

MAITRE D'OUVRAGE



CENTRE HOSPITALIER UNIVERSITAIRE DE BREST
Direction des Achats et de la Logistique
2 Avenue Foch
29609 BREST CEDEX
Tel. : 02 98 22 33 33

OPÉRATION

**C.H.U. DE BREST
SITE LA CAVALE BLANCHE
RESTRUCTURATION POLE 4 NIVEAU 3
SERVICE HEMODIALYSES**



**SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE
PHASE DCE
NOVEMBRE 2025**

MAITRISE D'OEUVRE

ARCHITECTE MANDATAIRE
COLLECTIF D'ARCHITECTES
20 Quai Malbert
29200 BREST
Tel : 02 98 33 11 99
Email : ca-brest@collectif-architectes.fr

BET STRUCTURE THERMIQUES FLUIDES
ECONOMISTE
OTEIS
10 Parc de Brocéliande
35760 SAINT-GREGOIRE
Tel : 02 99 23 45 67
Email : rennes@oteis.fr

INDICE	DATE	OBJET	EMETTEUR	APPROBATEUR
00	27/06/2025	Création du document	Jenny LE ROUX Ingénieure Etudes thermiques et énergétiques	Johann BERNARD Chef de projet
01	24/09/2025	§4.2 Variantes	Jenny LE ROUX Ingénieure Etudes thermiques et énergétiques	Johann BERNARD Chef de projet
02	03/10/2025	§4.3 Etude chambres façade SE	Jenny LE ROUX Ingénieure Etudes thermiques et énergétiques	Johann BERNARD Chef de projet
03	22/10/2025	§4.3 Etude chambres façade SE	Jenny LE ROUX Ingénieure Etudes thermiques et énergétiques	Johann BERNARD Chef de projet
04	06/11/2025	§4.3.4	Jenny LE ROUX Ingénieure Etudes thermiques et énergétiques	Johann BERNARD Chef de projet

TABLE DES MATIÈRES

1.	PREAMBULE	4
1.1	PRESENTATION	4
1.2	LOGICIELS ET DOCUMENTS DE REFERENCE	4
2.	DONNEES ARCHITECTURALES	4
2.1	MODELISATION 3D	4
2.2	DEFINITION DES ZONES THERMIQUES	4
2.3	COMPOSITION DES PAROIS ET BAIES VITREES	6
2.3.1	Composition des parois	6
2.3.2	Menuiseries	6
3.	HYPOTHESES	6
3.1	METEOROLOGIE	6
3.2	HYPOTHESES DE FONCTIONNEMENT	7
3.2.1	Température de consigne	7
3.2.2	Scénarios d'occupation	7
3.2.3	Scénarios de puissance dissipée	8
3.2.4	Scénarios de ventilation	8
4.	CONFORT D'ETE DANS LES LOCAUX	9
4.1	SIMULATION 24/09/2025 – ENSEMBLE DES LOCAUX	9
4.2	VARIANTES 24/09/2025– ENSEMBLE DES LOCAUX	10
4.3	ETUDE DES CHAMBRES EN FAÇADE SUD-EST –22/10/2025	13
4.3.1	Etape 0 et Simulation n°1 Brise-soleils + soufflage rafraîchi jour/nuit	13
4.3.2	Simulations n°2/3 - orientation lames Brise-soleils	16
4.3.3	Simulation n°4 - Brise-soleils + soufflage rafraîchi jour (Text-5°C)	17
4.3.4	Simulations n°5 - Espacement lames Brise-soleils	19
4.4	CONCLUSION – CONFORT THERMIQUE	20

1. PREAMBULE

1.1 PRESENTATION

Cette étude est une Simulation Thermique Dynamique réalisée dans le cadre des travaux de Restructuration du Pôle 4 Niveau 3 du C.H.U. de BREST sur le site la Cavale Blanche à BREST (29).

L'objectif de cette étude est d'étudier le confort d'été des locaux.

1.2 LOGICIELS ET DOCUMENTS DE REFERENCE

La modélisation graphique 3D du bâtiment (à partir des plans de niveau et coupes Architecte) a été effectuée avec le logiciel PLEIADES par saisie des données géométriques de l'ensemble des parois du projet. Le projet a ensuite été exporté vers le logiciel PLEIADES + COMFIE (version 6.25.4.1) pour la Simulation Thermique Dynamique.

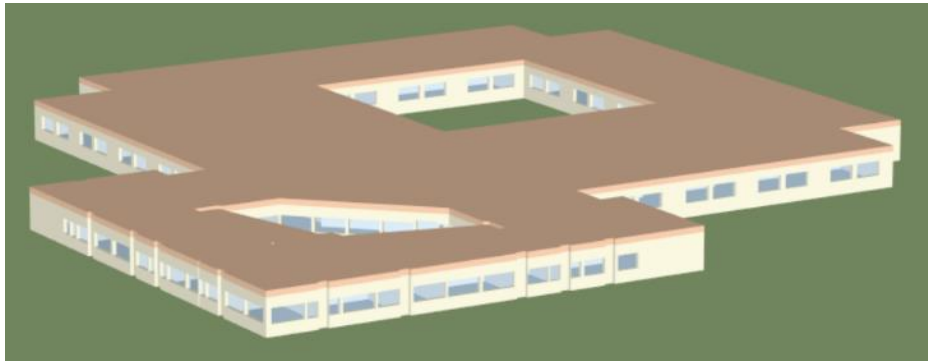
Dans le cadre de la présente étude, le bâtiment est saisi en prenant en compte les plans Architecte PRO de Juin 2025.

2. DONNEES ARCHITECTURALES

2.1 MODELISATION 3D

Le logiciel Alcyone permet de visionner le bâtiment en 3 dimensions.

Point de vue Est



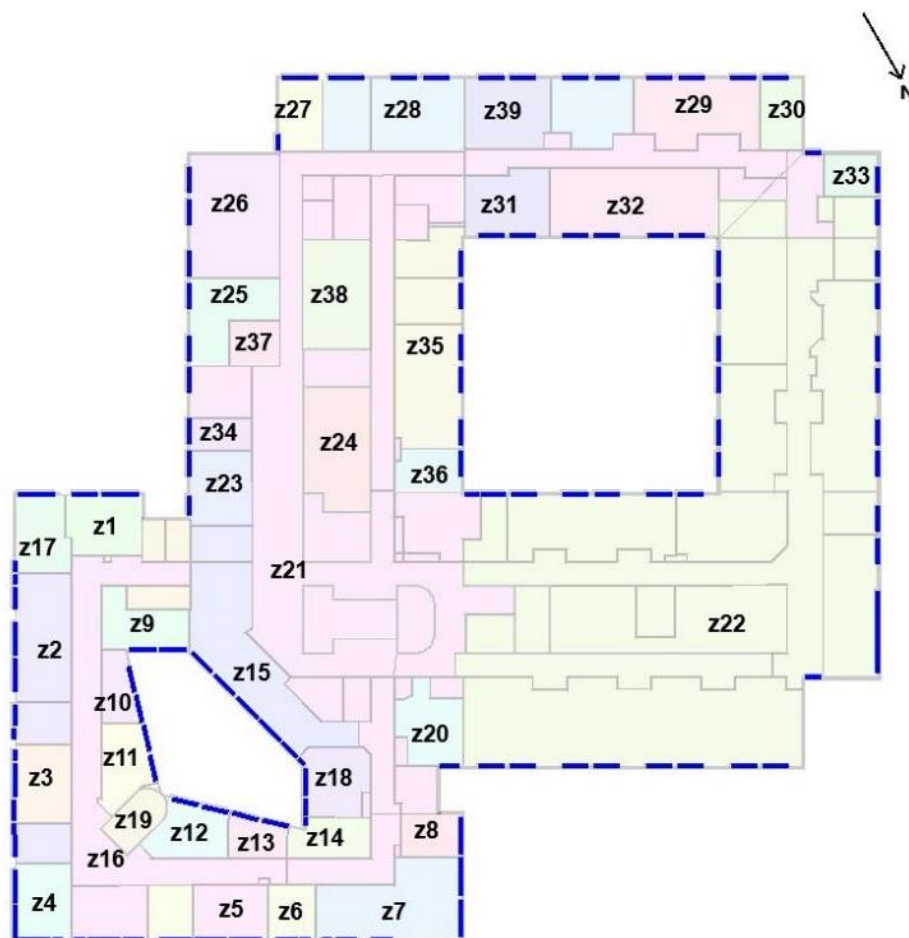
Nota : Les échanges entre le Niveau 3 et le niveau 2 sont considérés comme adiabatiques.

2.2 DEFINITION DES ZONES THERMIQUES

Le zonage thermique consiste à regrouper les pièces d'un même bâtiment ayant une exposition au soleil et un fonctionnement et/ou une utilisation identique.

La localisation des zones est présentée sur les plans ci-après.

La localisation des zones est présentée sur les plans ci-après.



z1 Chambre 2lits SO
z2 Chambre 1lit SE
z3 Chambre 2lits SE
z4 Chambre 2lits NE SE
z5 Chambre 2 lits NE
z6 Chambre 1lit NE
z7 Chambre 5lits NE NO
z8 Chambre 1lit NO
z9 Soins Patio NE
z10 Bureau cadre
z11 Détente réunion
z12 Soins Patio Ouest
z13 Bureau médecin
z14 Soins patio SE
z15 Attente
z16 Circulation
z17 Stock Sud
z18 Stockage SE
z19 Communs Hémodialyse
z20 Salle gestes

z21 Communs Consultation Tertiaire
z22 Zone non rénovée
z23 Atelier biomédical
z24 Prod eau osmosée
z25 Secrétariat
z26 Consultation SE
z27 Consultation SO
z28 Bureau double SO
z29 Bureau simple SO
z30 Bureau internes
z31 Bureau infirmières
z32 Bureau double NE
z33 Bureau double NO
z34 Dasri
z35 Consultation
z36 Atelier thérapeutique
z37 Accueil
z38 Attente Consultation

2.3 COMPOSITION DES PAROIS ET BAIES VITREES

2.3.1 Composition des parois

Suivant Notice Calculs réglementation thermique PRO.

Nota : Présence de faux-plafonds dans les chambres.

2.3.2 Menuiseries

Suivant Notice Calculs réglementation thermique PRO.

Aucune protection solaire ni vitrage à contrôle solaire n'est prévu à ce stade.

Les volets roulants sur les chambres ont été supprimés pour le PRO.

3. HYPOTHESES

3.1 METEOROLOGIE

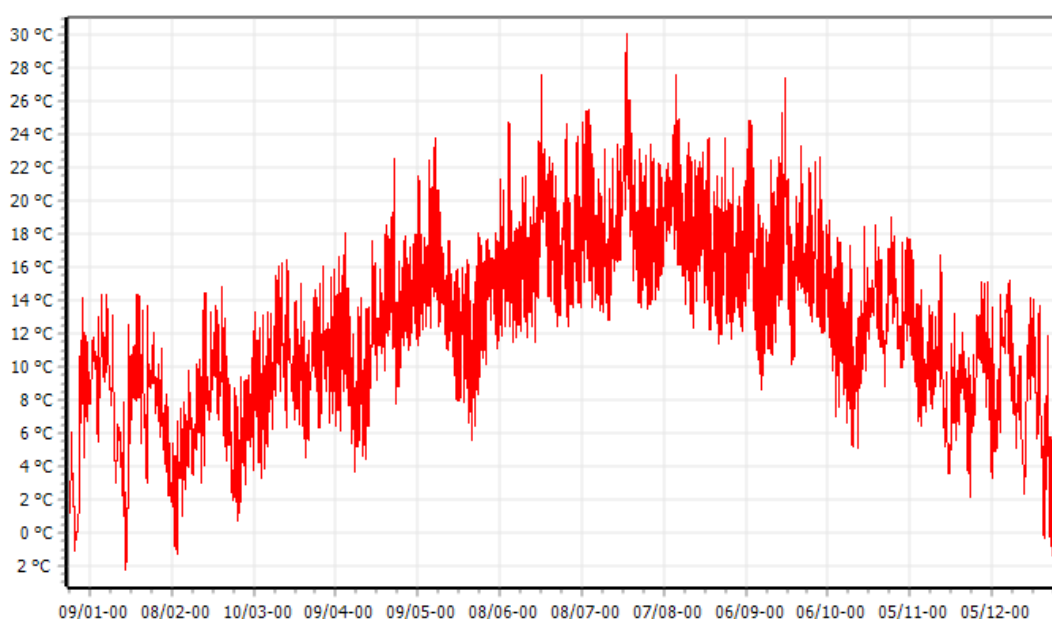
Le fichier météorologique est issu des données du logiciel METEONORM du CSTB :

- Fichier utilisant les valeurs maximales mensuelles sur 10 ans (2009-2019) pour la période estivale (mai à septembre) pour simuler des conditions « estivales sévères » sur la station de Brest (29).

Les caractéristiques du fichier météo sont présentées ci-dessous.

Nom	Brest été chaud	Altitude	99 m
Longitude	4° 25' 12"O	Latitude	48° 27' 0"N
Températures	Minimale	Maximale	Moyenne
	-2.60°C	29.80°C	12.17°C

Ci-dessous la courbe annuelle des températures.



3.2 HYPOTHESES DE FONCTIONNEMENT

La pertinence des résultats obtenus est conditionnée par les hypothèses de calcul.

L'ensemble des hypothèses doit être validé par la Maîtrise d'ouvrage, en particulier les scénarios d'occupation.

3.2.1 Température de consigne

Le système de chauffage dans les locaux est supposé être disponible du 15 octobre au 20 mai.

Les valeurs correspondent aux températures qui seront atteintes dans les différents locaux du lundi au samedi, de 8 à 18h.

- Locaux à 21° C : chambres, soins, consultations
- Locaux à 19° C : bureaux, réunion, attentes,

3.2.2 Scénarios d'occupation

Ci-après les tableaux d'occupation annuelle des locaux, du lundi au samedi.

Nombre maximal d'occupants par type de local

Dénomination	Occupation maximale	
	nombre	p/m ²
Chambre	1p/lit	
Soins	2p	
Bureau	1p/poste	
Détente réunion	14p	
Atelier thérapeutique	5p	
Consultation	2p	
Attente	22p	
Réunion	30p	
Circulation		0,01

Taux d'occupation du local en %				
Heure	Chambre	Bureau	Attente	Réunion, atelier thérapeutique
0-7h				
7-8h				
8-9h	100	100	100	
9-10h	100	100	100	
10-11h	100	100	100	
11-12h	100	100	100	
12-13h	100		100	
13-14h	100		100	
14-15h	100	100	100	
15-16h	100	100	100	100
16-17h	100	100	100	100
17-18h	100	100		
18-19h				
19-24h				

Des apports sensibles de 70 W par occupant sont contenus dans les scénarios d'occupation et ne seront donc pas inclus dans les scénarios de puissance dissipée.

3.2.3 Scénarios de puissance dissipée

Les puissances dissipées correspondent à :

- L'éclairage. Les puissances dissipées par l'éclairage sont prises égales à 100 % des puissances d'éclairage installées.
- L'informatique. Les ordinateurs sont supposés allumés en permanence pendant l'occupation, y compris entre 12h et 14h dans les bureaux.
- Les dégagements de chaleur de la boucle eau osmosée, 4j/semaine, de minuit à 4h.
 - o En bandeau technique : entre 50 et 75W/lit
 - o En aérien 12W/ml de réseau dans les locaux (selon plan bouclage EO)

Type de commande d'éclairage :

- Interrupteur/détection de présence sur seuil de luminosité et gradation automatique : chambre, bureau, consultation, réunion, soins, attente, détente
- Détection de présence sur seuil de luminosité : sanitaires, stockage, circulation

Le tableau ci-dessous récapitule la gestion de l'éclairage et les puissances dissipées des équipements.

Dénomination			Equipements
	Puissance Eclairage (W/m ²)	Besoins Eclairage (Lux)	Puissance dissipée (de 8/18h)
Chambre	5,4	500	1 dialyseur 200W/lit 1 TV/lit 120W
Bureau	2,8	300	1 ordi/p 120W/ordi
Consultation	3,2	300	1 ordi/p 120W/ordi
Réunion	4,1	500	
Soins	2,8	500	1 ordi/p 120W/ordi
Attente	3,2	200	
Circulation	3,1	200	

3.2.4 Scénarios de ventilation

- Ventilation double-flux dans les locaux de la zone hémodialyse (chambres, soins, bureaux)
 - o A fonctionnement sur horloge (6 H à 20 H).
 - o Batterie eau chaude pour soufflage à 21°C en hiver
 - o Batterie eau glacée pour soufflage à 14°C en été.
 - o Il y a une récupération de chaleur sur l'air extrait, dont le rendement est de 80 %. Le récupérateur est bypassé en mi-saison et en été quand :
 - la T°C extérieure dépasse 15°C
 - et la T°C intérieure dépasse 22°C
 - et T°C intérieure > T°C extérieure
 - o Sonde de détection présence (30/100%) dans les salles de réunions et attentes
 - o Débit 100m³/h par lit hémodialyse

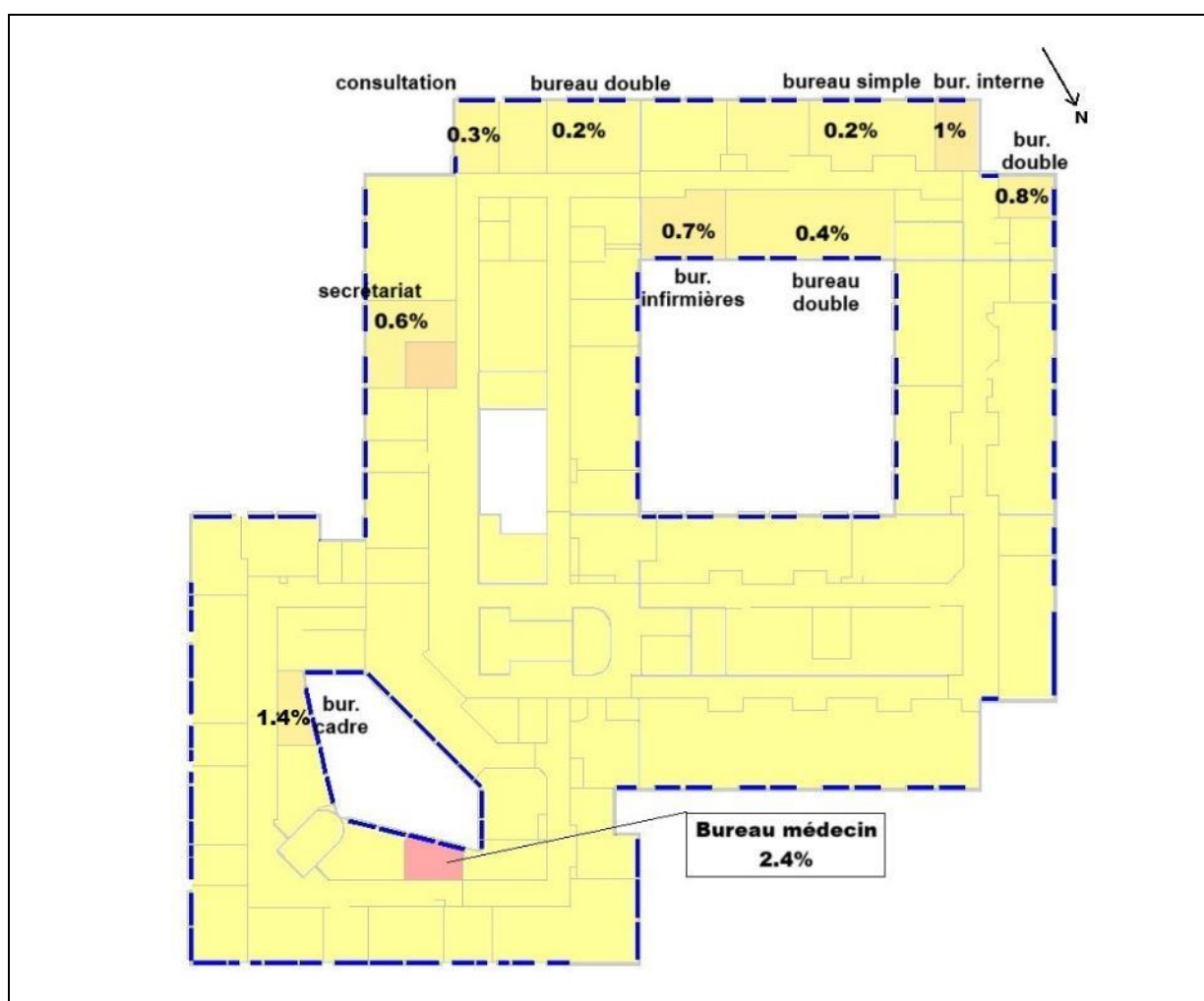
- Ventilation simple-flux permanente dans les autres locaux.
- La perméabilité est de $I_4=1.7\text{m}^3/\text{h.m}^2$.

4. CONFORT D'ETE DANS LES LOCAUX

4.1 SIMULATION 24/09/2025 – ENSEMBLE DES LOCAUX

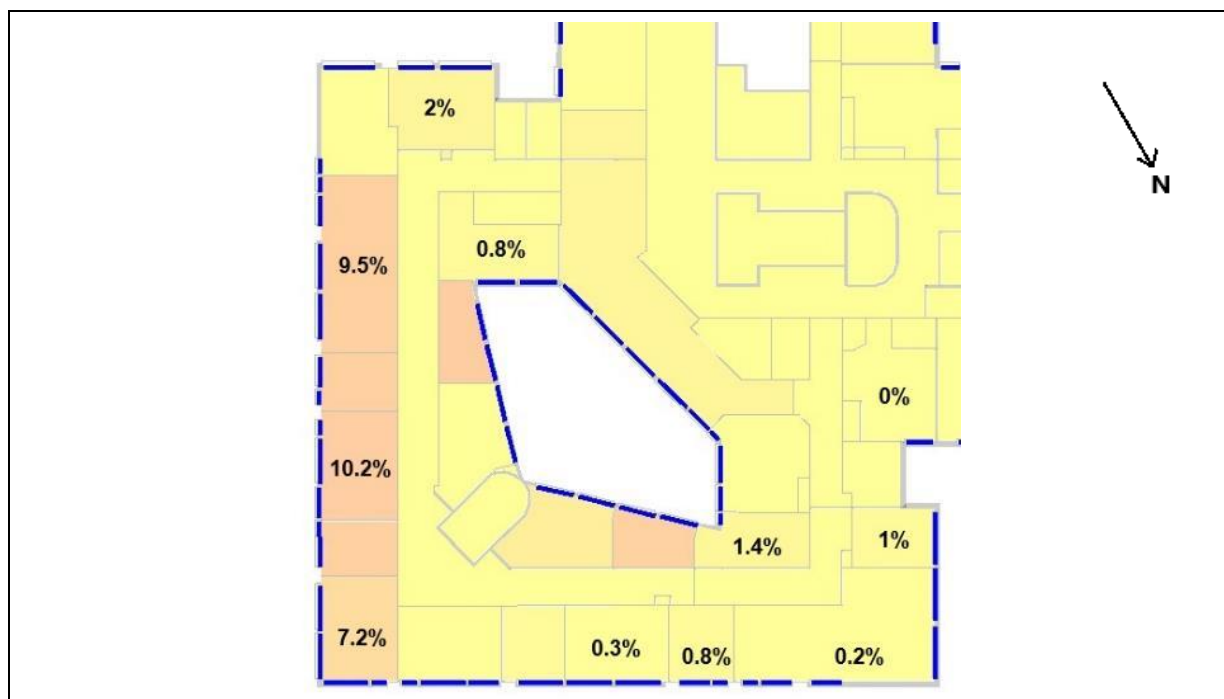
Selon le référentiel HQE, nous parlerons d'inconfort dans les locaux à occupation prolongée quand le taux d'inconfort dépasse 2 %. Le taux d'inconfort correspond au nombre d'heures où la température dépasse 28°C ramené au nombre d'heures d'occupation sur l'année. (étude A139)

Une représentation permet de déceler les zones où l'inconfort risque d'être important.



Avec un soufflage en journée à 14°C, l'objectif du taux d'inconfort 2% à 28°C est atteint dans tous les locaux rénovés excepté dans le local bureau médecin exposé Sud-Ouest. Néanmoins, le taux d'inconfort dans ce local vaut 2.4%, ce qui reste raisonnablement acceptable.

Ci-dessous le % d'heures d'occupation où la température dépasse 26°C.



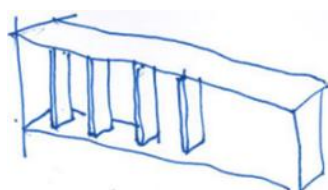
La température dépasse 26°C dans :

- Les chambres orientées Sud-Est, pendant 7 à 10% du temps d'occupation
- Les chambres orientées Nord-Est et Nord-Ouest, pendant 0.5 à 1% du temps d'occupation

4.2 VARIANTES 24/09/2025– ENSEMBLE DES LOCAUX

Avec un soufflage à 14°C en journée, plusieurs variantes sont étudiées :

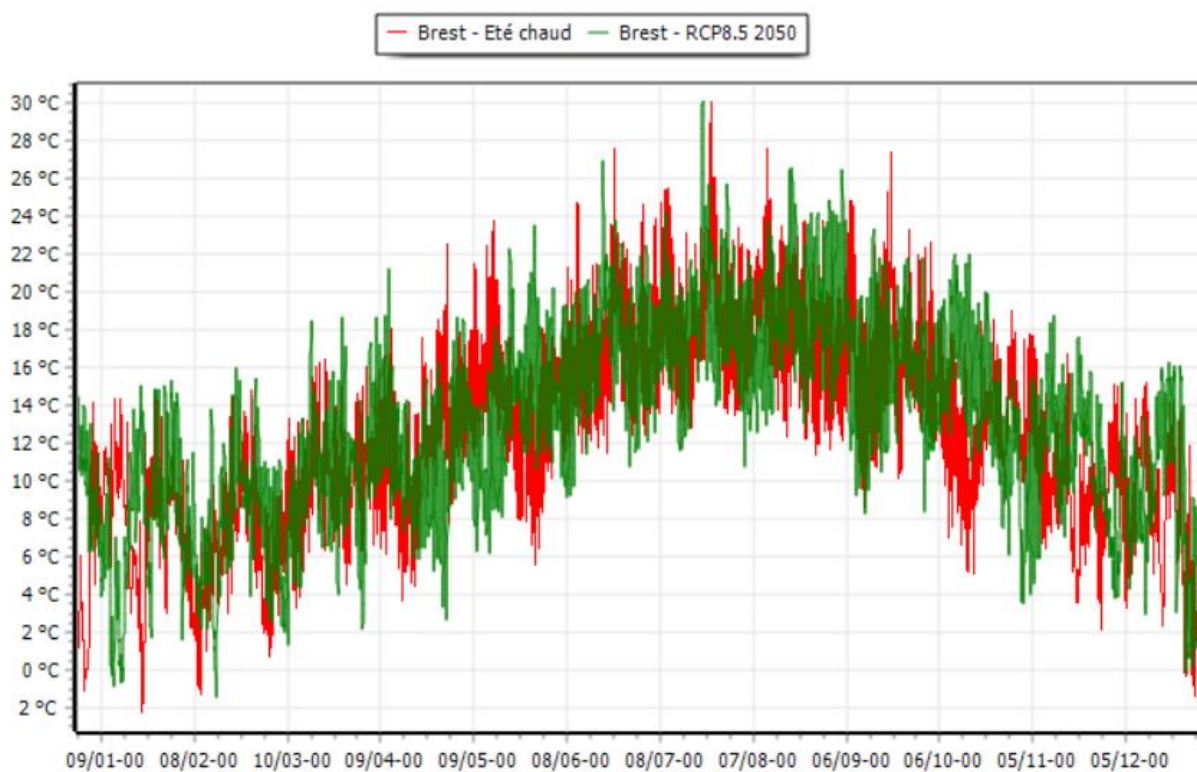
- Variante n°1 : Brise-soleils à lames verticales en façade des chambres Hémodialyse. Largeur lames 20cm, espacement entre lames 20cm.



Orientation des lames 90° par rapport à la façade, en façade NE et 45° en façades NO, SE et SO. (étude A142)

- Variante n°2 : Brise-soleils (variante n°1) et météo RCP8.5 2050. (étude A143)

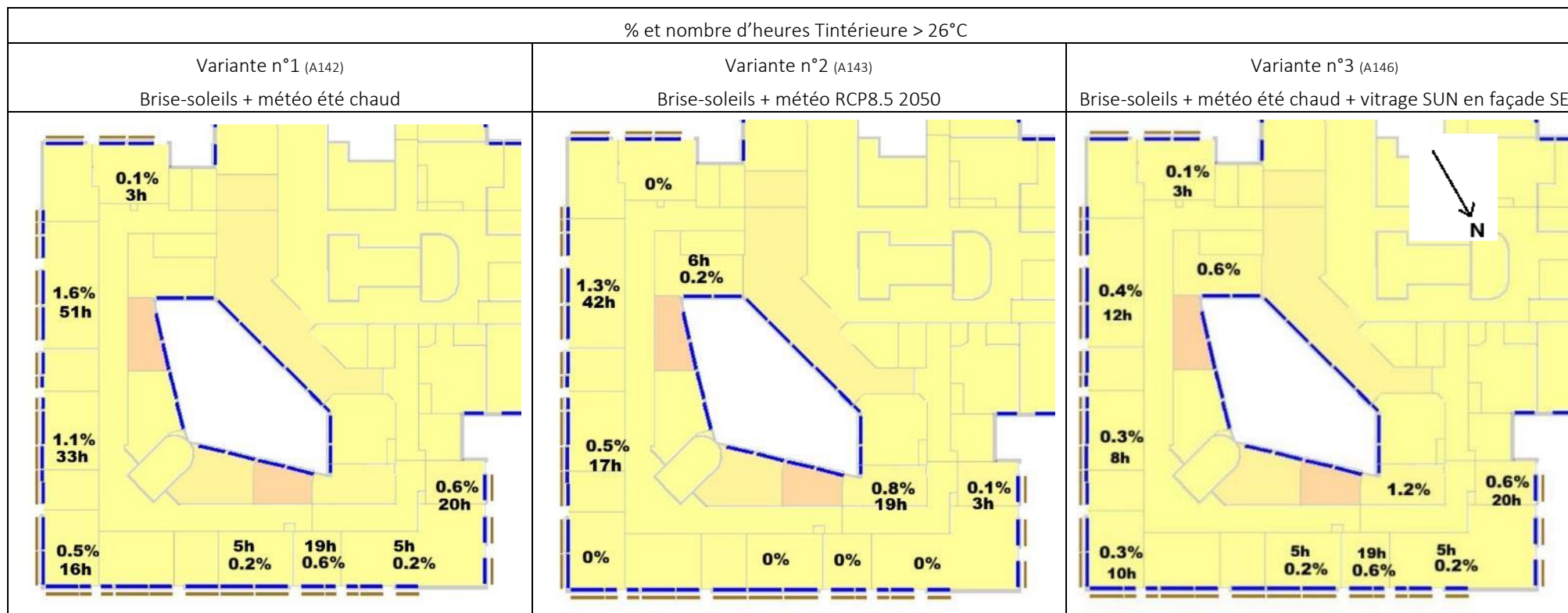
Ci-dessous les courbes annuelles des températures extérieures.



- Variante n°3 : Brise-soleils (variante n°1) et vitrage à contrôle solaire (facteur solaire $S_g=0.38$) en façade SE. (étude A146)

Dans les 3 variantes, la température dans les chambres et postes de soins ne dépasse jamais 28°C.

Ci-dessous, selon les 3 variantes, le % d'heures et le nombre d'heures d'occupation où la température dépasse 26°C dans les chambres, postes de soins dans l'année.



Avec un soufflage à 14°C en journée:

Variante n°1 : Les brise-soleils sont efficaces pour traiter les apports solaires : le % d'heures au-dessus de 26°C devient inférieur à 2% dans toutes les chambres.

Variante n°2 : la météo RCP8.5 2050 est moins pénalisante que la météo été chaud.

Variante N°3 : le vitrage à contrôle solaire en façade SE réduit encore davantage les températures au-dessus de 26°C dans les chambres.

4.3 ETUDE DES CHAMBRES EN FAÇADE SUD-EST –22/10/2025

Des simulations sont réalisées sur la façade Sud-est, pour étudier le comportement des chambres en été.

Variation des paramètres suivants :

- Présence ou non des lames brise-soleils verticales en façade Sud-Est, leur orientation 45, 30 ou 90° par rapport à la façade.
- Fonctionnement de la ventilation : horaire, débit et température soufflage.

4.3.1 Etape 0 et Simulation n°1 Brise-soleils + soufflage rafraîchi jour/nuit

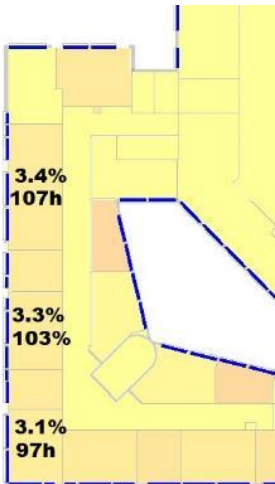
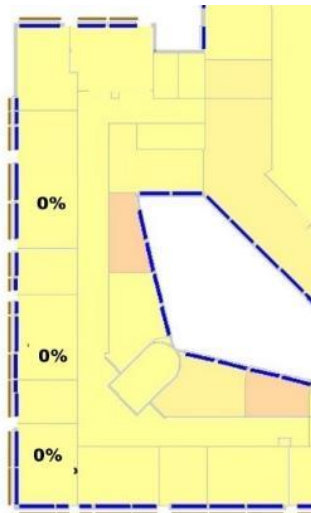
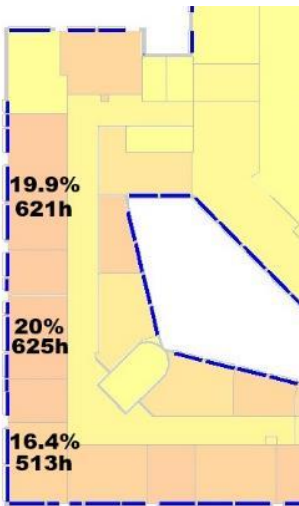
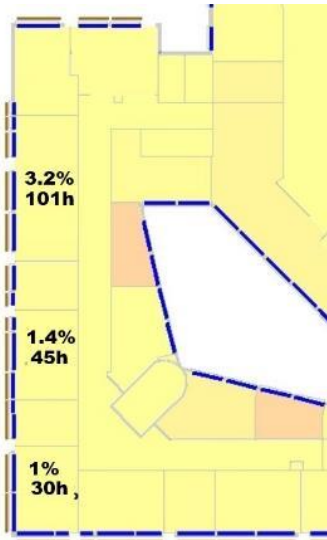
Etape 0 (A180)

- Absence de brise-soleils,
- Jour : Fonctionnement de la ventilation en journée de 8/20h, débit 100m3/h, soufflage non rafraîchi,
- Nuit: Fonctionnement (juillet/août/septembre) de la ventilation de 20/8h, débit 100m3/h, soufflage non rafraîchi (soufflage à température extérieure).

Simulation n°1 (A171)

- Présence de brise-soleils en façade Sud-Est, lames verticales orientées 45°,
- Jour : Ventilation de 8/20h, débit de 100m3/h, soufflage rafraîchi à 16°C,
- Nuit : Ventilation (juillet/août/sept) de 20/8h, débit de 100m3/h, soufflage rafraîchi à 14°C.

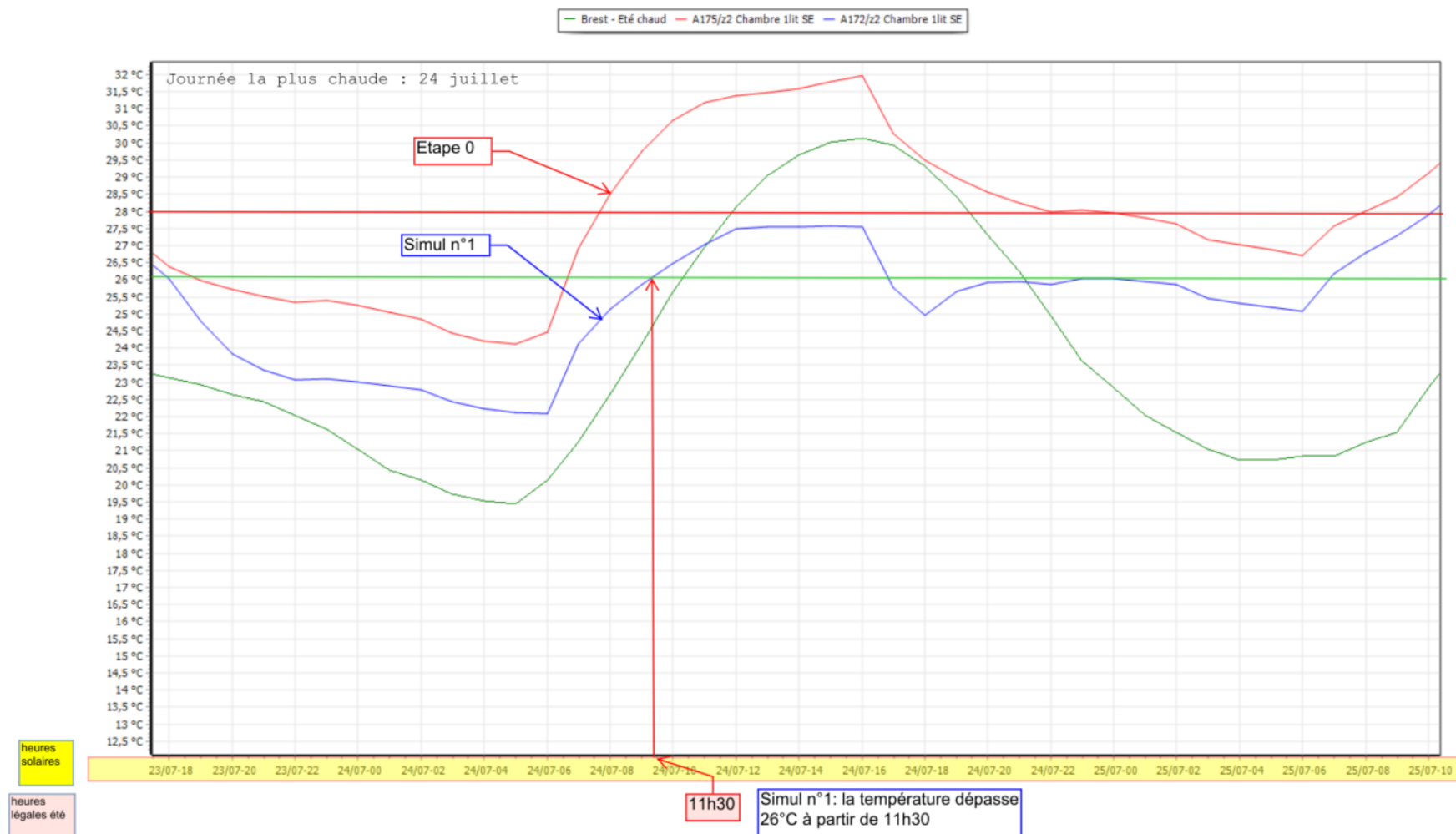
Ci-dessous, selon les simulations Etape 0 et n°1, le % d'heures et le nombre d'heures d'occupation où la température dépasse 28 ou 26°C dans les chambres en façade Sud-Est dans l'année.

Taux d'inconfort % et nombre d'heures Tintérieure > 28°C	
<p>Etape 0 (A180)</p> <p>Sans Brise-soleils + soufflage non rafraîchi</p>	<p>Simul n°1 (A171)</p> <p>Brise-soleils 45°+ soufflage rafraîchi jour 16°C + soufflage rafraîchi nuit 14°C</p>
	
% et nombre d'heures Tintérieure > 26°C	
<p>Etape 0 (A180)</p> <p>Sans Brise-soleils + soufflage non rafraîchi</p>	<p>Simul n°1 (A171)</p> <p>Brise-soleils 45°+ soufflage rafraîchi jour 16°C soufflage rafraîchi nuit 14°C</p>
	

Dans la simulation n°1, l'ajout de brise-soleils réduit efficacement les apports solaires. Le soufflage rafraîchi à 16°C le jour et 14°C la nuit, permet de supprimer complètement les heures où la température des chambres dépasse 28°C. Ce qui équivaut à dire que le taux d'inconfort à 28°C est nul.

Le nombre d'heures au-dessus de 26°C dépasse 2% dans certaines chambres sur cette façade Sud-Est et peut atteindre 3.2%, ce qui reste raisonnable.

Ci-dessous les courbes de températures dans les chambres en façade Sud-Est pendant la journée la plus chaude. (A175/A172)



4.3.2 Simulations n°2/3 - orientation lames Brise-soleils

- Présence de brise-soleils en façade Sud-Est, lames verticales orientées 60° (simul n°2) ou 90° (simul n°3) par rapport à la façade.
- Jour : Ventilation de 8/20h, débit de 100m³/h, soufflage rafraîchi à 16°C
- Nuit : Ventilation de 20/8h, débit de 100m³/h, soufflage rafraîchi à 14°C

Ci-dessous, selon l'orientation des lames brise-soleils, le % d'heures et le nombre d'heures d'occupation où la température dépasse 26°C dans les chambres en façade Sud-Est dans l'année. La température ne dépasse jamais 28°C.

Taux d'inconfort % et nombre d'heures Tintérieure > 26°C		
Simul n°1 (A171) Brise-soleils 45°+ soufflage rafraîchi jour 16°C + soufflage rafraîchi nuit 14°C	Simul n°2 (A181) Brise-soleils 60°+ soufflage rafraîchi jour 16°C + soufflage rafraîchi nuit 14°C	Simul n°2 (A182) Brise-soleils 90°+ soufflage rafraîchi jour 16°C + soufflage rafraîchi nuit 14°C
<p>3.2% 101h</p> <p>1.4% 45h</p> <p>1% 30h</p>	<p>4.6% 143h</p> <p>2.8% 86h</p> <p>2% 62h</p>	<p>6.3% 198h</p> <p>5% 155h</p> <p>2% 63h</p>

L'orientation des lames brise-soleils à 45° par rapport à la façade est optimale pour le traitement des apports solaires.

Avec une orientation de 60° ou 90° par rapport à la façade, le % d'heures au-dessus de 26°C peut atteindre 4.6% voire 6.3% dans l'année.

4.3.3 Simulation n°4 - Brise-soleils + soufflage rafraîchi jour (Text-5°C)

- Présence de brise-soleils en façade Sud-Est, lames verticales orientées 45°
- Jour : Ventilation de 8/20h, débit de 100m³/h, soufflage rafraîchi à [T extérieure-5°C]
- Nuit : Ventilation (juillet/août/sept) de 20/8h, débit de 100m³/h, soufflage non rafraîchi

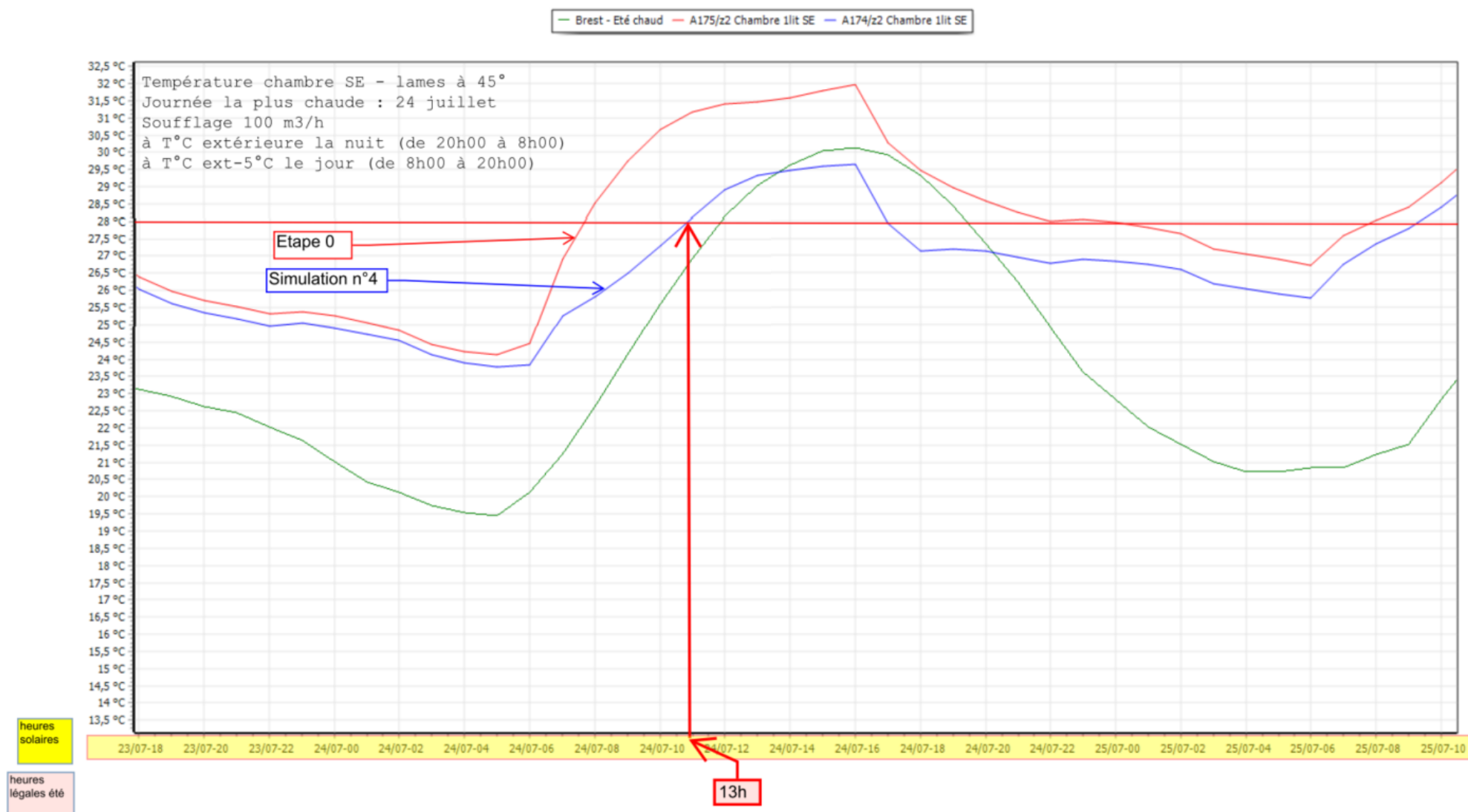
Le logiciel Pleaides atteint ses limites dans cette simulation et ne permet pas de réguler la T°C de soufflage en fonction de la température extérieure. Une simulation sur l'année n'est pas possible.

Une simulation est néanmoins réalisée, sur la journée la plus chaude, où nous fixons « manuellement » la T°C de soufflage à [T extérieure-5°C], pendant la journée.

(étude A174)

Résultat : La température dans la chambre atteint 28°C dès 13h. Les brise-soleils et le soufflage rafraîchi permettent de « retarder » la dérive de température dans la journée d'environ 2h par rapport à l'étape 0.

A 8h, malgré le free-cooling nocturne, il fait encore 24°C dans la chambre. Un soufflage rafraîchi la nuit est nécessaire (cf Simul n°1).



4.3.4 Simulations n°5 - Espacement lames Brise-soleils

- Présence de brise-soleils en façade Sud-Est, lames verticales orientées 45° par rapport à la façade et espacées 30cm
- Jour : Ventilation de 8/20h, débit de 100m³/h, soufflage rafraîchi à 16°C
- Nuit : Ventilation de 20/8h, débit de 100m³/h, soufflage rafraîchi à 14°C

Ci-dessous, selon l'espacement des lames brise-soleils, le % d'heures et le nombre d'heures d'occupation où la température dépasse 26°C dans les chambres en façade Sud-Est dans l'année.

La température ne dépasse jamais 28°C.

Taux d'inconfort % et nombre d'heures Tintérieure > 26°C	
Simul n°1 (A171) Brise-soleils 45° espacement 20cm + soufflage rafraîchi jour 16°C + soufflage rafraîchi nuit 14°C	Simul n°5 (A185) Brise-soleils 45° espacement 30cm + soufflage rafraîchi jour 16°C + soufflage rafraîchi nuit 14°C

4.4 CONCLUSION – CONFORT THERMIQUE

Du point de vue du confort thermique, pour diminuer la température en été dans les locaux de la zone Dialyses, des dispositions sont prévues au DCE :

- Diminution de la surface de vitrage, mise en place d'une allège opaque.
- Dans la zone hémodialyse, mise en place d'une ventilation double-flux avec un débit de 100m³/h par lit.
- Bypass sur l'échangeur de récupération de chaleur de la CTA Double-flux.

Des améliorations sont proposées pour diminuer le nombre d'heures au-dessus de 26°C dans les chambres, et postes de soins.

- Brise-soleils à lames verticales en façade de toutes les chambres hémodialyse,
- Un soufflage rafraîchi à 16°C en journée.
- Fonctionnement de la ventilation la nuit avec un soufflage rafraîchi à 14°C.