des salles de bains : Béton 20cm + isolation thermique par l'extérieur Polystyrène 20cm

– **Variante 2 :**

- Mur de façade des chambres et salles de bains : Isolation thermique par l'extérieur avec 25cm de laine de roche + Béton 10cm + Placoplâtre 1.3cm
- Plancher bas des salles de bains donnant sur l'extérieur : Idem Variante 1
- Toiture terrassons des salles de bains : Idem Variante 2

➤ **Menuiseries :**

– **Etat Actuel :**

- Chambre : châssis aluminium, DV, $U_f = 4 \text{ W/m}^2.\text{K}$, $U_g = 2,95 \text{ W/m}^2.\text{K}$, $U_w = 3,31 \text{ W/m}^2.\text{K}$, $F_s = 0,81$
- Salle de bain : châssis aluminium, SV, $U_f = 4 \text{ W/m}^2.\text{K}$, $U_g = 5,10 \text{ W/m}^2.\text{K}$, $U_w = 4,88 \text{ W/m}^2.\text{K}$, $F_s = 0,90$

– **Variante 1 :**

- Chambre/Salles de bain : châssis bois, DV Climaplus 4S 4-16-4 Argon, $U_w = 1,70 \text{ W/m}^2.\text{K}$, $F_s = 0,42$

– **Variante 2 :**

- Chambre/Salles de bain : châssis bois/alu, DV Climaplus 4S 4-16-4 Argon, $U_w = 1,20 \text{ W/m}^2.\text{K}$, $F_s = 0,42$

➤ **Occultations :**

Nous avons considéré des occultations permanentes à l'aide de stores sur les chambres fermé de 20H à 7H.

➤ **Ventilation :**

- Etat Actuel : Mécanique double flux, débit hygiénique de 60 m³/h, sans récupération
- Variante 1 et 2 : Mécanique double flux, débit hygiénique de 60 m³/h, rendement de récupération 80%

La température de soufflage dans les chambres sera rafraîchit à une température de soufflage de 17°C.

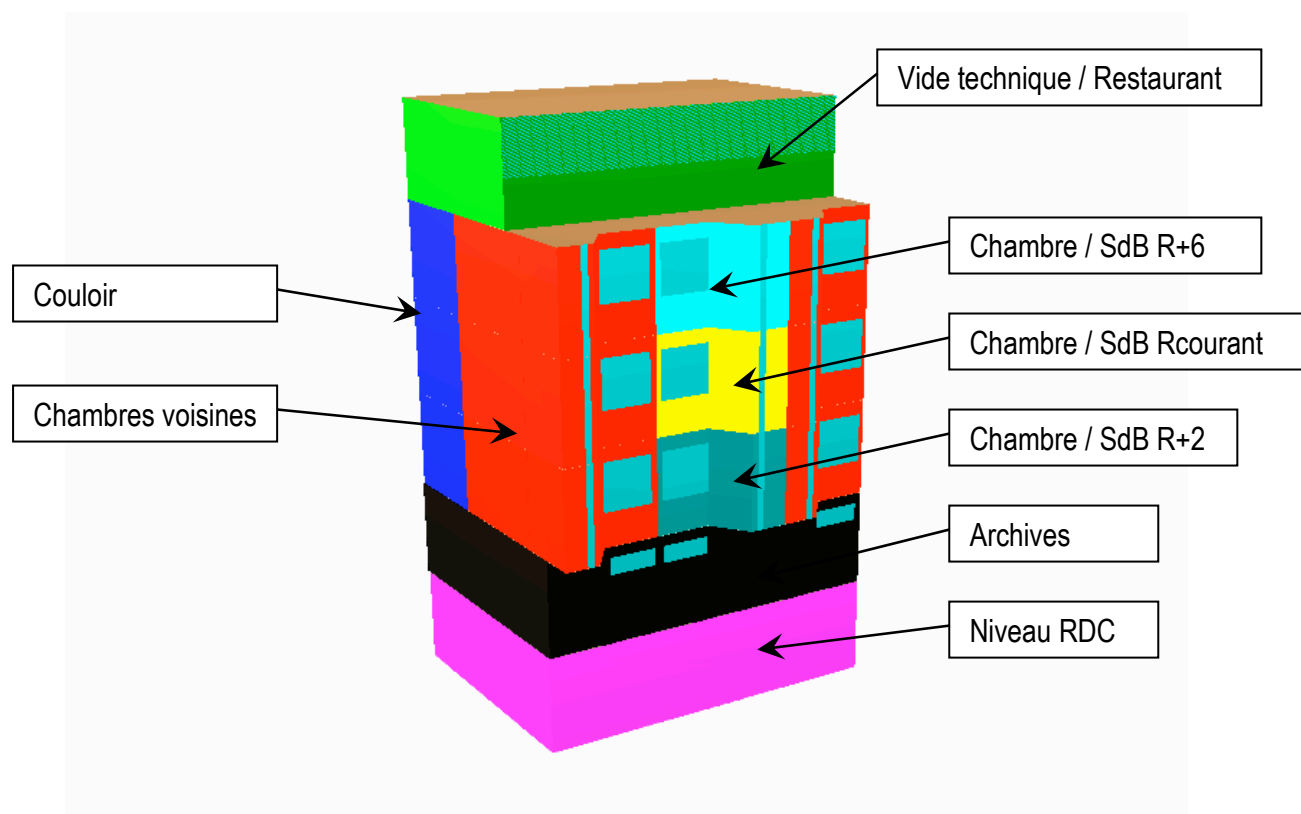
➤ **Zoning :**

Chaque local a été modélisé séparément, en tenant compte de son environnement proche (locaux voisins)

Le zonage se décompose ainsi :

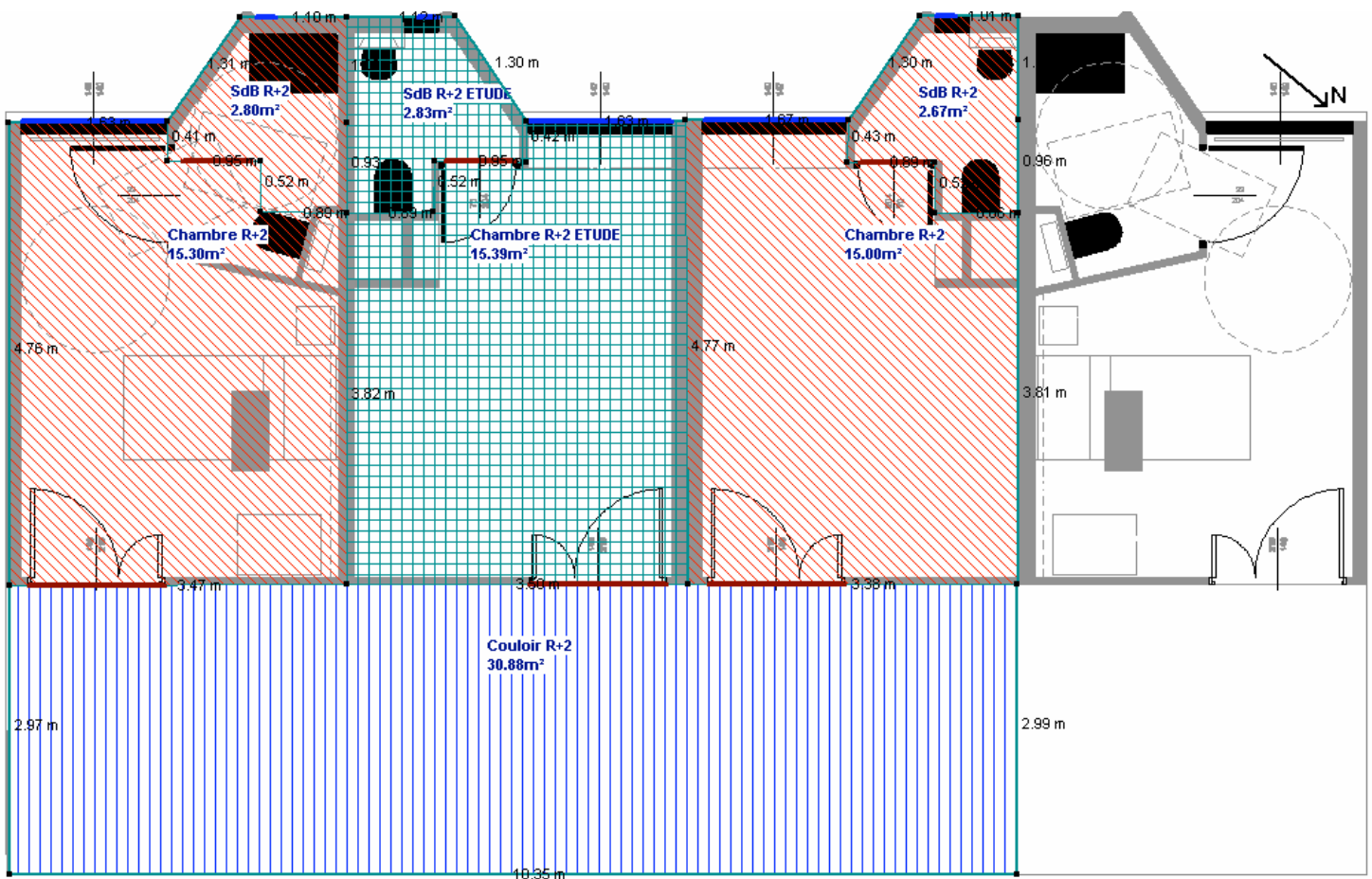
- Zone Violette : Niveau RDC de l'hôpital
- Zone Noire : Locaux archives au R+1 de l'hôpital
- Zone Verte foncée : Chambre / SdB au R+2 (qui sera étudié)
- Zone Jaune : Chambre / SdB au niveau courant (qui sera étudié)
- Zone Bleue claire : Chambre / SdB au R+6 (qui sera étudié)
- Zone Rouge : Chambres / SdB voisines des chambres étudiées
- Zone Bleue foncée : Couloir
- Zone Verte claire : Vide technique / Restaurant au R+7

Modélisation d'une partie de l'hôpital considérée à l'aide du logiciel ALCYONE (module de saisie graphique pour PLEIADES) :



Voici ci-dessous le zonage en plan représenté sur le niveau R+2 :

- la zone quadrillée en verte foncée pour la chambre/SdB où le confort d'été sera étudié
- la zone rouge pour les chambres voisines
- la zone bleue foncée pour le couloir :



Zonage : Niveau R+2

➤ **Occupation :**

- Zone chambre / Salle de bain : 1 personne 7j / 7 24h / 24.

Scénario hebdomadaire		% d'occupation		Hopital DOLE Chambre/SdB			
Nombre maximum d'occupants : 1.00 Occupants							
Heure	Lun %	Mar %	Mer %	Jeu %	Ven %	Sam %	Dim %
0-1h	100	100	100	100	100	100	100
1-2h	100	100	100	100	100	100	100
2-3h	100	100	100	100	100	100	100
3-4h	100	100	100	100	100	100	100
4-5h	100	100	100	100	100	100	100
5-6h	100	100	100	100	100	100	100
6-7h	100	100	100	100	100	100	100
7-8h	100	100	100	100	100	100	100
8-9h	100	100	100	100	100	100	100
9-10h	100	100	100	100	100	100	100
10-11h	100	100	100	100	100	100	100
11-12h	100	100	100	100	100	100	100
12-13h	100	100	100	100	100	100	100
13-14h	100	100	100	100	100	100	100
14-15h	100	100	100	100	100	100	100
15-16h	100	100	100	100	100	100	100
16-17h	100	100	100	100	100	100	100
17-18h	100	100	100	100	100	100	100
18-19h	100	100	100	100	100	100	100
19-20h	100	100	100	100	100	100	100
20-21h	100	100	100	100	100	100	100
21-22h	100	100	100	100	100	100	100
22-23h	100	100	100	100	100	100	100
23-24h	100	100	100	100	100	100	100

➤ **Apports internes :**

– Chambre :

- 1 personne (100 W/personne au repos de 6H à 23H ; 70W/personne au sommeil de 23H à 6H)
- Eclairage / Télé : 200 W de 12H à 14H et de 19H à 22H

Scénario hebdomadaire		Puissance dissipée			Hopital DOLE Chambre/SdB Puissance dissipée		
Heure	Lun Watts	Mar Watts	Mer Watts	Jeu Watts	Ven Watts	Sam Watts	Dim Watts
0-1h	70	70	70	70	70	70	70
1-2h	70	70	70	70	70	70	70
2-3h	70	70	70	70	70	70	70
3-4h	70	70	70	70	70	70	70
4-5h	70	70	70	70	70	70	70
5-6h	70	70	70	70	70	70	70
6-7h	100	100	100	100	100	100	100
7-8h	100	100	100	100	100	100	100
8-9h	100	100	100	100	100	100	100
9-10h	100	100	100	100	100	100	100
10-11h	100	100	100	100	100	100	100
11-12h	100	100	100	100	100	100	100
12-13h	300	300	300	300	300	300	300
13-14h	300	300	300	300	300	300	300
14-15h	300	300	300	300	300	300	300
15-16h	100	100	100	100	100	100	100
16-17h	100	100	100	100	100	100	100
17-18h	100	100	100	100	100	100	100
18-19h	100	100	100	100	100	100	100
19-20h	300	300	300	300	300	300	300
20-21h	300	300	300	300	300	300	300
21-22h	300	300	300	300	300	300	300
22-23h	300	300	300	300	300	300	300
23-24h	70	70	70	70	70	70	70

➤ **Faux plafond :** pas de faux-plafond.

2.2. Récapitulatif des données pour l'étude thermique dynamique :

ETAT	COMPOSITION	R m².K/W	U W/m².K	OCCUPATION	OCCULTATION	APPORTS INTERNES	VENTILATION
Actuel	Mur chambre	1.39	0.72	1 personne 7j/7 24h/24	Stores fermés de 20h à 7h	70W de 23h à 6h 100W de 6h à 12h et de 15h à 19h 300W de 12h à 15h et de 19h à 23h	Double flux sans récupération Qv=60 m3/h
	Mur SdB	1.38	0.72				
	Plancher bas / Extérieur	0.11	9.1				
Actuel Variante 1 Variante 2	Mur intérieur_1	0.09	11.1				
Actuel Variante 1 Variante 2	Mur intérieur_2	0.04	25				
Actuel	Plancher bas / Archives	0.11	9.1				
	Plancher intermédiaire	0.11	9.1				
	Toiture Terrassons	0.91	1.10				
	Toiture / Vide Technique R+6	0.11	9.1				
	Fenêtre Chambre		3.31				
	Fenêtre SdB		4.88				
Variante 1	Mur chambre	3.60	0.28	1 personne 7j/7 24h/24	Stores fermés de 20h à 7h	70W de 23h à 6h 100W de 6h à 12h et de 15h à 19h 300W de 12h à 15h et de 19h à 23h	Double flux 80% de récupération Qv=60 m3/h à Tsoufflage = 17°C
	Plancher bas / Extérieur	3.68	0.27				
Variante 1	Toiture Terrassons	5.99	0.17				
Variante 2	Fenêtre Chambre / SdB		1.70				
Variante 2	Mur chambre	7.03	0.14				
	Fenêtre Chambre / SdB		1.20				

2.3. Critères de confort

Nous considérons que le seuil d'inconfort est atteint en été pour une température d'air supérieure à 28°C avec une vitesse d'air inférieure à 0,1 m/s. Pour apprécier les résultats, nous nous basons sur le nombre d'heures annuelles de dépassement de 28°C. Nous considérons également la température maxi intérieure atteinte et son heure correspondante.

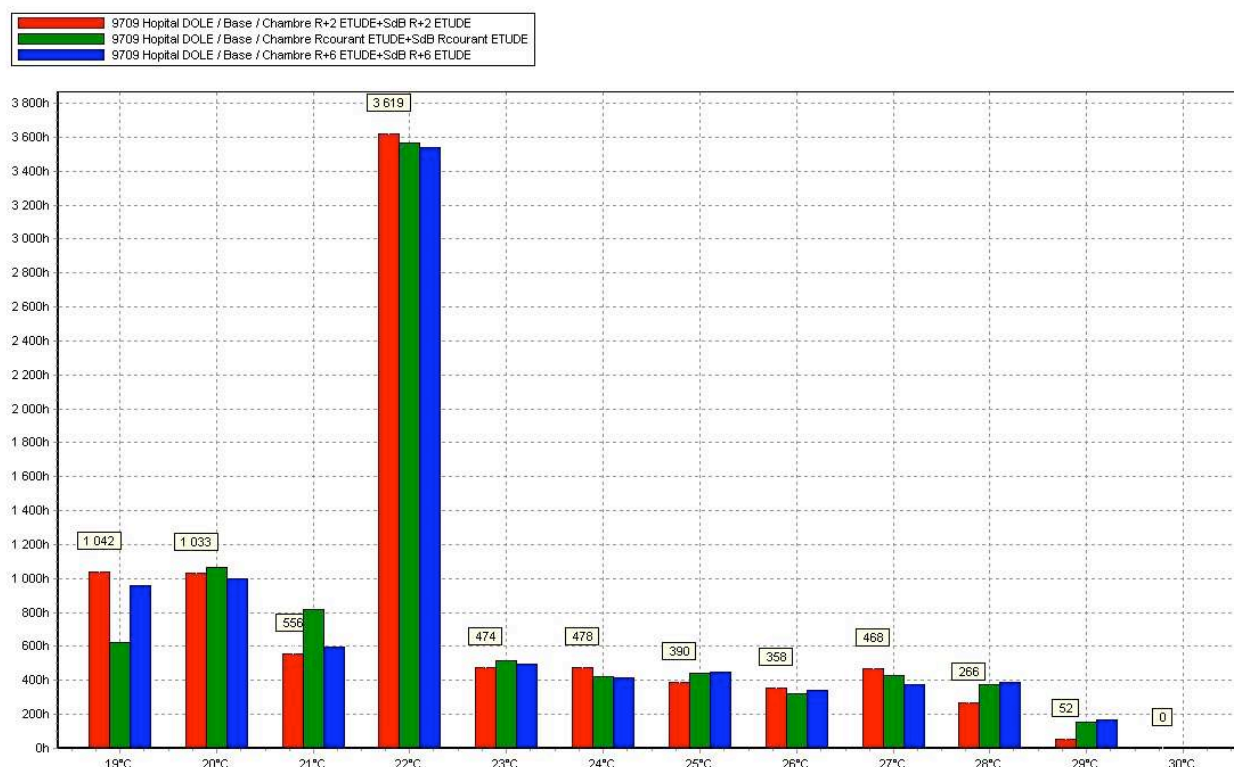
2.4. Résultats pour les chambres situées au Sud-Ouest :

Dans cette partie, nous analysons les nombres d'heures cumulées en fonction des températures intérieures ressenties dans les chambres situées au sud-ouest sur les 3 niveaux représentatifs R+2, Rcourant et R+6 dans les 3 cas étudiés sur une année entière.

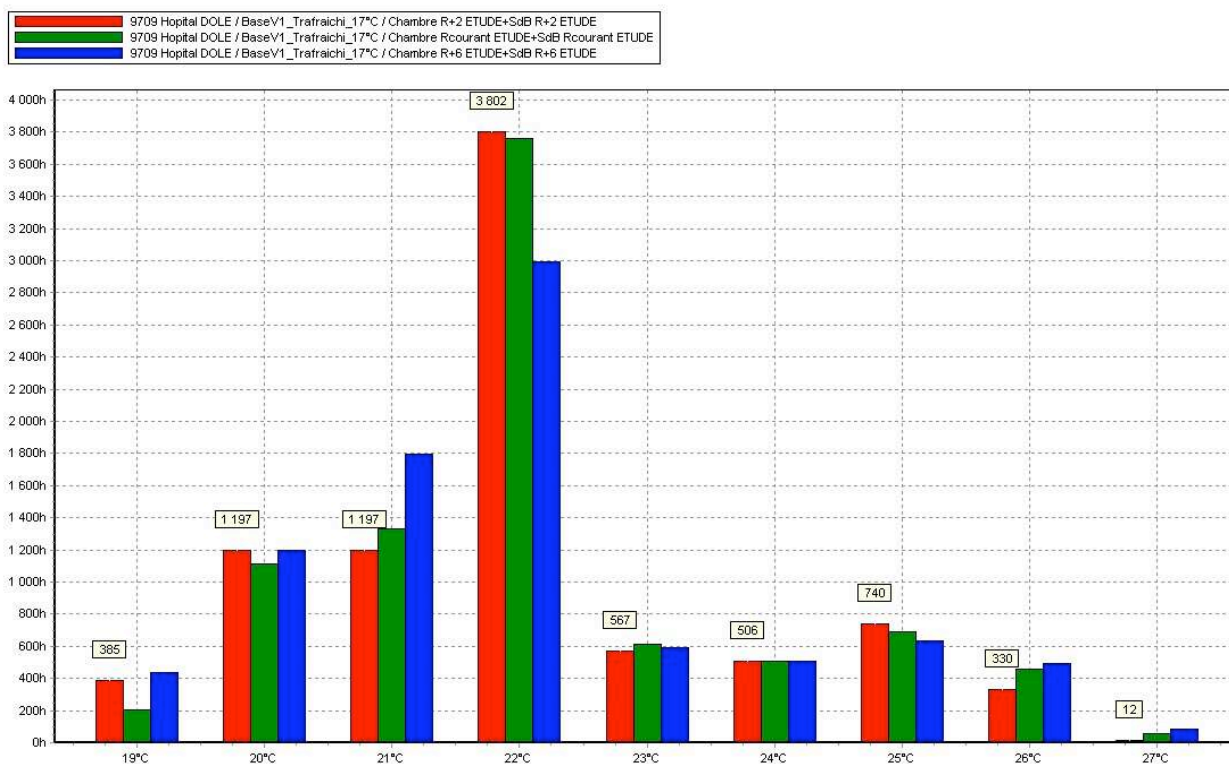
Afin de mieux comprendre ces histogrammes, nos consignes de température dans les chambres ont été établies de la manière suivante :

- Température intérieure souhaitée (période de jour) de 7h à 20h = 22°C
- Température intérieure souhaitée (période de nuit) de 20h à 7h = 19°C

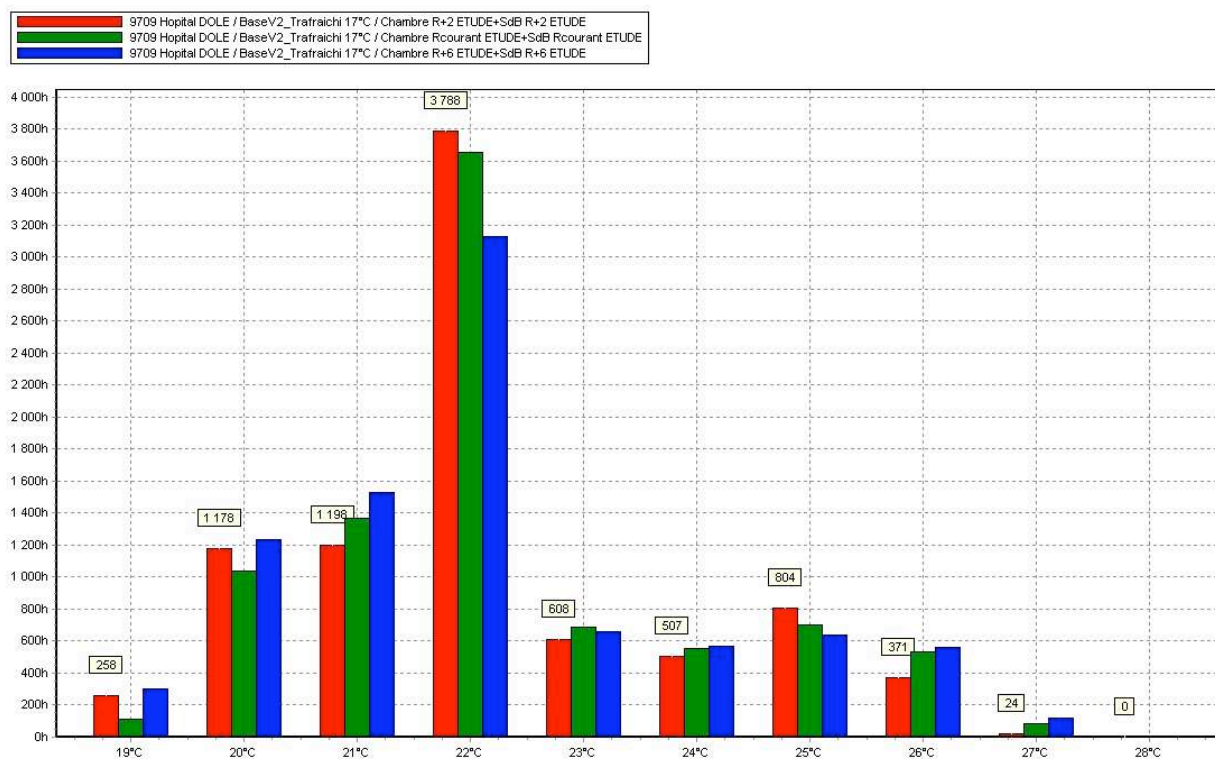
2.4.1. HEURES CUMULEES



Histogramme Nombres d'heures en fonction des températures intérieures (BASE)



Histogramme Nombres d'heures en fonction des températures intérieures (Variante 1)



Histogramme Nombres d'heures en fonction des températures intérieures (Variante 2)

Voici ci-après un tableau récapitulatif des heures où le seuil d'inconfort est atteint pour différentes situations d'une chambre en fonction de chaque état :

Etat	Chambre	Nb d'heures annuel de dépassement de 28°C	Température intérieure maxi atteinte
Actuel	CH R+2	318 h	29,8°C
	CH Rcourant	532 h	30,3°C
	CH R+6	569 h	30,4°C
Variante 1	CH R+2	0 h	27,5°C
	CH Rcourant	0 h	27,7°C
	CH R+6	0 h	27,9°C
Variante 2	CH R+2	0 h	27,5°C
	CH Rcourant	0 h	27,8°C
	CH R+6	1 h	28,0°C

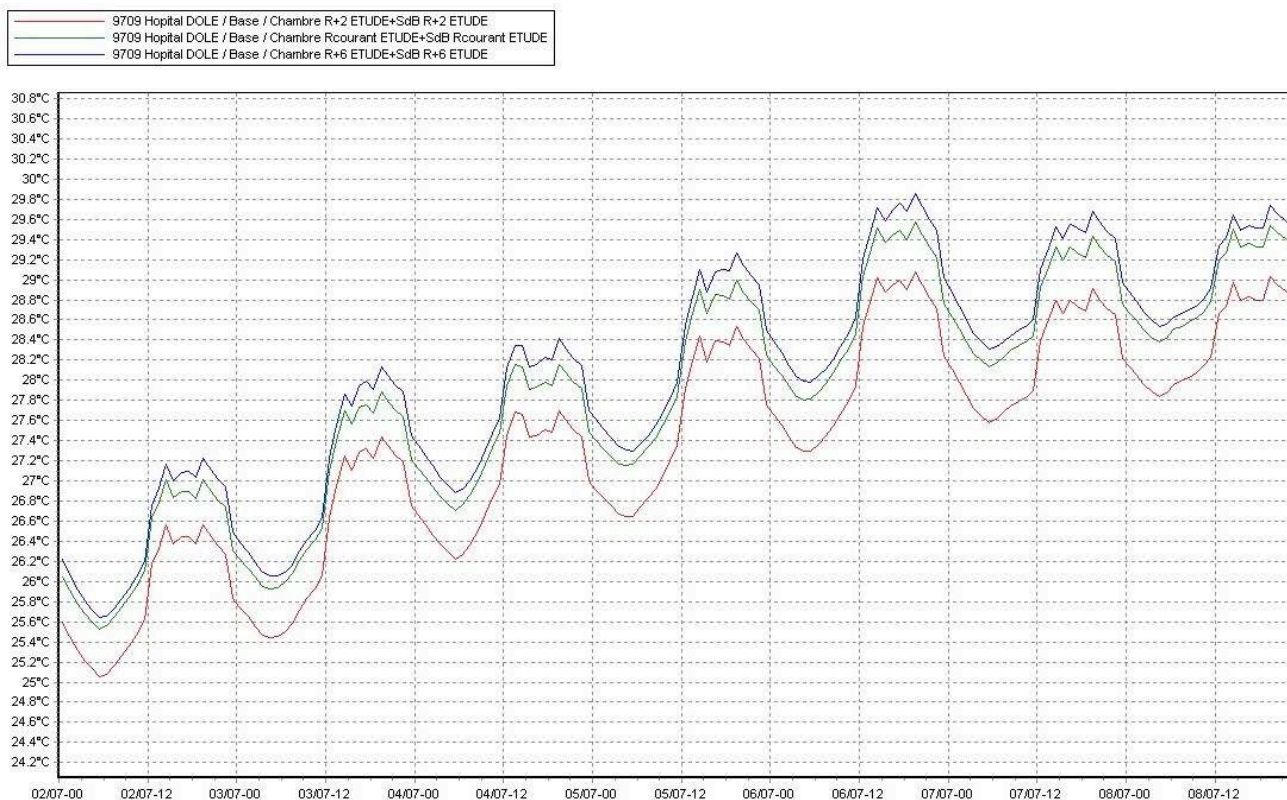
Nous remarquons que dans l'état actuel, l'hôpital possède d'importantes périodes de surchauffe pendant les périodes estivales. En effet le seuil d'inconfort dans les chambres varie entre 318h pour les chambres situées au R+2 jusqu'à 569h pour les chambres situées au dernier niveau avec des températures intérieures maximales atteignant les 30°C.

Lors de l'amélioration de l'enveloppe du bâtiment associé à une ventilation double flux rafraîchit, le seuil d'inconfort n'est quasi voire jamais atteint et les températures intérieures maximales sont comprises entre 27,5 et 28°C.

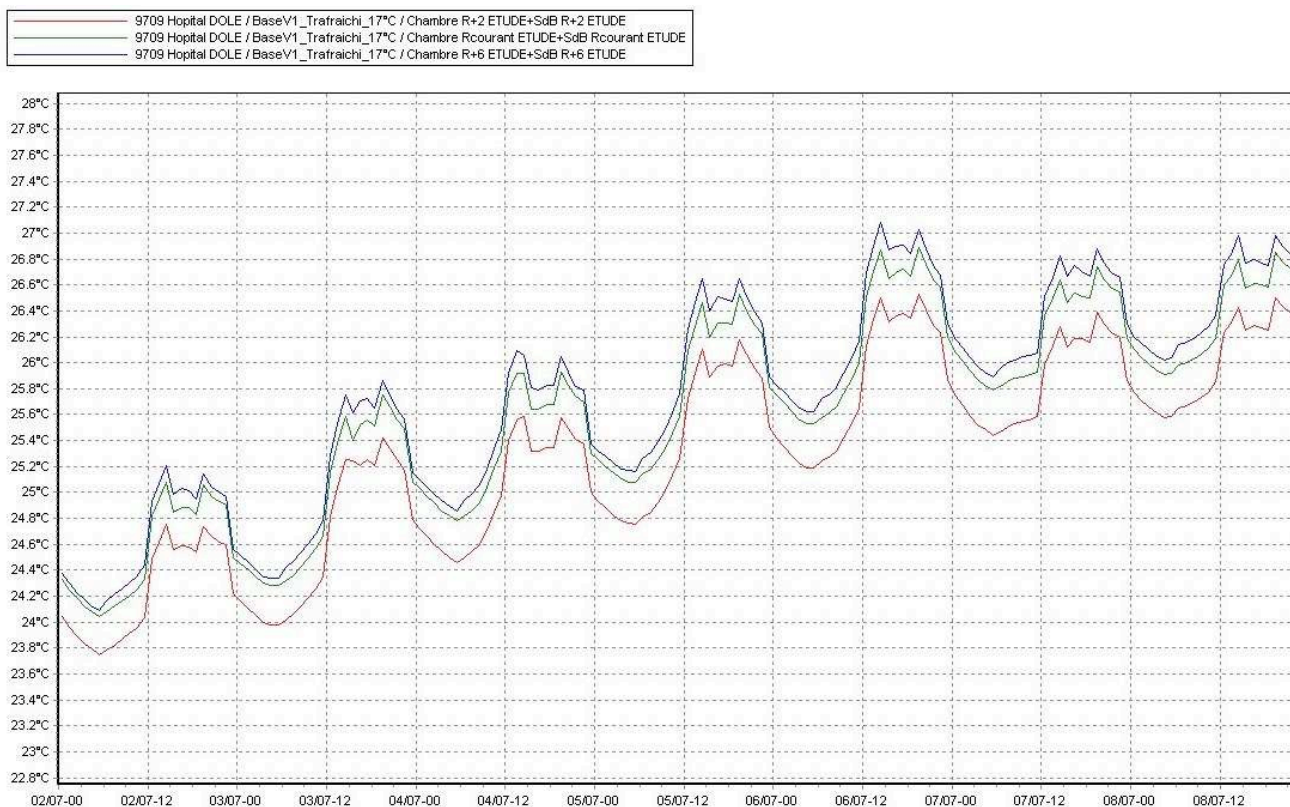
2.4.2. COURBES DE TEMPERATURE SUR UNE SEMAINE « CHAUDE »

Pour analyser l'influence des éventuelles surchauffes dans les chambres de l'hôpital, nous avons simulé une chambre sur les 3 niveaux représentatifs R+2, Rcourant et R+6 dans les 3 cas étudiés sur la semaine la plus chaude de l'année.

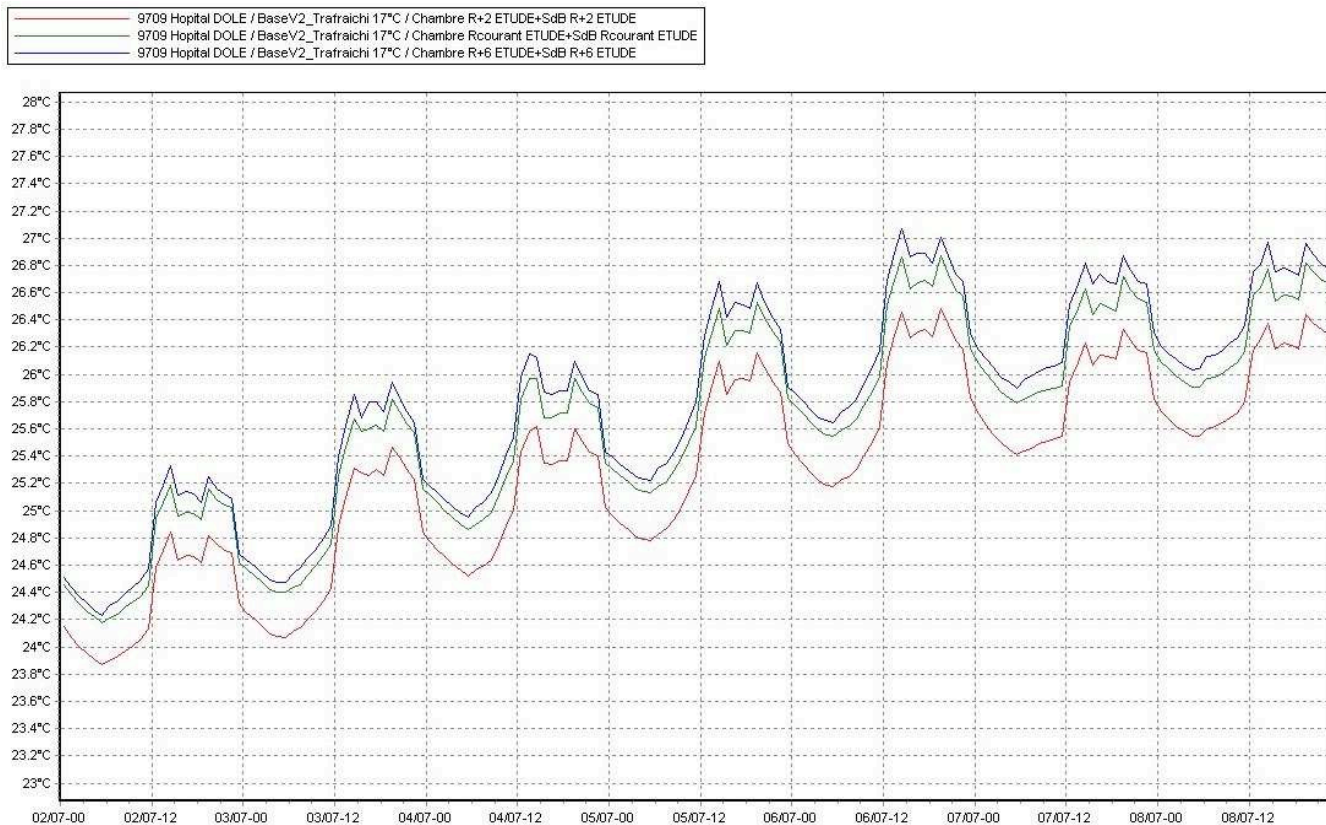
Evolution de la température pour une chambre dans la version de **Base** au R+2, Rcourant et R+6 :



Evolution de la température pour une chambre dans la version **Variante 1** au R+2, Rcourant et R+6 :



Evolution de la température pour une chambre dans la version **Variante 2** au R+2, Rcourant et R+6 :

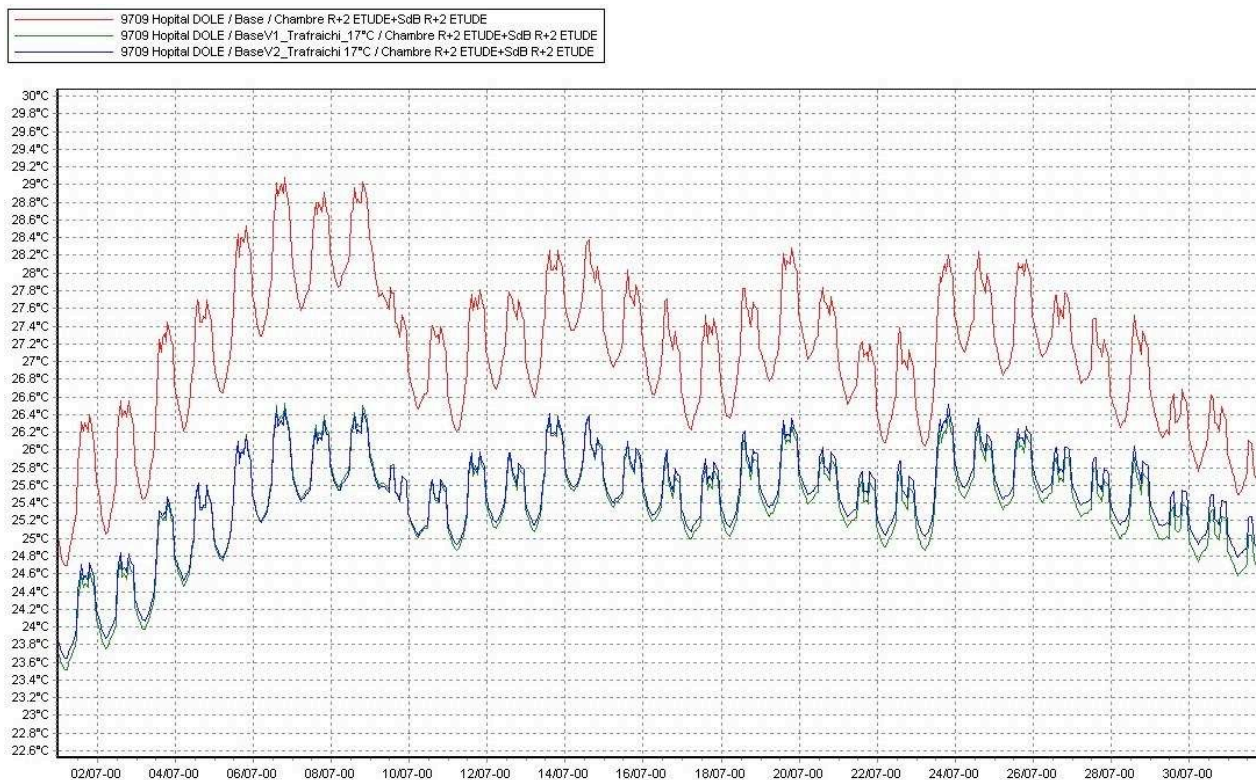


Ces courbes de température permettent d'identifier l'évolution de la température intérieure entre les différents étages. En effet, nous constatons que les températures intérieures dans une chambre située au R+2 (cf. courbes rouge) c'est-à-dire au niveau le plus bas sont légèrement plus faibles que celles aux niveaux supérieurs. En outre, ces températures atteignent leur maximum au niveau le plus haut c'est-à-dire au R+6 (cf. courbes bleues).

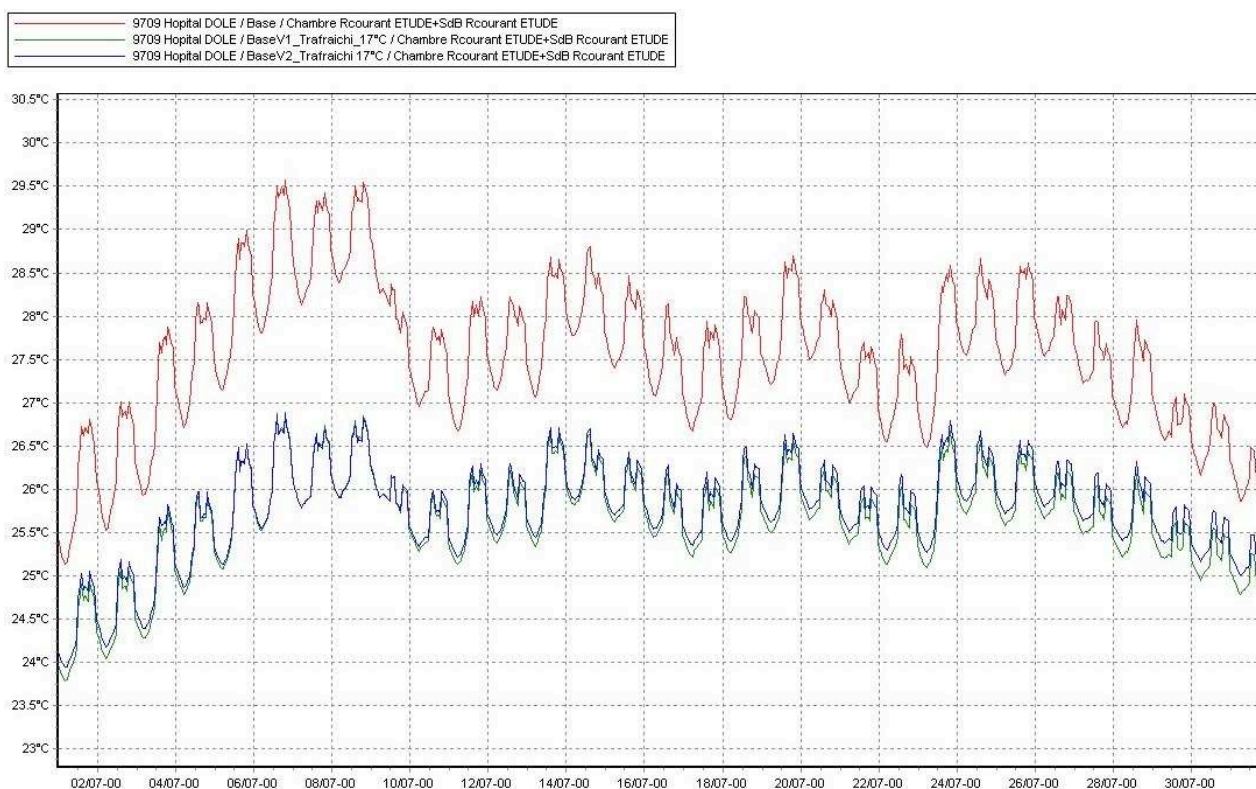
2.4.3. COURBES DE TEMPERATURE D'UNE MEME CHAMBRE PAR RAPPORT AUX 3 VARIANTES ETUDIEES SUR LE MOIS DE JUILLET

Dans cette sous partie, nous avons comparé une chambre sur chaque niveau R+2, Rcourant et R+6 en fonction des 3 cas étudiées sur tout un mois de Juillet.

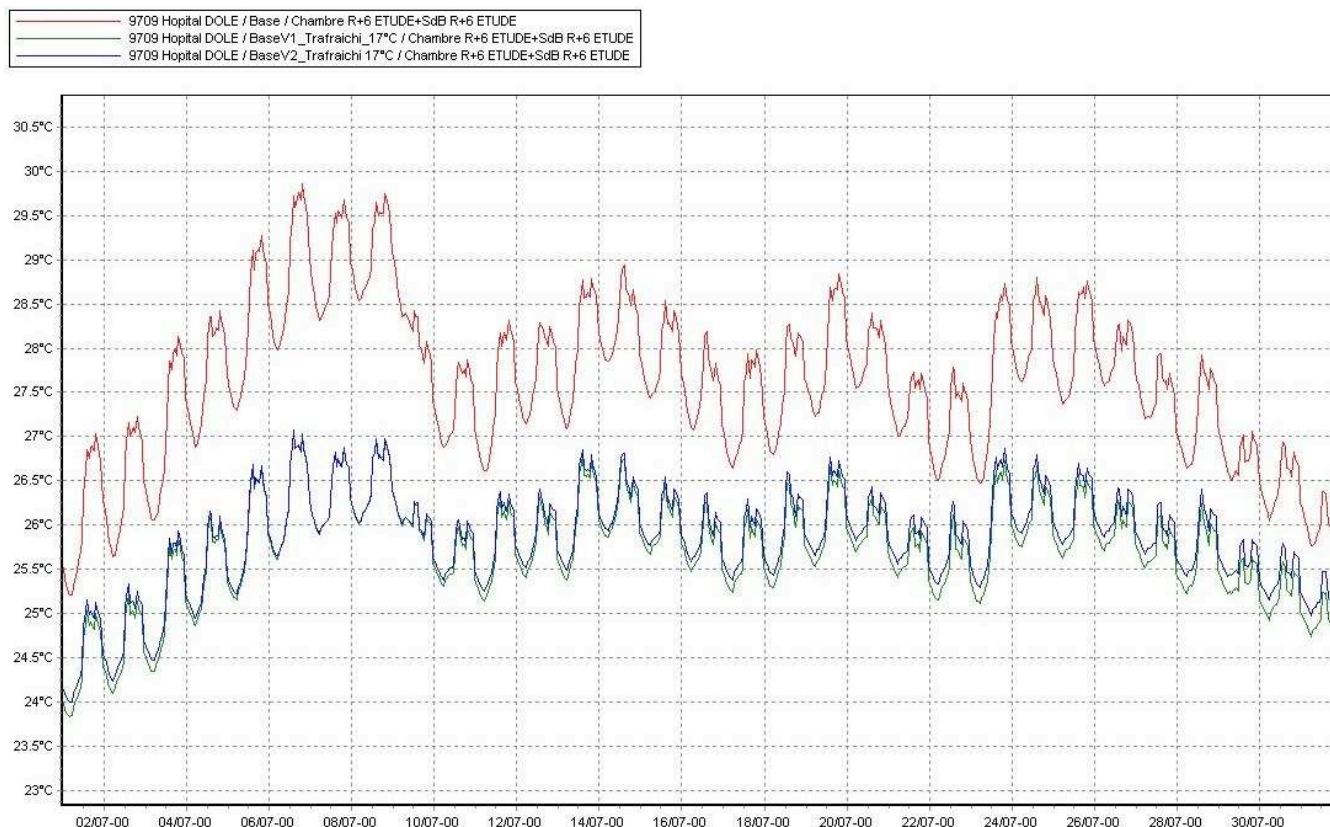
Evolution de la température pour une chambre située au R+2 :



Evolution de la température pour une chambre située au Rcourant :



Evolution de la température pour une chambre située au R+6 :



Nous remarquons dans l'état actuel la température intérieure peut atteindre des valeurs dépassant les 30°C au niveau R+6.

Lors des variantes 1 et 2, l'amélioration de l'enveloppe du bâtiment est significative par rapport à l'état initial. En effet, du fait d'isoler à l'extérieur nous apportons une forte inertie intérieure permettant d'augmenter le déphasage thermique et donc d'abaisser la température intérieure lors des périodes estivales. De plus, l'insufflation d'air rafraîchit dans les chambres à une température de soufflage de 17°C limite également les périodes de surchauffe.

Nous constatons également que les températures intérieures entre la variante 1 et la variante 2 sont quasi semblables voire même à peine plus défavorables dans la variante 2. Cette différence reste très minime, quelque 1/10^{ème} de degrés de variation.

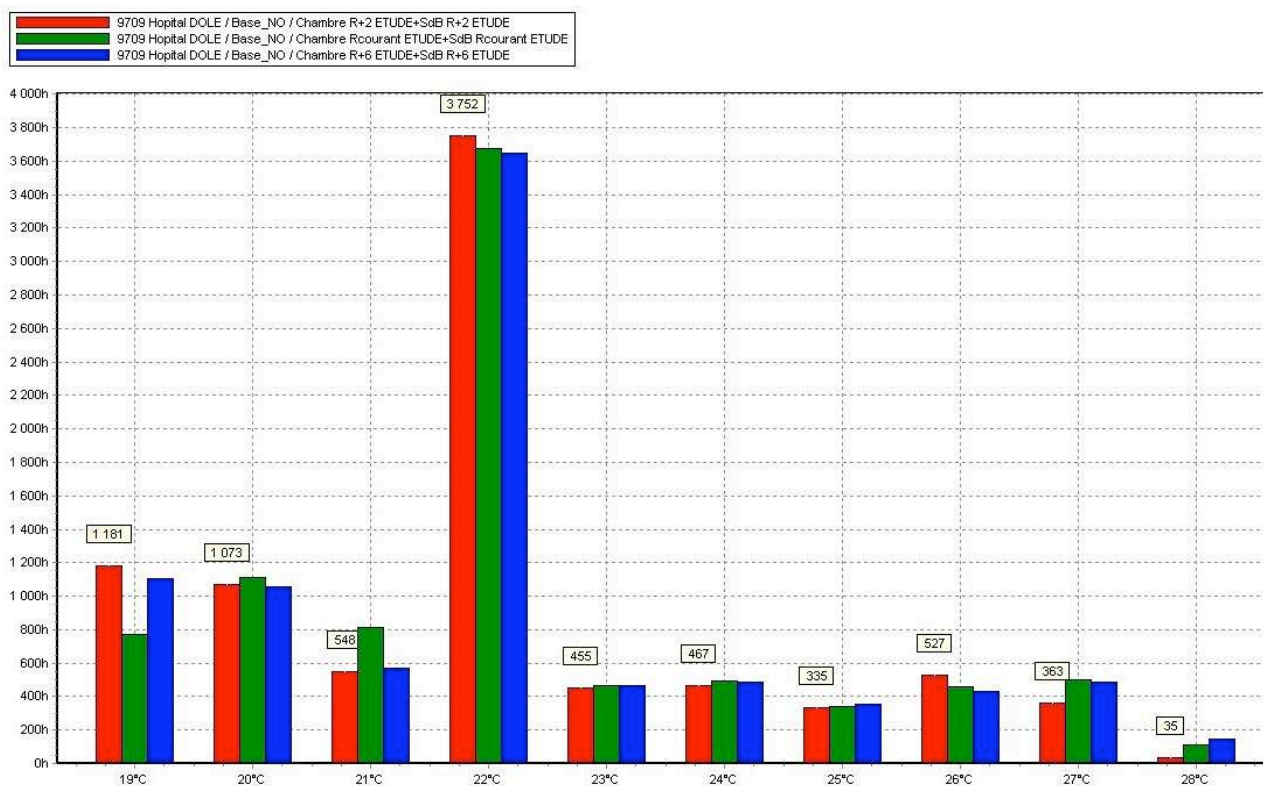
En effet, il faut comprendre que plus l'enveloppe d'un bâtiment est performante et étanche, plus les charges internes ont de la difficulté à s'évacuer car la chaleur reste prisonnière à l'intérieur du bâtiment. Si cela représente un avantage incontestable en période hivernale, ceci peut devenir l'inverse en période estivale.

Les charges internes dans une chambre cumulées par l'occupant, l'éclairage et les appareils de télévision représentent une puissance dégagée totale de 15 à 20 W/m² au maximum.

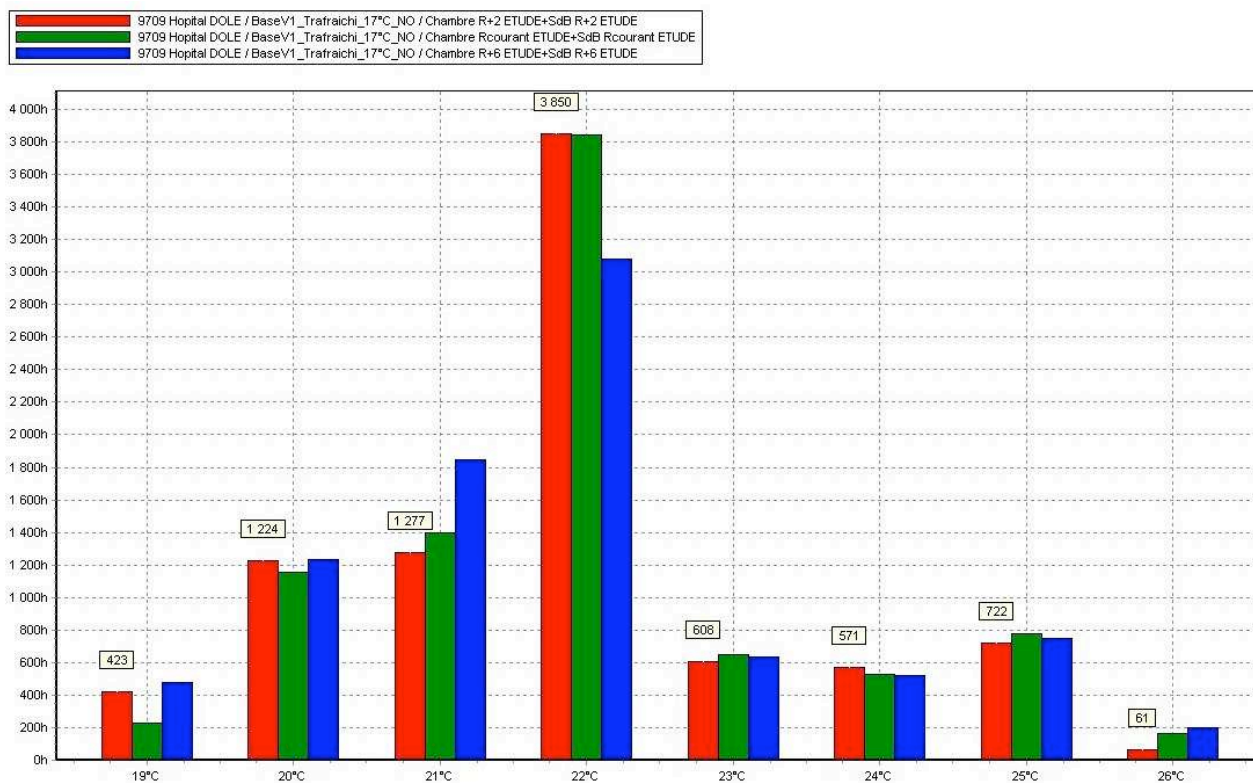
2.5. Résultats pour les chambres situées au Nord-Ouest :

Comme pour les chambres situées au sud-ouest, nous avons réalisé les mêmes simulations afin de comparer les valeurs obtenues pour une situation défavorisée (exposition sud-ouest) et une situation plutôt favorisée (exposition nord-ouest).

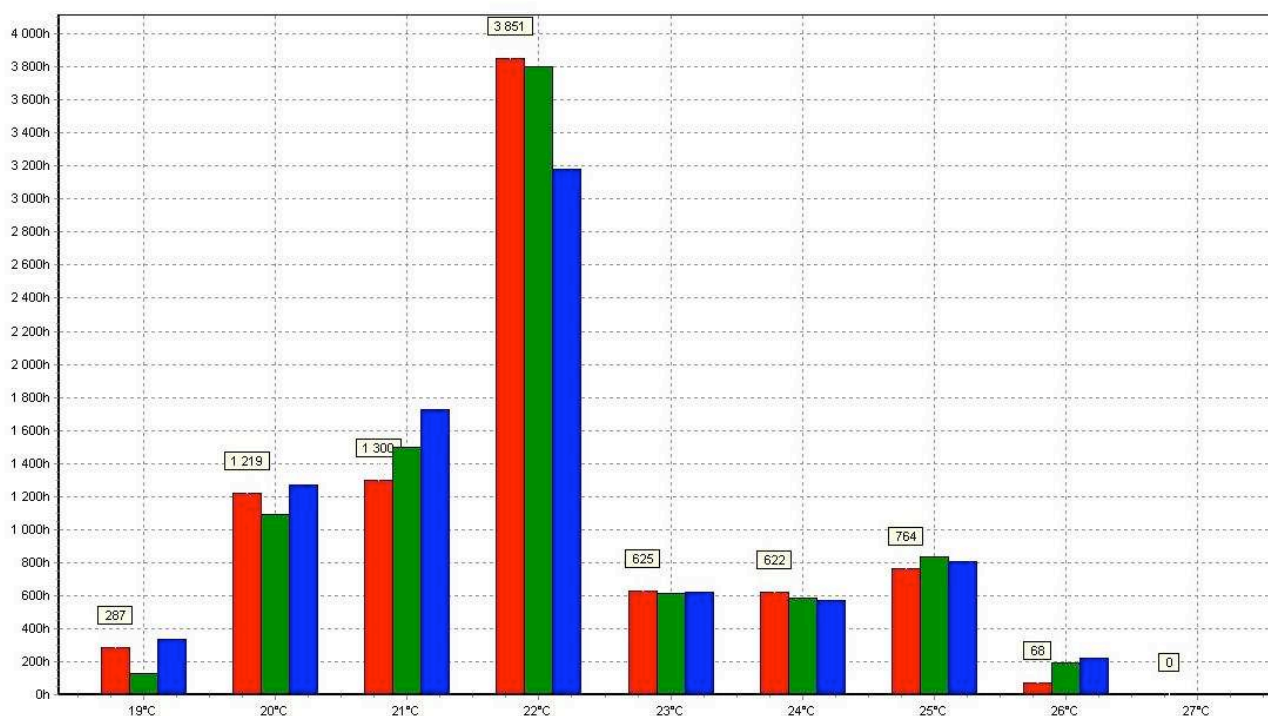
2.5.1. HEURES CUMULEES



Histogramme Nombres d'heures en fonction des températures intérieures (BASE)



Histogramme Nombres d'heures en fonction des températures intérieures (Variante 1)



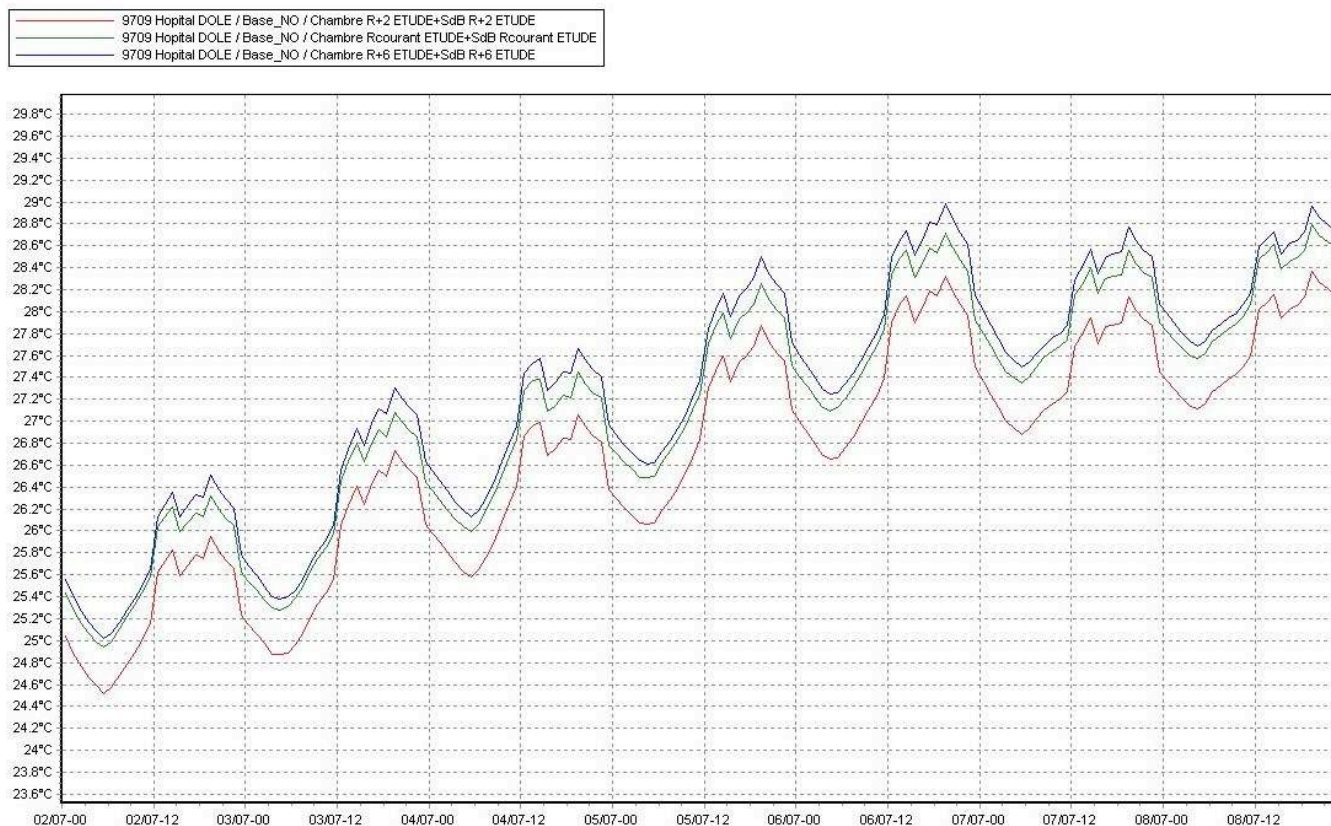
Histogramme Nombres d'heures en fonction des températures intérieures (Variante 2)

Voici ci-après un tableau récapitulatif des heures où le seuil d'inconfort est atteint pour les différentes situations d'une chambre en fonction de chaque état :

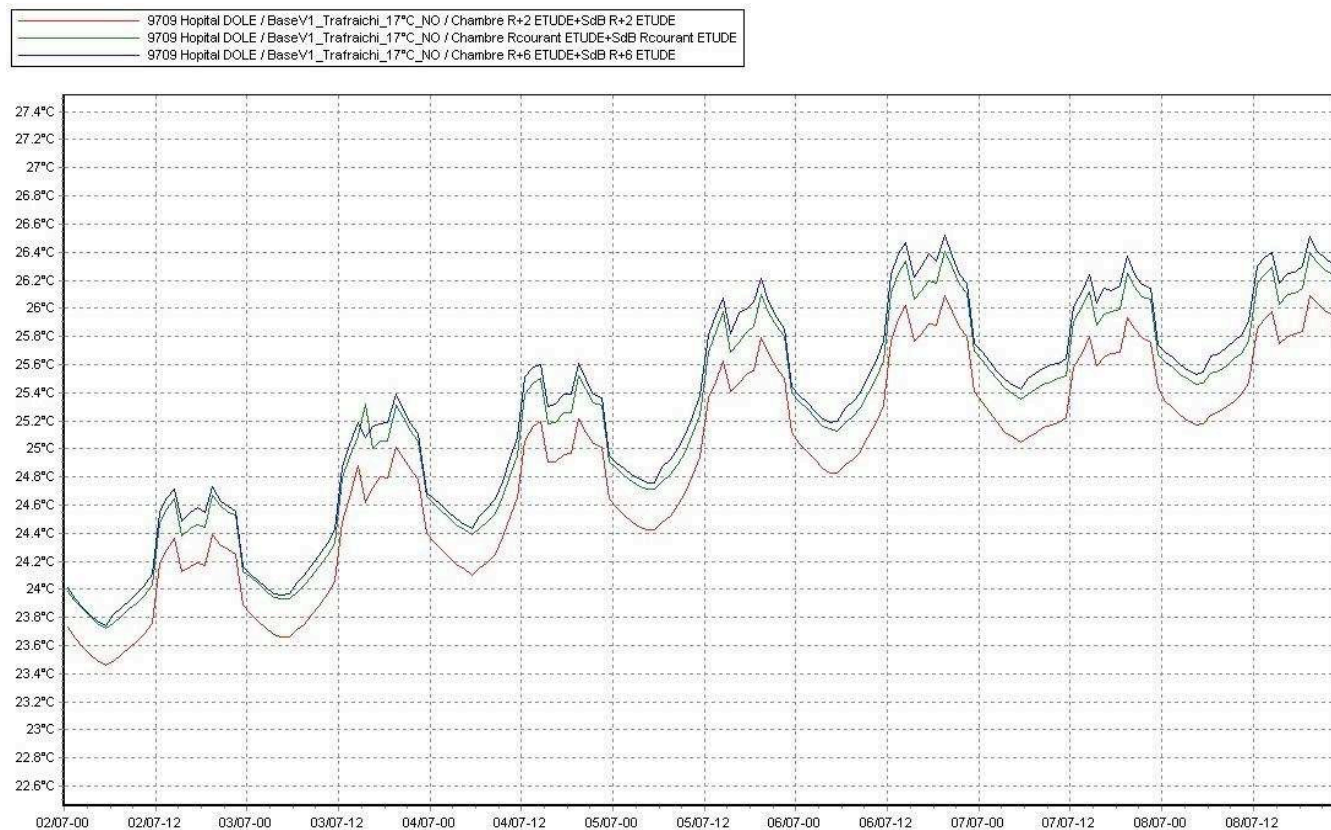
Etat	Chambre	Nb d'heures annuel de dépassement de 28°C	Température intérieure maxi atteinte
Actuel	CH R+2	35 h	28,5°C
	CH Rcourant	110 h	28,8°C
	CH R+6	146 h	29,0°C
Variante 1	CH R+2	0 h	26,7°C
	CH Rcourant	0 h	26,9°C
	CH R+6	0 h	27,0°C
Variante 2	CH R+2	0 h	26,7°C
	CH Rcourant	0 h	26,9°C
	CH R+6	0 h	27,0°C

2.5.2. COURBES DE TEMPERATURE SUR UNE SEMAINE « CHAUDE »

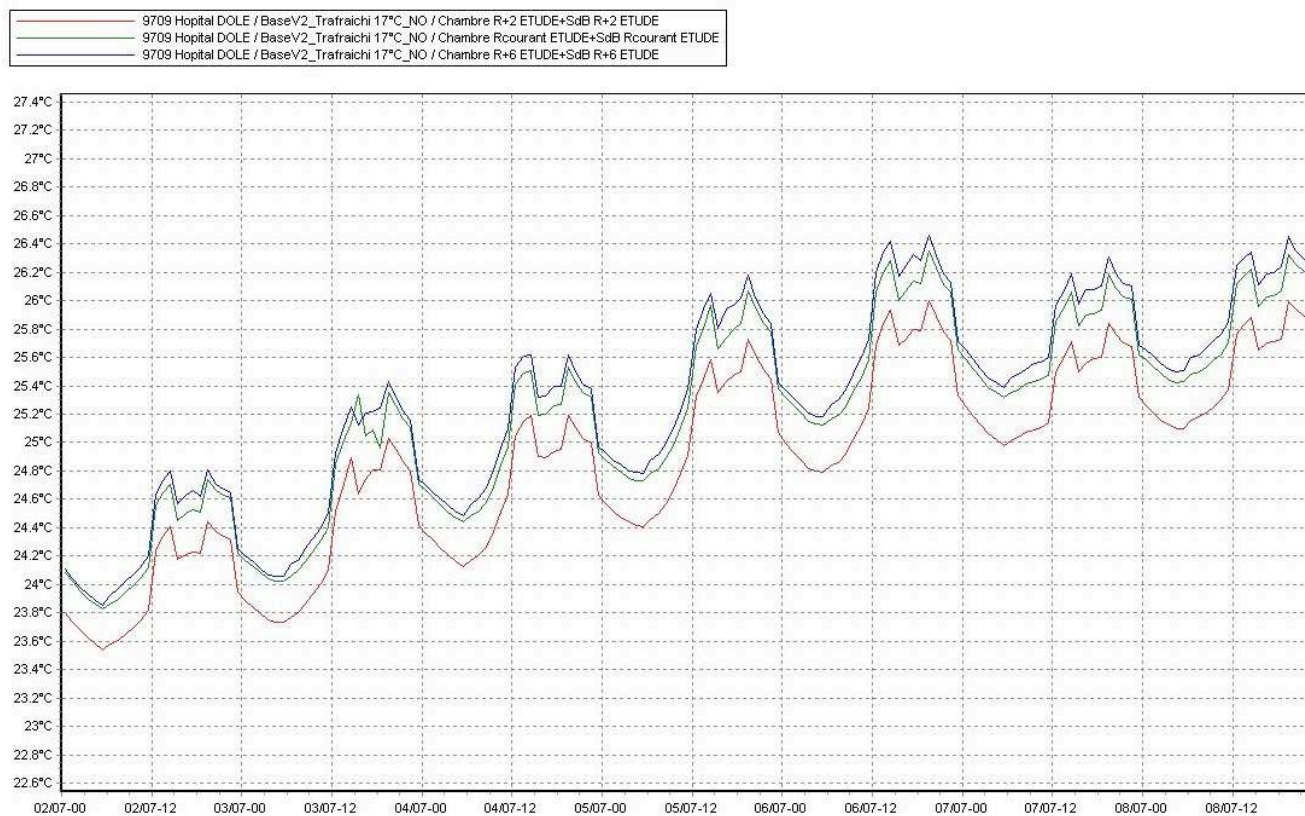
Evolution de la température pour une chambre dans la version de Base au R+2, Rcourant et R+6 :



Evolution de la température pour une chambre dans la version Variante 1 au R+2, Rcourant et R+6 :



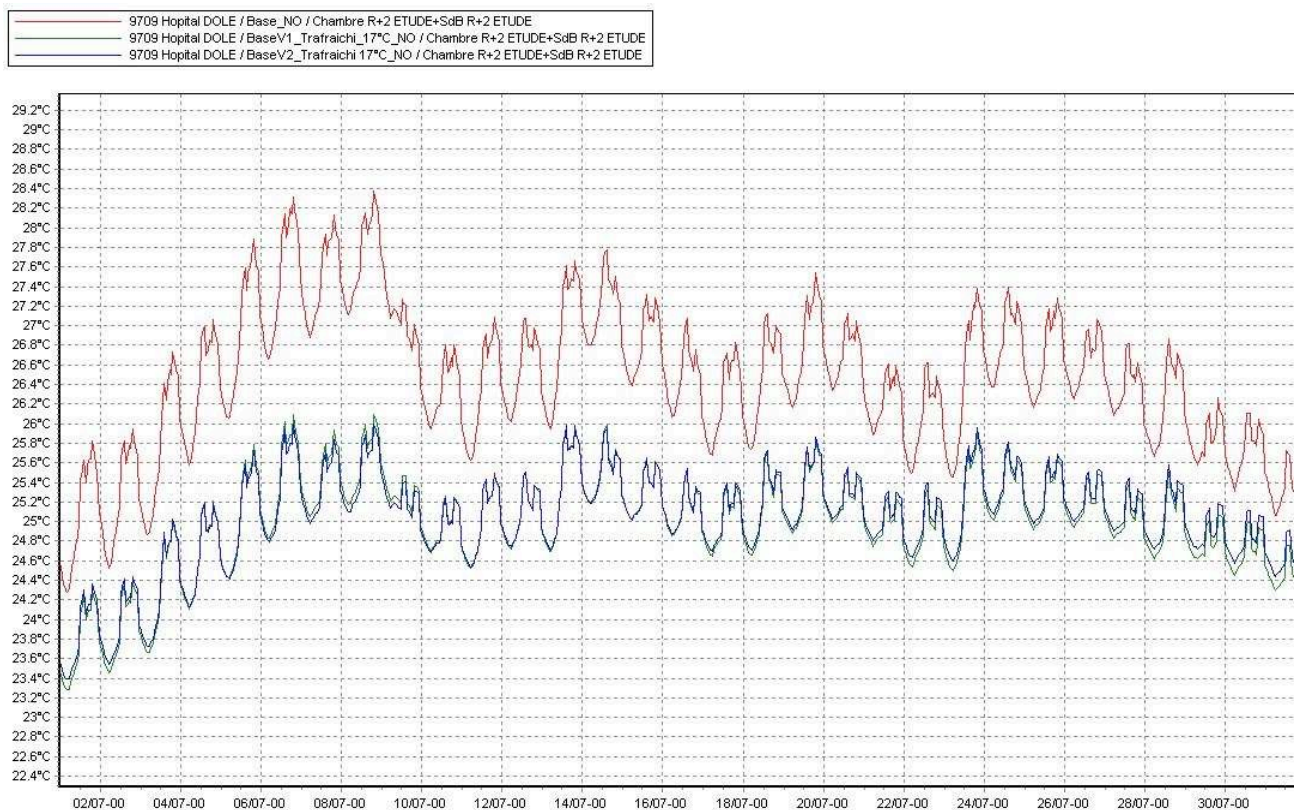
Evolution de la température pour une chambre dans la version Variante 2 au R+2, Rcourant et R+6 :



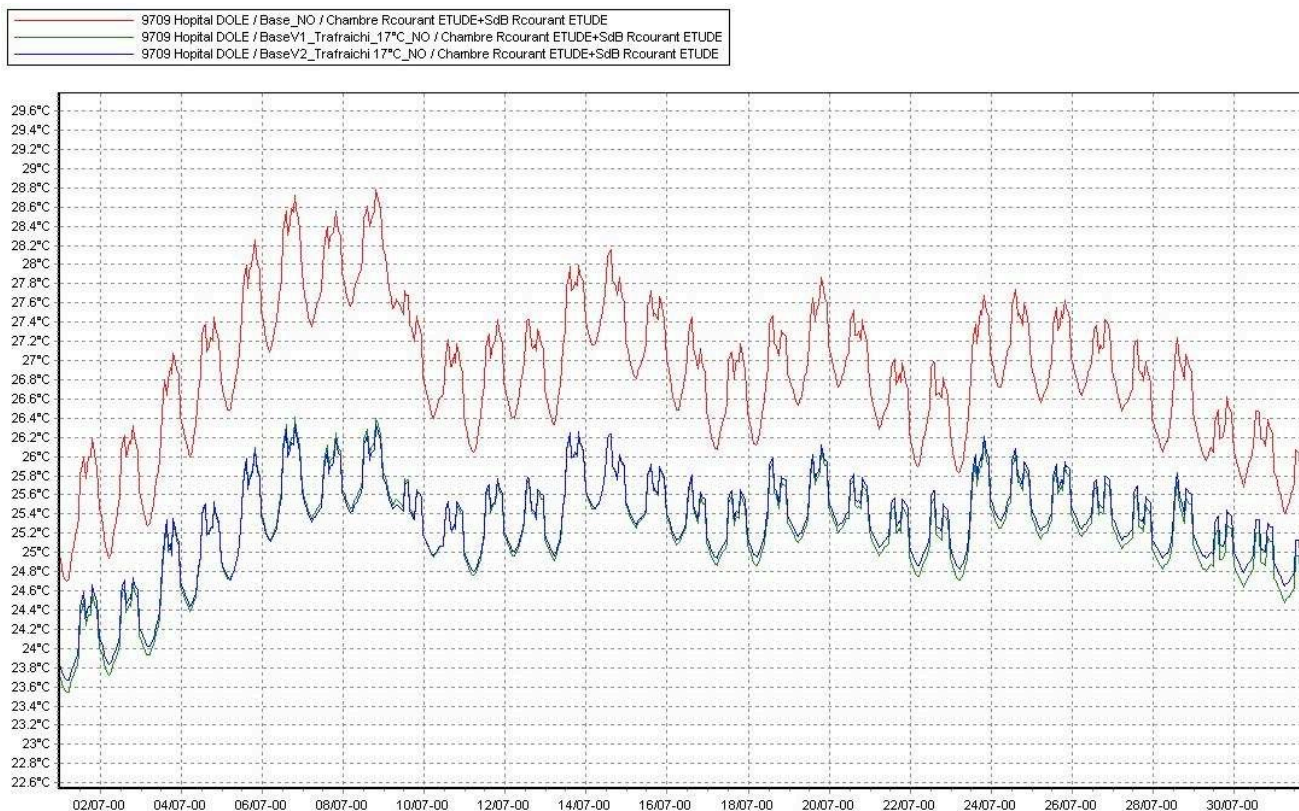
Les résultats obtenus suivent la même logique que dans le cas d'une exposition sud-ouest mis à part que les températures soient légèrement plus basses vu que les chambres sont exposés au nord-ouest.

2.5.3. COURBES DE TEMPERATURE D'UNE MEME CHAMBRE PAR RAPPORT AUX 3 VARIANTES ETUDIEES SUR LE MOIS DE JUILLET

Evolution de la température pour une chambre située au R+2 :

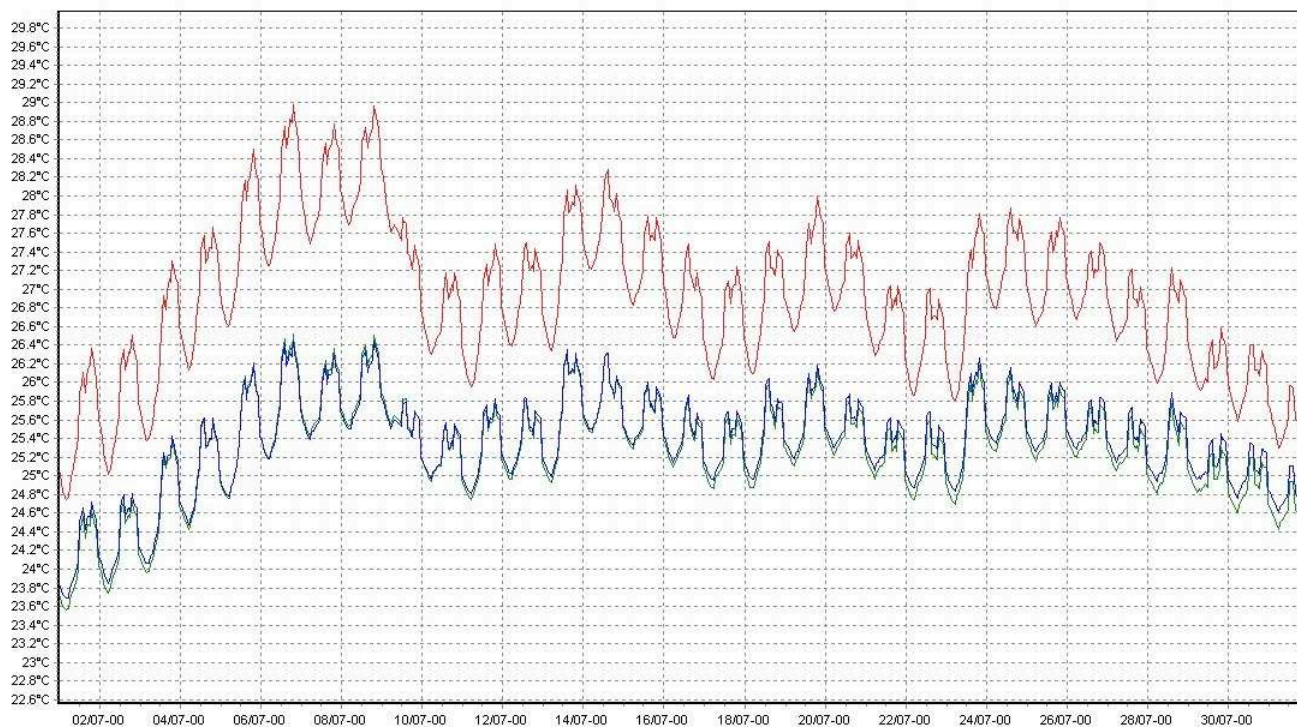


Evolution de la température pour une chambre située au Rcourant :



Evolution de la température pour une chambre située au R+6 :

—	9709 Hopital DOLE / Base_NO / Chambre R+6 ETUDE+SdB R+6 ETUDE
—	9709 Hopital DOLE / BaseV1_Trafraichi_17°C_NO / Chambre R+6 ETUDE+SdB R+6 ETUDE
—	9709 Hopital DOLE / BaseV2_Trafraichi 17°C_NO / Chambre R+6 ETUDE+SdB R+6 ETUDE



3. CONCLUSION

En préambule, nous rappelons, que les simulations ont été effectuées avec un renouvellement d'air hygiénique, correspondant à une position des ouvrants normalement fermés.

La comparaison des résultats de la simulation thermique dynamique entre les différentes chambres apporte les enseignements suivants :

- L'importance de l'inertie pour le maintien d'un confort d'été suffisant en stockant un maximum de chaleur afin d'éviter les surchauffes trop importantes.
- Le faible apport de gain entre la variante 1 et la variante 2 pour le confort d'été.
- La nécessité de mettre en place un rafraîchissement en fonctionnement permanent avec une température de soufflage à 17°C lorsque l'accumulation de la chaleur thermique dans la masse lourde est saturée.

Ces différents résultats nous ont permis également de se rendre compte des différences de température intérieure entre une chambre exposée au sud-ouest et une chambre exposée au nord-ouest mais aussi la différence entre une chambre située au R+2 qui est légèrement plus favorisée qu'une chambre située au R+6 pour le confort d'été.

Globalement, on constate que le dispositif de rafraîchissement permanent à température de soufflage de 17°C associé à la présence d'une importante inertie dans l'ensemble des chambres de l'hôpital est indispensable et efficace tel que défini pour maintenir des conditions de confort acceptable.