



CROUS BRETAGNE  
7 Pl. Hoche  
35000 - Rennes  
T. 09 72 59 65 65

MAÎTRE D' ŒUVRE

## CROUS UNIR

### Notice APD SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE

HARDEL  
LE BIHAN

HARDEL LE BIHAN  
40 rue de Paradis  
75010  
T. 01 44 64 83 30

Paris

ARCHITECTE  
MANDATAIRE



TPF ingénierie  
167 Rue de Lorient  
35000 Rennes  
T. 02 99 14 59 60

INGENIERIE  
TCE

js.l

JS LAGRANGE  
20 RUE BASFROI  
75011 PARIS

ARCHITECTE  
D' INTERIEUR



BEGC  
101 Bd Ernest Dalby  
44000 Nantes  
T. 02 40 29 22 53

BET CUISINE

|                       | EMETTEUR | CODE<br>AFFAIRE | TYPE DE DOCUMENT | INDICE | DATE       | NB<br>PAGES |
|-----------------------|----------|-----------------|------------------|--------|------------|-------------|
| REFERENCE DU DOCUMENT | OUE.MaL  | BRE240017       | APD.STD          | 00     | 02/07/2026 |             |

| INDICE | DATE       | OBJET    | PAGES |
|--------|------------|----------|-------|
| 00     | 02/07/2026 | Création |       |
|        |            |          |       |
|        |            |          |       |
|        |            |          |       |

# SOMMAIRE

|                  |                                                                              |           |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>I -</b>       | <b>PREAMBULE</b>                                                             | <b>4</b>  |
| <b>I.1 -</b>     | <b>INTRODUCTION</b>                                                          | <b>4</b>  |
| <b>I.2 -</b>     | <b>OBJECTIFS DE L'ETUDE THERMIQUE DYNAMIQUE</b>                              | <b>4</b>  |
| <b>I.3 -</b>     | <b>HYPOTHESES DE SITE</b>                                                    | <b>4</b>  |
| <b>I.3.1 -</b>   | <b>LOCALISATION ET SITE METEO</b>                                            | <b>4</b>  |
| <b>I.3.2 -</b>   | <b>MODELISATION DU PROJET</b>                                                | <b>4</b>  |
| <b>I.3.3 -</b>   | <b>PROFILS METEO RETENUS POUR LES ETUDES</b>                                 | <b>5</b>  |
| <b>I.3.3.1 -</b> | <b>PROFIL METEOROLOGIQUE DE REFERENCE RETENU : METEONORM V2 RENNES MOYEN</b> | <b>5</b>  |
| <b>I.3.3.2 -</b> | <b>PROFIL METEOROLOGIQUE ALTERNATIF 1 : TRACC 2</b>                          | <b>7</b>  |
| <b>I.3.3.3 -</b> | <b>PROFIL METEOROLOGIQUE ALTERNATIF 2 : TRACC4</b>                           | <b>8</b>  |
| <b>II -</b>      | <b>HYPOTHESES RETENUES</b>                                                   | <b>9</b>  |
| <b>II.1 -</b>    | <b>BATIMENTS</b>                                                             | <b>9</b>  |
| <b>II.2 -</b>    | <b>DESCRIPTION RAPIDE DU FONCTIONNEMENT TECHNIQUE</b>                        | <b>9</b>  |
| <b>II.2.1 -</b>  | <b>VENTILATION</b>                                                           | <b>9</b>  |
| <b>II.2.2 -</b>  | <b>CHAUFFAGE – CLIMATISATION</b>                                             | <b>9</b>  |
| <b>II.2.3 -</b>  | <b>EAU CHAUDE SANITAIRE</b>                                                  | <b>9</b>  |
| <b>II.2.4 -</b>  | <b>PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES</b>                                              | <b>9</b>  |
| <b>II.2.5 -</b>  | <b>ECLAIRAGE</b>                                                             | <b>9</b>  |
| <b>II.2.6 -</b>  | <b>NIVEAUX D'ECLAIREMENT</b>                                                 | <b>10</b> |
| <b>II.2.7 -</b>  | <b>OCCULTATIONS</b>                                                          | <b>10</b> |
| <b>II.3 -</b>    | <b>ZONAGE DU BATIMENT</b>                                                    | <b>11</b> |
| <b>II.3.1 -</b>  | <b>PRINCIPES DE ZONAGE MIS EN OEUVRE</b>                                     | <b>11</b> |
| <b>II.4 -</b>    | <b>PRINCIPES DE SCENARISATION (CRITERES EN SAISIE DIRECTE)</b>               | <b>13</b> |
| <b>II.5 -</b>    | <b>OBSERVATIONS PREALABLES AU CALCUL</b>                                     | <b>18</b> |
| <b>III -</b>     | <b>RESULTATS STD (CONFORT)</b>                                               | <b>20</b> |
| <b>III.1 -</b>   | <b>RESULTATS REFERENCE COMPAREE : CALCULS C1 C2 C3</b>                       | <b>20</b> |
| <b>III.1.1 -</b> | <b>MISE EN PLACE</b>                                                         | <b>20</b> |
| <b>III.1.2 -</b> | <b>RESULTATS</b>                                                             | <b>20</b> |
| <b>III.1.3 -</b> | <b>COMMENTAIRES</b>                                                          | <b>22</b> |
| <b>III.1.4 -</b> | <b>CONFORT PONDERE</b>                                                       | <b>22</b> |
| <b>III.2 -</b>   | <b>RESULTATS VARIANTE : CALCULS C4</b>                                       | <b>26</b> |
| <b>III.2.1 -</b> | <b>MISE EN PLACE</b>                                                         | <b>26</b> |
| <b>III.2.2 -</b> | <b>RESULTATS</b>                                                             | <b>26</b> |
| <b>III.2.3 -</b> | <b>COMMENTAIRES</b>                                                          | <b>26</b> |
| <b>III.3 -</b>   | <b>ANALYSES COMPLEMENTAIRES</b>                                              | <b>27</b> |
| <b>III.3.1 -</b> | <b>TEMPERATURES ZONES DIVERSES (SEMAINE LA PLUS CHAUDE)</b>                  | <b>27</b> |
| <b>IV -</b>      | <b>CONCLUSIONS GENERALES</b>                                                 | <b>28</b> |
| <b>V -</b>       | <b>ANNEXES (HYPOTHESES DETAILLEES)</b>                                       | <b>29</b> |

## I - PREAMBULE

### I.1 - INTRODUCTION

Le présent document constitue le rapport de simulation thermique dynamique (STD et SED), du projet de construction d'une crèche attenante au futur CROUS UNIR à Rennes (35).

### I.2 - OBJECTIFS DE L'ETUDE THERMIQUE DYNAMIQUE

Les calculs dynamiques permettent la réalisation d'un calcul sans objectifs de ratios, comme c'est le cas dans le cadre des études thermiques réglementaires.

La STD cherche à mettre en lumière des aspects du comportement thermique d'un édifice, bons ou mauvais, et doit permettre d'orienter les choix techniques afin de permettre une amélioration du confort et de la gestion du bâtiment.

### I.3 - HYPOTHESES DE SITE

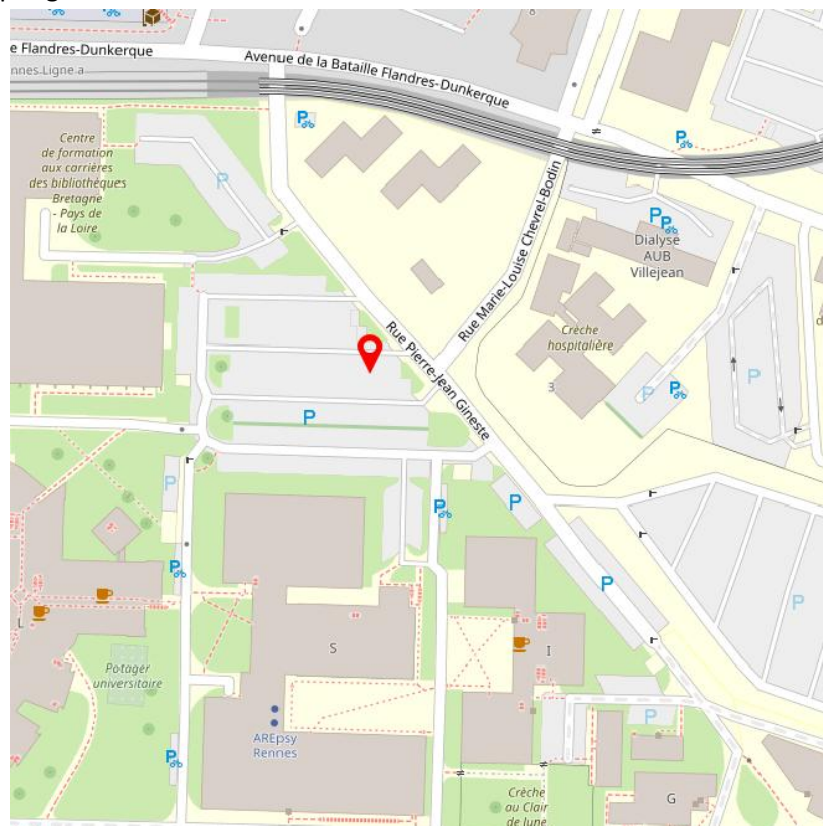
*Nota : tous les Fichiers utilisés dans les différents calculs sont issus de la base de données MétéoNorm Version2 2025..*

#### I.3.1 - LOCALISATION ET SITE METEO

Le projet est localisé à Rennes (35).

La station météo la plus proche est celle de Rennes-St-Jacques (données détaillées).

Le projet est intégré par géoréférencement à son site d'accueil.

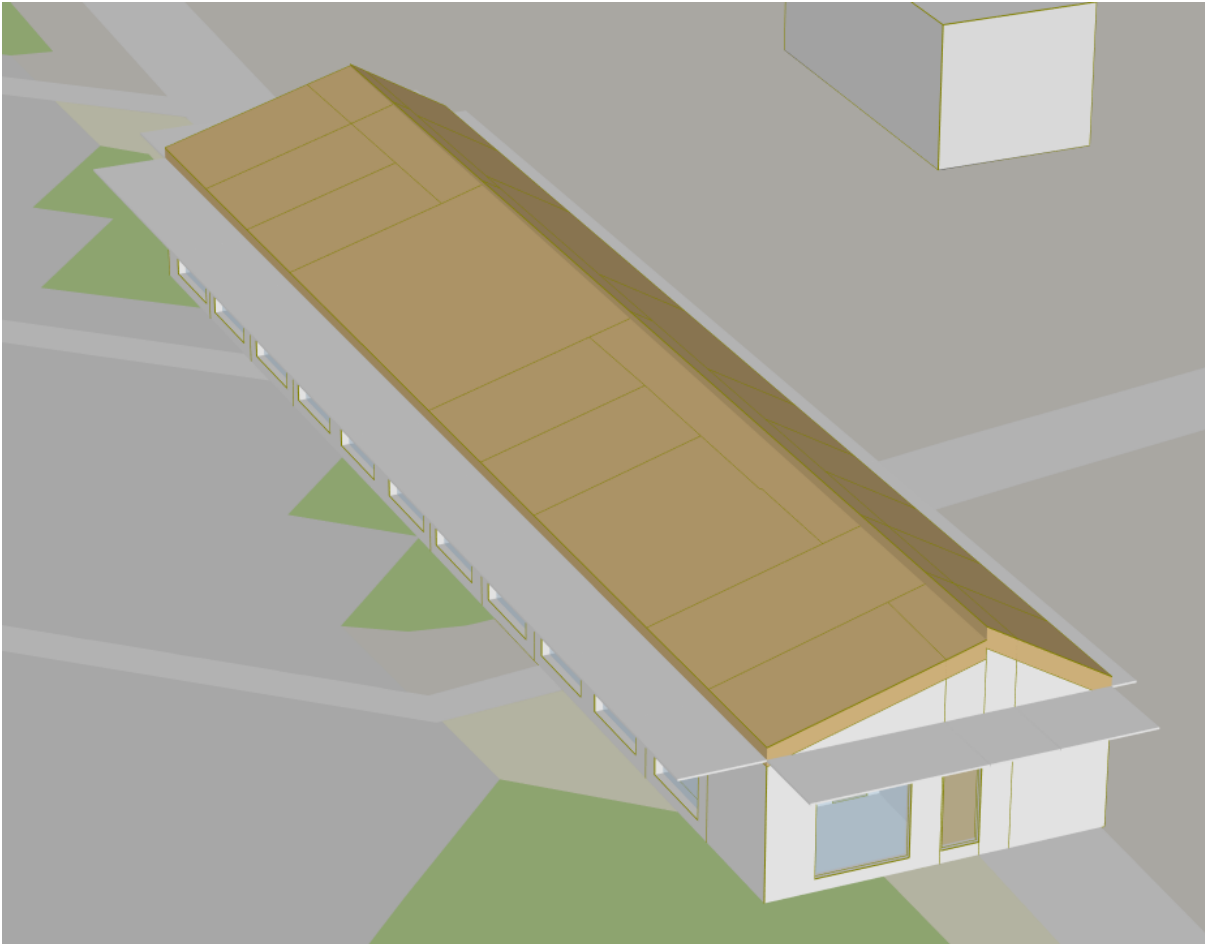


#### I.3.2 - MODELISATION DU PROJET

Le projet est entièrement modélisé en 3D dans le logiciel PLEIADES.

Toutes les données de site sont ajoutées par soucis de réalisme dans les résultats :

- Voiries
- Albédos
- Végétation
- Etats de surface (suivant état d'avancement du projet architectural en phase APD)
- Masques hors projet (bâtiments existants etc)



### **I.3.3 - PROFILS METEO RETENUS POUR LES ETUDES**

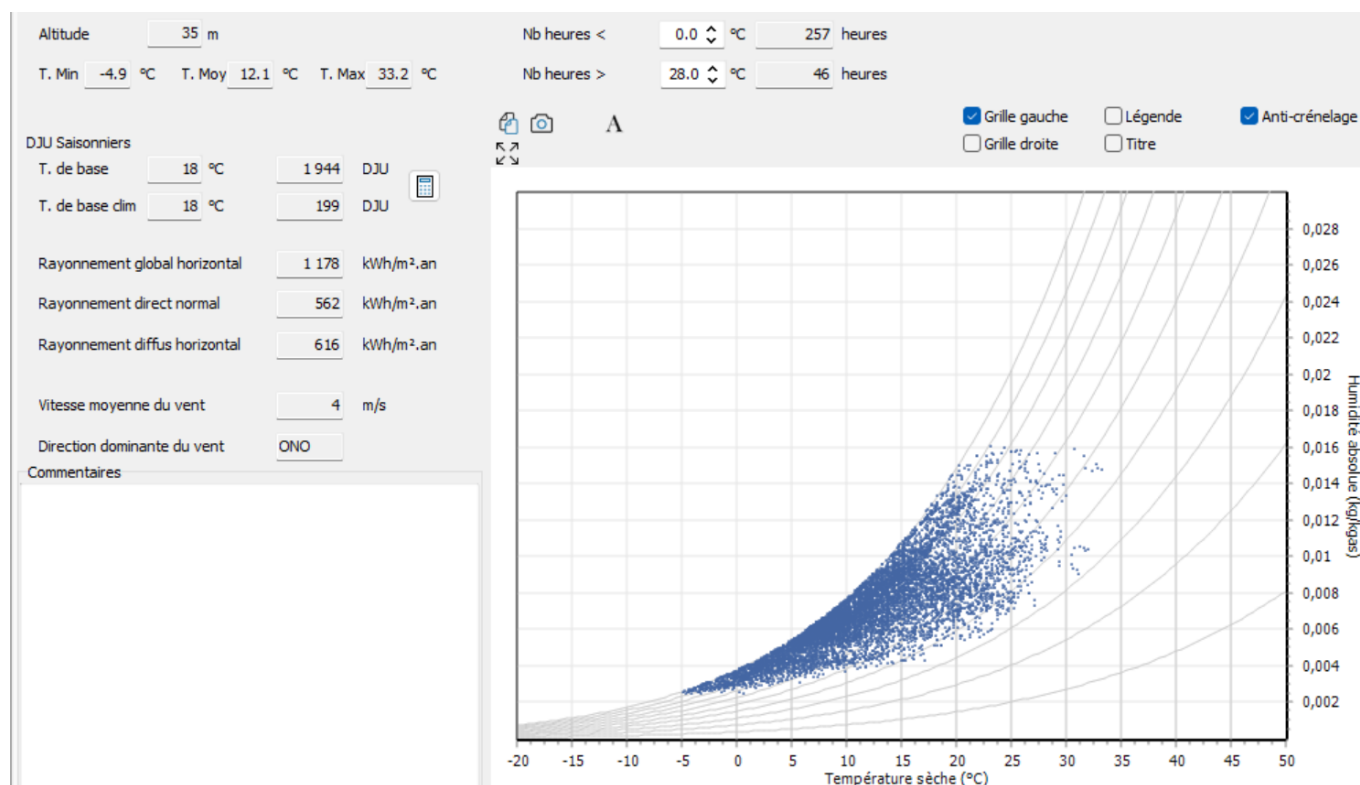
L'objectif étant la vérification du comportement thermique du bâtiment sous des conditions réalistes et défavorables, il est entendu que les profils retenus visent à modéliser le bâtiment soumis au réchauffement climatique et perturbations météo qui y sont liées.

#### **I.3.3.1 - PROFIL METEOROLOGIQUE DE REFERENCE RETENU : METEONORM V2 RENNES MOYEN**

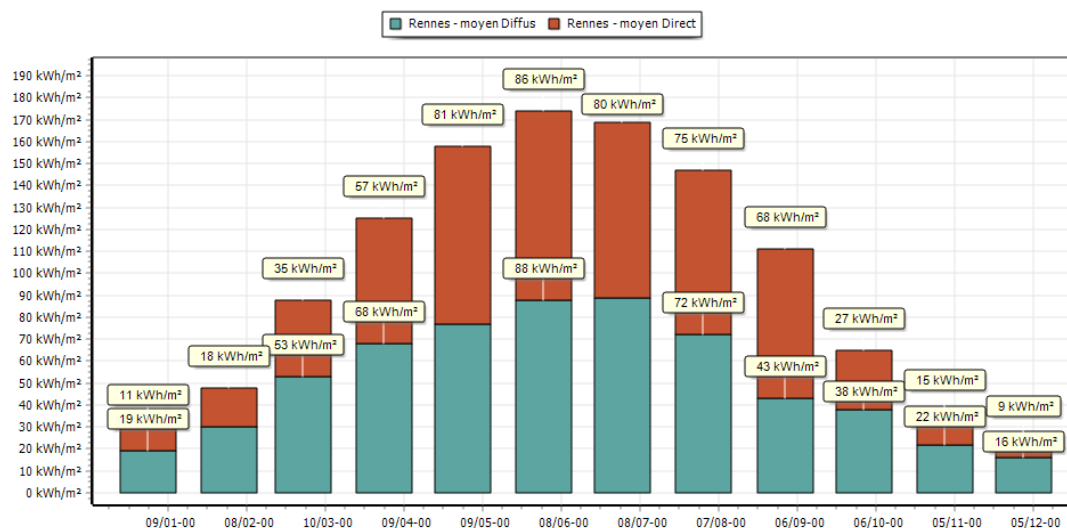
Ce profil météo est représentatif des conditions climatiques classiques attendus sur le projet.

Le fichier météo tiens compte des données de température, de rayonnement (solaire reçu au m<sup>2</sup>), de vent (direction, force, durée, exposition), d'humidité et de température d'eau froide.

Ci-dessous le profil psychrométrique :



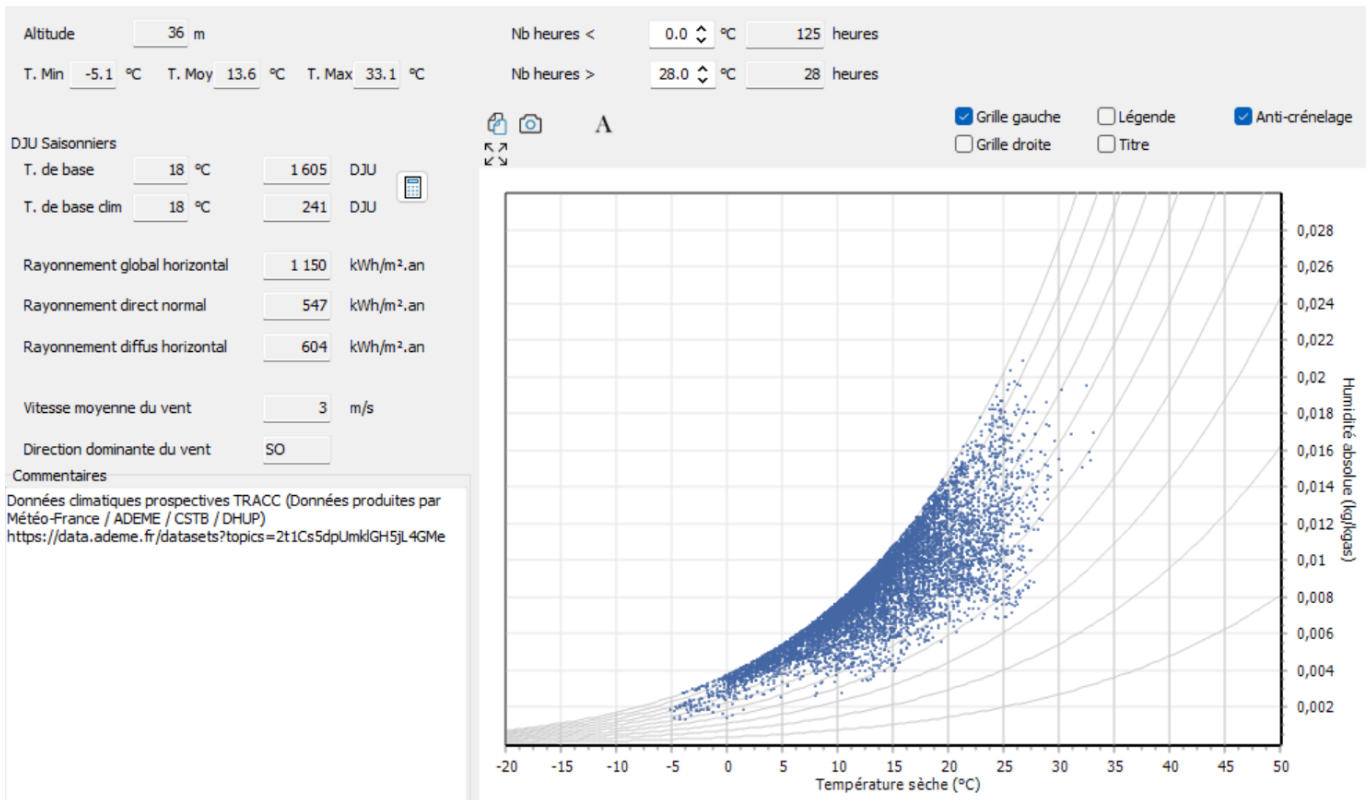
Et à titre informatif (pour comparaison avec les fichiers météo alternatifs qui serviront dans l'étude), le rayonnement solaire (direct+diffus cumulé) mensuel reçu au m<sup>2</sup>



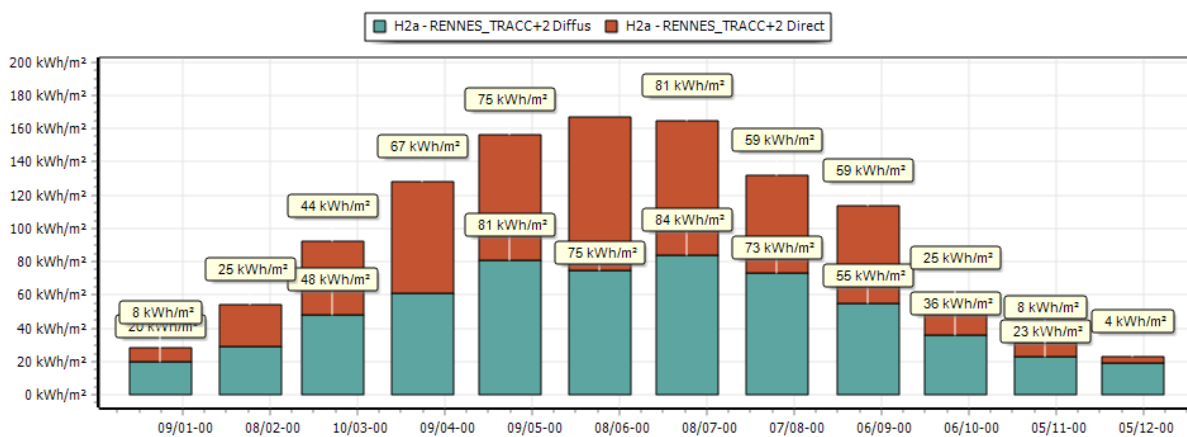
### I.3.3.2 - PROFIL METEOROLOGIQUE ALTERNATIF 1 : TRACC 2

Ce profil fournit par l'ADEME simule un réchauffement climatique de +2°C.

Profil psychrométrique du TRACC2 :

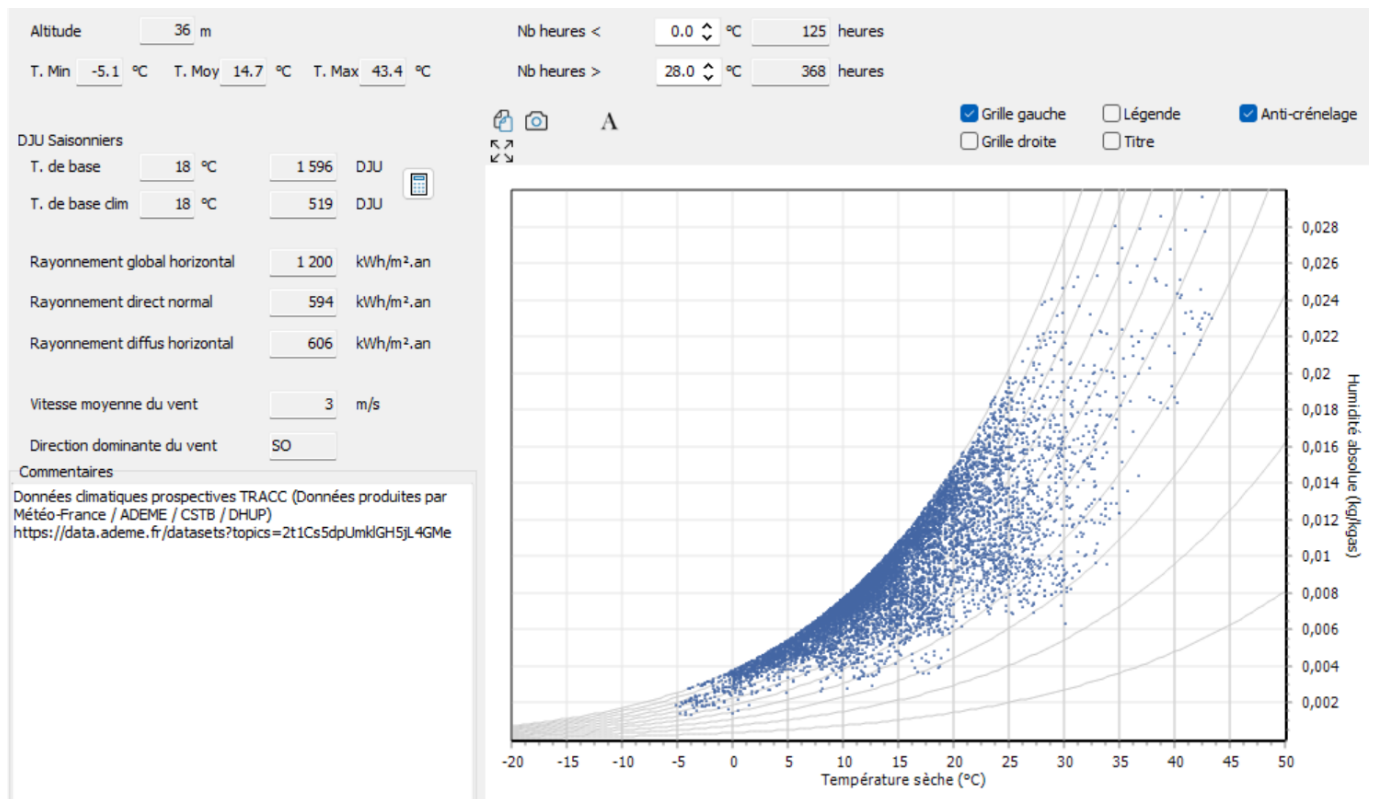


Rayonnement solaire du TRACC 2 :

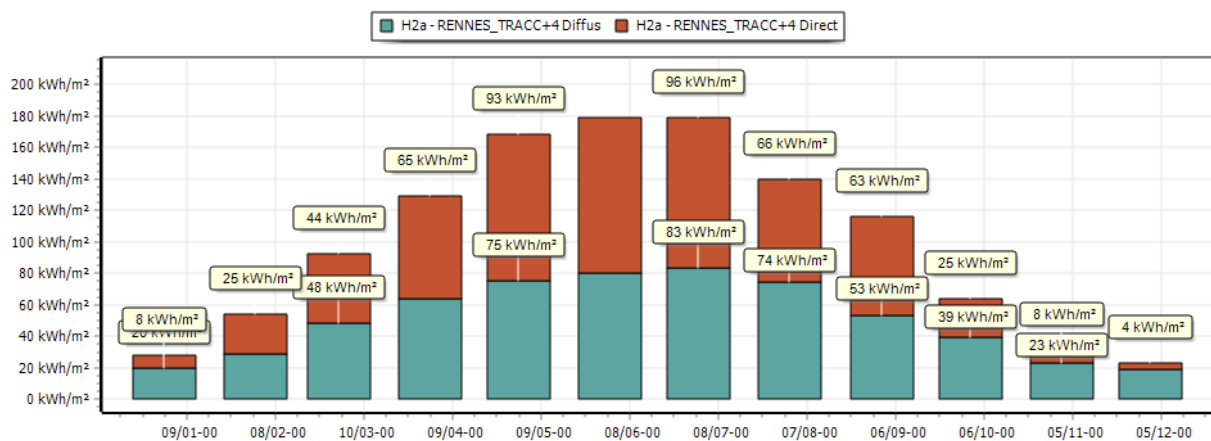


### I.3.3.3 - PROFIL METEOROLOGIQUE ALTERNATIF 2 : TRACC4

Ce profil fournit par l'ADEME simule un réchauffement climatique de +4°C (hypothèse la plus défavorable disponible).



Rayonnement solaire du TRACC4 :



## **II - HYPOTHESES RETENUES**

### **II.1 - BATIMENTS**

Le projet est constitué d'une entité unique :

- Crèche,

L'entité est d'un fonctionnement thermique homogène. Par soucis de réalisme et de conformité au programme de travaux, elle fait l'objet d'une définition de zone aéraulique.

- PERMEA CRECHE :  $Q_{4Pa-Surf} \leq 1 \text{ m}^3 / \text{h} / \text{m}^2$

Le bâtiment est entièrement simulé en intégrant un calcul aéraulique complet.

### **II.2 - DESCRIPTION RAPIDE DU FONCTIONNEMENT TECHNIQUE**

Pour rappel, ci-dessous une brève description des typologies d'équipements définis dans le cadre du projet.

#### **II.2.1 - VENTILATION**

Les systèmes de ventilation prévus sont :

CTA double flux :

- Ventilation double flux pour l'ensemble des locaux
- Rendement >80 %
- Batterie à eau chaude sur la CTAs
- Classe d'étanchéité des réseaux saisie : Classe C

#### **II.2.2 - CHAUFFAGE – CLIMATISATION**

Le chauffage sera assuré par un réseau de chaleur fonctionnant toute l'année, existant sur site et raccordé sur le réseau de la ville de Rennes.

Pour la plupart des locaux, les émetteurs seront des radiateurs à eau chaude précision de régulation CA = 0,40°C.

Le régime d'eau du réseau de chauffage aura une température moyenne de 50°C (60/40°C).

Les réseaux de distribution recevront une isolation de classe 4.

Les émetteurs seront alimentés en eau chaude par des pompes à débit variable.

#### **II.2.3 - EAU CHAUDE SANITAIRE**

L'eau chaude sanitaire sera produite ponctuellement par ballons électriques au plus près des points de puisage.

#### **II.2.4 - PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES**

Les installations éventuelles ne sont pas prises en compte dans le cadre d'une étude STD.

#### **II.2.5 - ECLAIRAGE**

La puissance d'éclairage prise en compte dans le calcul est déduite du calcul initial d'éclairement naturel. Les apports dus à l'éclairage pour chaque pièce du projet sont déduits de ce calcul de puissance.

| Type                                         | Commande      | Gestion      | P W/m <sup>2</sup> |
|----------------------------------------------|---------------|--------------|--------------------|
| Bureaux                                      | Manuel+délect | ecl constant | 6                  |
| Circulations / accueil                       | Détection     | ecl constant | 2,5                |
| Salle de jeux (hors restauration et bureaux) | Manuel+délect | ecl constant | 5                  |
| Salle de repos                               | Manuel+délect | ecl constant | 4                  |
| Sanitaires ou vestiaires                     | Détection     | ecl constant | 2,5                |
| Locaux divers tech et autres                 | Manuel+délect | ecl constant | 2,5                |

### II.2.6 - NIVEAUX D'ÉCLAIREMENT

Les niveaux d'éclairage définis par pièce impactent les commandes d'éclairage, donc les puissances engagées et les apports qui sont liés au recours à l'éclairage artificiel.

Dans le projet, en fonction des critères d'utilisation des différents locaux, les niveaux d'éclairage rencontrés sont les suivants :

| Type usage du local           | Scenario     | Lux |
|-------------------------------|--------------|-----|
| Activité générale seuil élevé | CR GL 500lx  | 500 |
| Activité générale seuil moyen | CR GL 300lx  | 300 |
| Zone passante                 | CR PAS 100lx | 100 |
| Bureau                        | CR BUR 500lx | 500 |
| Zone technique                | CR TEC 100lx | 100 |

### II.2.7 - OCCULTATIONS

Les dispositions prévues sont fonctions des types de locaux :

- Stores dans les espaces de bureaux, les zones techniques.
- Stores zip occultants extérieurs dans les espaces sommeil et activités fréquentés par les enfants.

Les scénarisations des occultations brident ces dernières à 50% de la surface vitrée en période estivale.

## II.3 - ZONAGE DU BATIMENT

### II.3.1 - PRINCIPES DE ZONAGE MIS EN OEUVRE

#### **Découpage en zones d'unité thermique en STD**

Les zones, au sens STD, correspondent uniquement aux pièces et groupements de pièces dont on veut étudier le comportement thermique par le calcul. Elles sont définies par une homogénéité minimale de fonctionnement (occupation/système de ventilation).

Dans le cas présent, en phase APD, les pièces sont regroupées uniquement lorsqu'elles ont un fonctionnement neutre thermiquement pour le bâtiment (circulations, locaux techniques divers sans apports importants etc) pour permettre une analyse pertinente des dérives de températures en mode « confort d'été ».

#### **Etude en mode de ventilation détaillée**

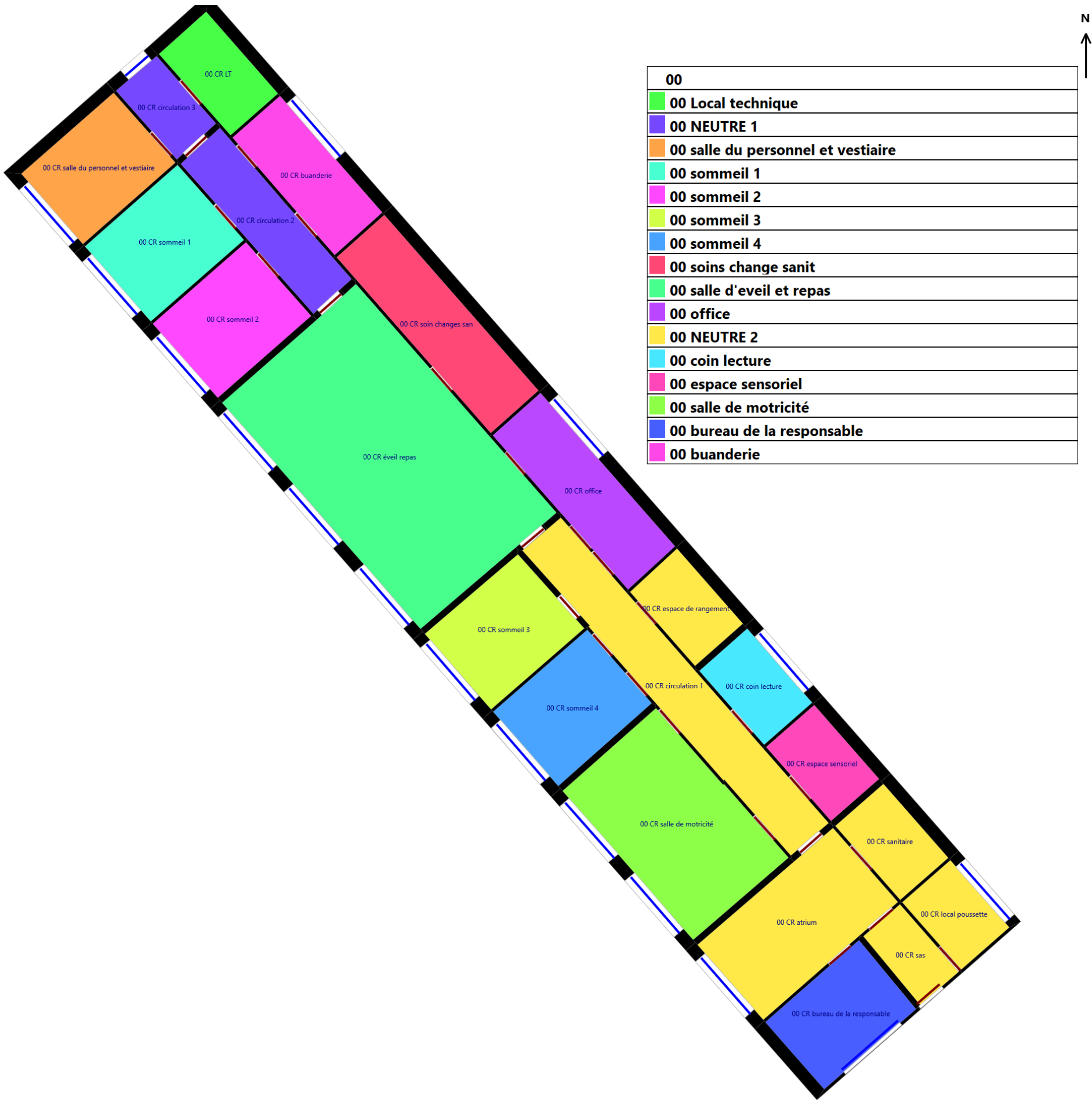
Pour obtenir des résultats au plus près des conditions réelles de fonctionnement du bâtiment, la saisie des ventilations est ici effectuée en mode « détaillé », c'est-à-dire pièce par pièce. Chaque bouche renseignée, reliée à un scénario de ventilation qui lui est propre, est asservie à son moteur de ventilation.

Aucune approche globale n'étant produite, nous pouvons considérer que les résultats tiennent compte parfaitement d'une optimisation des rendements d'échangeur, des bypass de ses derniers, des phénomènes de relances et du fonctionnement des batteries chaudes.

De surcroît, en mode détaillé, les transferts d'air d'une zone à une autre, de l'extérieur vers chaque pièce incluse dans une zone, sont pris en compte. Le calcul tient compte des variations d'infiltration d'air dans les locaux suivant les paramètres de « vent » des profils météo retenus et les différences de pression dans les locaux.

#### **Scénarisations des zones**

Toutes les zones sont scénarisées individuellement (pas de groupement de zones).



## II.4 - PRINCIPES DE SCENARISATION (CRITERES EN SAISIE DIRECTE)

### **Typologie des zones.**

Les scénarios (occupation, puissance dissipée, ventilation etc) sont regroupés par familles ou « types », qui correspondent à des plages d'utilisation similaires.

Le principe d'élaboration typologique étant le suivant :

- Profil de fréquentation de la zone,
- Profil de recours aux dispositifs générant des apports internes,
- Profil de régulation / asservissement de la ventilation aux deux premiers points évoqués.

De cette typologie dépendent la majorité des scénarios établis pour l'étude. **Les pièces particulières pour lesquelles cette approche n'est pas suffisante font l'objet de scénarios totalement individualisés.**

Les types de scénarios utilisés dans notre étude sont les suivants :

- BUR bureaux et assimilés, occupation journalière et plages de vacances :

[illegible]

- ACTIVITES (avec repas) locaux exploités en continue dans le cadre de l'usage de crèche :

Jours

S

Nom

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

## - ACTIVITE (sans repas)

Jours

</

## - PASSANT locaux sans occupation continue :

Jours

## - OFFICE préparation des repas :

Jours

- TECHNIQUE locaux techniques à occupation exceptionnelle :

Jours ☐ Afficher le nom

| + | S | Nom       | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
|---|---|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|   |   | Jour clas | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|   |   | Week-end  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|   |   | Jour vac  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|   |   | Mercredi  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|   |   | FERMETURE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

Semaines

| + | Nom          | Lundi     | Mardi     | Mercredi  | Jeudi     | Vendredi  | Samedi    | Dimanche  |
|---|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|   | Semaine Type | Jour clas | Jour clas | Jour clas | Jour clas | Jour clas | Week-end  | Week-end  |
|   | Vacances     | Jour vac  | Jour vac  | Jour vac  | Jour vac  | Jour vac  | Jour vac  | Jour vac  |
|   | FERMETURE    | FERMETURE | FERMETURE | FERMETURE | FERMETURE | FERMETURE | FERMETURE | FERMETURE |

- SOMMEIL salles de sieste :

Jours ☐ Afficher le nom

| + | S | Nom       | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
|---|---|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|   |   | Jour clas | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 10 | 60 | 60 | 0  | 0  | 60 | 60 | 10 | 10 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|   |   | Week-end  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|   |   | Jour vac  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 10 | 40 | 40 | 0  | 0  | 40 | 40 | 10 | 10 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|   |   | Mercredi  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 10 | 40 | 40 | 0  | 0  | 40 | 40 | 10 | 10 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|   |   | FERMETURE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

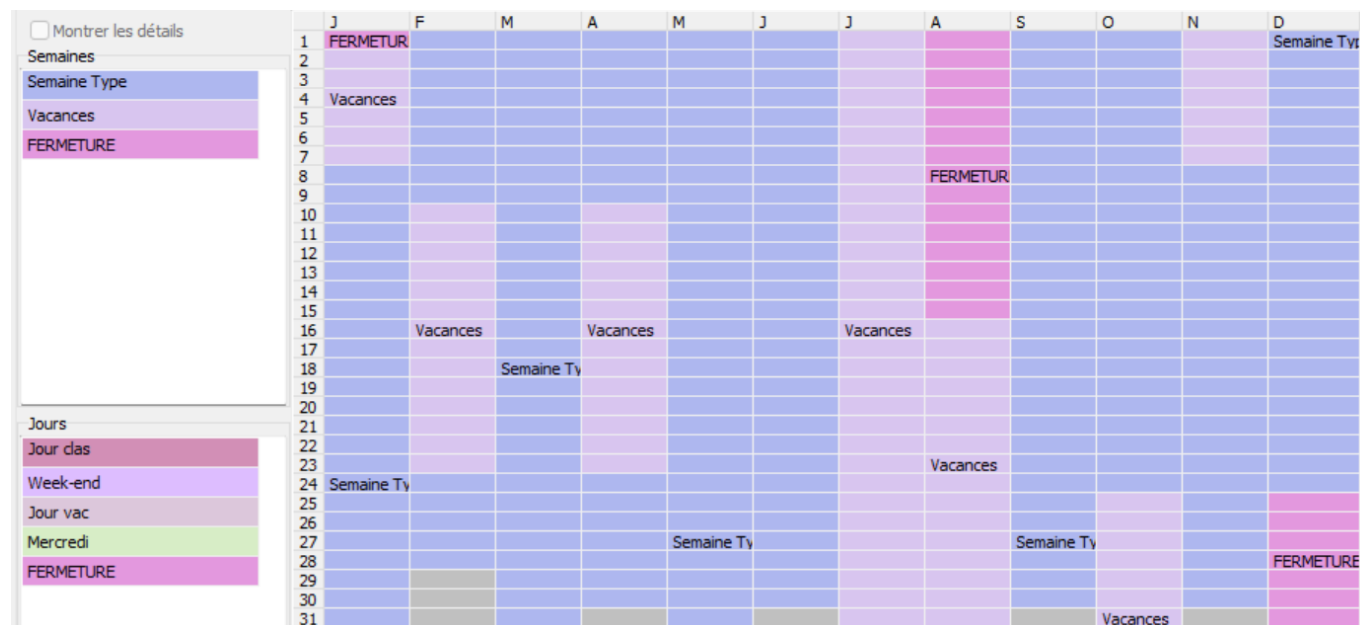
  

Semaines

| + | Nom          | Lundi     | Mardi     | Mercredi  | Jeudi     | Vendredi  | Samedi    | Dimanche  |
|---|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|   | Semaine Type | Jour clas | Jour clas | Jour clas | Jour clas | Jour clas | Week-end  | Week-end  |
|   | Vacances     | Jour vac  | Jour vac  | Jour vac  | Jour vac  | Jour vac  | Jour vac  | Jour vac  |
|   | FERMETURE    | FERMETURE | FERMETURE | FERMETURE | FERMETURE | FERMETURE | FERMETURE | FERMETURE |

## **Profil annuel**

La prise en compte de périodes de vacances se fait suivant le profil annuel suivant :



## **Occultations des menuiseries**

La prise en compte d'une scénarisation des occultations des menuiseries du projet permet la prise en compte des contraintes en saison froide et en saison chaude. Conformément à l'exigence de la Maitrise d'Ouvrage, et afin de rester dans les critères réalistes de la simulation, aucune occultation n'excède 50% de la surface vitrée étudiée.

- VOILETS ROULANTS :

Jours

☐ Afficher le nom

| S | Nom      | 0   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20  | 21  | 22  | 23  |
|---|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| + | Jour     | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 100 | 100 | 100 | 100 |
| - | Jour été | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 25 | 25 | 25 | 25 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 100 | 100 | 100 | 100 |

- STORES des zones de type bureaux :

Jours

☐ Afficher le nom

| S | Nom      | 0   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20  | 21  | 22  | 23  |
|---|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| + | Jour     | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 100 | 100 | 100 | 100 |
| - | Jour été | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 25 | 25 | 25 | 25 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 100 | 100 | 100 | 100 |

**Scénarios de fréquentation/occupations**

Les scénarios d'occupation sont des estimations de fréquentation « moyennes et réalistes » des différents espaces. Ils sont basés sur la définition des espaces sur les plans architecte, le planning prévisionnel d'exploitation annuel et les paramètres d'occupation du programme.

*Cf annexe rapport STD : ANNEXE*

**Scénarios de puissances dissipées**

Les scénarios de puissance sont basés sur ceux d'occupation du bâtiment, considérant que l'utilisation de sources indirectes de chaleur est directement liée à l'exploitation (utilisation d'ordinateurs, multimédia, équipements spécifiques).

*Cf annexe rapport STD : ANNEXE*

**Scénarios de ventilation**

Ces scénarios sont également basés sur ceux d'occupation, considérant que la ventilation sera asservie dans son fonctionnement aux horaires d'exploitation des différentes zones. D'une manière générale, les zones sanitaires et techniques chauffés sont ventilés en permanence et tout au cours de l'année. Les zones de bureau sont ventilées la journée, mises à l'arrêt durant les WE, les espaces d'enseignements sont ventilés uniquement lors de leurs occupation.

*Cf annexe rapport STD ANNEXE 1*

## REFERENCEMENT DES ZONES

|           |
|-----------|
| Bureau    |
| Activités |
| Passant   |
| Office    |
| Technique |
| Sommeil   |

| ZONE                               | NB pièces | SURFACE | NIVEAU | TYPE DE ZONE |
|------------------------------------|-----------|---------|--------|--------------|
| 00 Local technique                 | 1         | 30,57   | 0      | Technique    |
| 00 NEUTRE 1                        | 5         | 125,74  | 0      | Passant      |
| 00 salle de personnel et vestiaire | 1         | 35,78   | 0      | Passant      |
| 00 sommeil 1                       | 1         | 36,08   | 0      | Sommeil      |
| 00 sommeil 2                       | 1         | 36,24   | 0      | Sommeil      |
| 00 sommeil 3                       | 1         | 37,20   | 0      | Sommeil      |
| 00 sommeil 4                       | 1         | 37,29   | 0      | Sommeil      |
| 00 soins change sanit              | 1         | 49,38   | 0      | Passant      |
| 00 salle d'éveil et repas          | 1         | 170,35  | 0      | Activités    |
| 00 office                          | 1         | 39,15   | 0      | Office       |
| 00 NEUTRE 2                        | 7         | 197,97  | 0      | Passant      |
| 00 coin lecture                    | 1         | 18,78   | 0      | Activités    |
| 00 espace sensoriel                | 1         | 18,74   | 0      | Activités    |
| 00 salle de motricité              | 1         | 75,61   | 0      | Activités    |
| 00 bureau de la responsable        | 1         | 34,60   | 0      | Bureau       |
| 00 buanderie                       | 1         | 16,76   | 0      | Passant      |

### II.5 - OBSERVATIONS PREALABLES AU CALCUL

#### Zones à « risques thermiques » et prise en compte des dispositifs

L'étude en phase APD porte particulièrement sur les problématiques de surchauffe. Le projet architectural prévoit de grandes surfaces vitrées en expositions défavorables en saison estivale (SUD/OUEST). Compte-tenu des conditions climatiques retenues pour le calcul (qui prends en compte le réchauffement climatique), c'est un point de vigilance particulier.

Les hypothèses retenues quant aux taux d'occupation et d'exploitation sont raisonnablement défavorables, de sorte que les solutions déployées pour maintenir les bonnes conditions d'exploitation soient pleinement vérifiables (sans que les évolutions de conditions intérieures soient surchargées par des paramètres indépendants des conditions climatiques).

Les solutions prises en compte en base dans le calcul sont les suivantes :

- Dispositions strictement architecturales : brise-soleil, débords de toiture (intégration au projet), casquettes,
- Prise en compte de l'ouverture des baies (possibilités suivant affectations) en période chaude par scénarisation intégrées aux modes d'ouverture (déclenchement de seuil en fonction des températures intérieures et extérieures et de la vitesse et orientation du vent),
- Bypass des échangeurs de CTA dès la survenue de températures extérieures moyennes (déclenchement des bypass suivant seuils en chaud et en froid),

- Occultations des vitrages,

Le calcul dont les résultats figurent ci-dessous tiennent compte de l'application de toutes ces solutions.

Afin de ne pas surcharger le document, les résultats des études servants de comparatifs seront restreints aux zones identifiées comme point de vigilance.

### **Liste des simulations de la phase APD**

Ci-dessous la liste complète des simulations réalisée, avec pour chacune les variantes prises ou non en compte et les buts particulier de chaque calcul :

|           |                  |     |                    | Détail  | Ouvrants | Ventil | Occultations | Commentaire                           |
|-----------|------------------|-----|--------------------|---------|----------|--------|--------------|---------------------------------------|
| <b>C1</b> | <b>Référence</b> | STD | BASE<br>rennes moy | Complet | oui      | oui    | oui          | <b>Situation<br/>normale/actuelle</b> |
| <b>C2</b> | Variante         | STD | Rennes<br>TRACC2   | Complet | oui      | oui    | oui          | Evolution<br>défavorable              |
| <b>C3</b> | Variante         | STD | Rennes<br>TRACC4   | Complet | oui      | oui    | oui          | Evolution<br>pessimiste               |
| <b>C4</b> | Variante         | STD | BASE<br>rennes moy | Complet | non      | oui    | non          | Calcul témoin                         |
|           |                  |     |                    |         |          |        |              |                                       |
| <b>P1</b> | <b>Référence</b> | SED | BASE<br>rennes moy | Complet | oui      | oui    | oui          | Calcul des<br>consommations           |

### III - RESULTATS STD (CONFORT)

#### III.1 - RESULTATS REFERENCE COMPAREE : CALCULS C1 C2 C3

##### III.1.1 - MISE EN PLACE

Le tableau ci-dessous reporte l'ensemble des résultats pour les calculs C1 C2 et C3.

Le C1 est le calcul de référence, le C2 propose une variante sur la base du TRACC2 de l'ADEME. La différence notable entre les deux versions du fichier météo tient aux paramètres DJU (conditionne le chauffage). Nous observons qu'en mode estival les deux tableaux de résultats suivent les mêmes tendances, ce qui vient confirmer les hypothèses retenues au stade APD, et assurer de leur pertinence au regard des conditions météo utilisables.

Le C3, basé sur le TRACC4 de l'ADEME, permet d'observer le comportement théorique des bâtiments dans une perspective d'évolution très défavorable du climat.

Les critères d'observation retenus sont :

- Heures d'inconfort
- Taux d'inconfort
- Givonni (paramètre croisé de température et d'humidité, améliorant la lecture des taux d'inconfort et permettant de visualiser l'influence de la vitesse de circulation d'air dans les espaces).

On vise un minimum d'heures d'inconfort (limite usuelle à seuil 28°C : 50h), un taux d'inconfort minimal, et un taux de satisfaction de Givonni maximal.

##### III.1.2 - RESULTATS

Voir pages suivantes :

# RESULTATS COMPARES

|                                    | Calcul C1 |       |          |             |
|------------------------------------|-----------|-------|----------|-------------|
| Zones                              | Inc.<br>h | Inc % | Givoni h | Givoni<br>% |
| 00 Local technique                 | 0         | 0,00  | 797      | 90,36       |
| 00 NEUTRE 1                        | 4         | 0,15  | 1001     | 96,71       |
| 00 salle du personnel et vestiaire | 10        | 0,37  | 990      | 94,56       |
| 00 sommeil 1                       | 10        | 0,46  | 1015     | 95,66       |
| 00 sommeil 2                       | 10        | 0,46  | 1092     | 97,15       |
| 00 sommeil 3                       | 10        | 0,46  | 1207     | 97,42       |
| 00 sommeil 4                       | 10        | 0,46  | 1175     | 97,19       |
| 00 soins change sanit              | 0         | 0,00  | 873      | 95,20       |
| 00 salle d'éveil et repas          | 12        | 0,44  | 1752     | 97,66       |
| 00 office                          | 12        | 0,44  | 1235     | 96,48       |
| 00 NEUTRE 2                        | 5         | 0,18  | 1133     | 97,09       |
| 00 coin lecture                    | 10        | 0,46  | 965      | 95,92       |
| 00 espace sensoriel                | 2         | 0,09  | 854      | 92,52       |
| 00 salle de motricité              | 10        | 0,46  | 1249     | 97,12       |
| 00 bureau de la responsable        | 16        | 0,59  | 1677     | 96,60       |
| 00 buanderie                       | 9         | 0,33  | 1069     | 96,13       |
| HORS ETUDE                         | 0         | 0,00  | 0        | 0,00        |

|  | Calcul C2 |       |          |             |
|--|-----------|-------|----------|-------------|
|  | Inc.<br>h | Inc % | Givoni h | Givoni<br>% |
|  | 0         | 0,00  | 1074     | 91,02       |
|  | 3         | 0,11  | 1221     | 93,35       |
|  | 5         | 0,18  | 1164     | 91,29       |
|  | 4         | 0,18  | 1080     | 90,38       |
|  | 4         | 0,18  | 1135     | 92,28       |
|  | 5         | 0,23  | 1182     | 91,91       |
|  | 5         | 0,23  | 1146     | 91,68       |
|  | 0         | 0,00  | 1068     | 89,15       |
|  | 8         | 0,30  | 1754     | 92,56       |
|  | 5         | 0,18  | 1401     | 93,46       |
|  | 3         | 0,11  | 1284     | 93,86       |
|  | 4         | 0,18  | 1053     | 91,57       |
|  | 0         | 0,00  | 985      | 89,06       |
|  | 8         | 0,37  | 1173     | 91,36       |
|  | 19        | 0,70  | 1752     | 91,35       |
|  | 5         | 0,18  | 1256     | 92,83       |
|  | 0         | 0,00  | 0        | 0,00        |

|  | Calcul C3 |          |             |             |
|--|-----------|----------|-------------|-------------|
|  | Inc.<br>h | Inc<br>% | Givoni<br>h | Givoni<br>% |
|  | 124       | 4,58     | 883         | 71,27       |
|  | 122       | 4,50     | 1070        | 77,82       |
|  | 158       | 5,83     | 979         | 74,17       |
|  | 136       | 6,27     | 949         | 76,41       |
|  | 133       | 6,13     | 986         | 77,76       |
|  | 141       | 6,50     | 1033        | 78,08       |
|  | 139       | 6,41     | 992         | 77,20       |
|  | 66        | 2,44     | 962         | 76,84       |
|  | 194       | 7,16     | 1508        | 78,38       |
|  | 173       | 6,38     | 1183        | 76,72       |
|  | 142       | 5,24     | 1097        | 77,20       |
|  | 141       | 6,50     | 912         | 75,94       |
|  | 118       | 5,44     | 828         | 72,50       |
|  | 141       | 6,50     | 1007        | 76,81       |
|  | 204       | 7,53     | 1503        | 77,24       |
|  | 159       | 5,87     | 1074        | 75,79       |
|  | 0         | 0,00     | 0           | 0,00        |

### III.1.3 - COMMENTAIRES

Dans les trois configurations de calculs :

- Les zones sont globalement toutes sujettes à de l'inconfort en température, spécialement celles qui subissent de grosses charges d'apport par occupation. Ce profil de comportement thermique est classique des établissements de cette typologie.
- En version de référence du calcul (C1), nous n'observons pas de dérives incontrôlables de l'inconfort. Aucun inconfort n'excède les 50h.
- En configuration C2 (TRACC+2°C), les inconforts horaires constatés n'excèdent pas les 50 heures. Toutefois, l'inconfort pondéré (Givonni) prenant en compte l'humidité de l'air se dégrade (et avoisine les taux de 10%). A ces taux, le bâtiment demande une certaine vigilance pour être exploité confortablement (rigueur dans l'utilisation des occultations, aération maximale etc).
- En configuration C3 (TRACC+4°C), l'inconfort dépassant les 50heures annuelles est généralisé. Il est inconcevable d'exploiter ce bâtiment sous ces conditions sans recours à de la climatisation ou une révision complète des taux d'occupation et horaires de fonctionnement.

### III.1.4 - CONFORT PONDERE

Le critère de température est à lui seul imprécis pour caractériser le confort d'occupation des locaux. Afin de tenir compte du taux d'humidité et de la vitesse de circulation de l'air dans les espaces étudiés, nous observerons les diagrammes de Givonni.

Lecture des diagrammes :

- Chaque point de calcul se place sur la courbe d'humidité absolue (température résultante en abscisse).
- **Les vitesses d'air influencent le confort d'utilisation du local :**
  - o 0m/sec correspond à une absence totale de circulation d'air (pas de ventilation),
  - o 0.5 correspond à une valeur moyenne additionnant ventilation mécanique, naturelle et ouvertures partielles des ouvrants,
  - o 1m/sec correspond à un recours soutenu à l'ouverture des fenêtres (en plus de la ventilation),
  - o 1.5m/sec correspond à l'ouverture maximale et continue des fenêtres et/ou au recours à des appareils de brassage d'air,
- Tous les points de calcul situés dans les aires de délimitation (orange pour la vitesse 0, jaune pour 0.5, et verte pour 1m/sec) correspondent à des situations où le confort est (d'après calcul), assuré pour l'occupant.

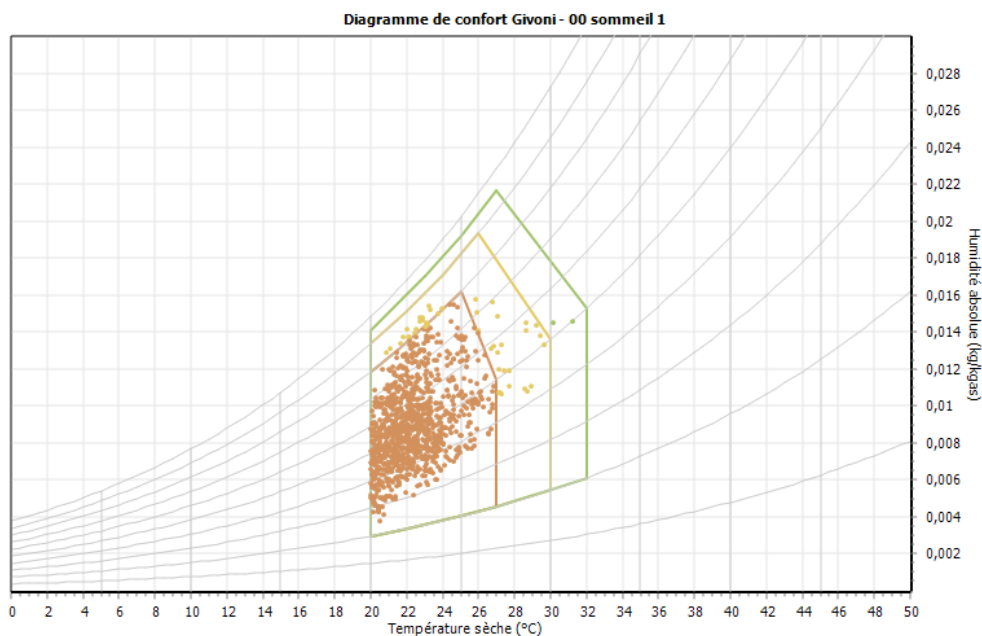
#### Vitesse de l'air:

☒ Tout sélectionner

- |                                     |                                                                                     |                 |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> |  | 0 m/s (65.8%)   |
| <input checked="" type="checkbox"/> |  | 0.5 m/s (86.5%) |
| <input checked="" type="checkbox"/> |  | 1 m/s (95%)     |
| <input checked="" type="checkbox"/> |  | 1.5 m/s (99.3%) |

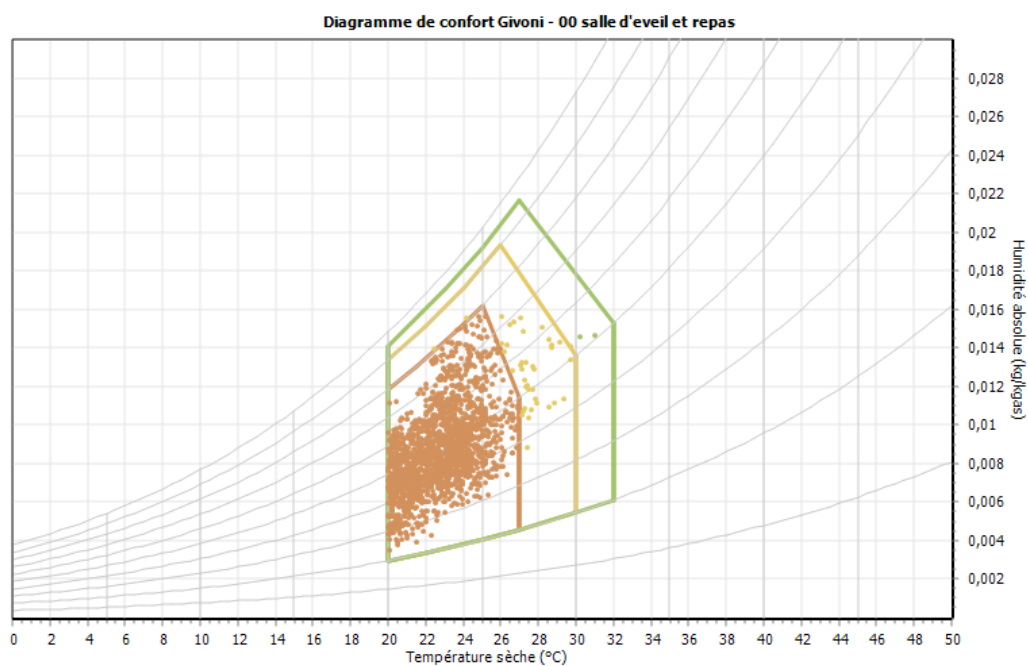
Ci-dessous des cas représentatifs pour les zones 00 sommeil 1 / 00 salle d'éveil et de repas / 00 Office / 00 bureau de la responsable.

### ZONE 00 Sommeil 1

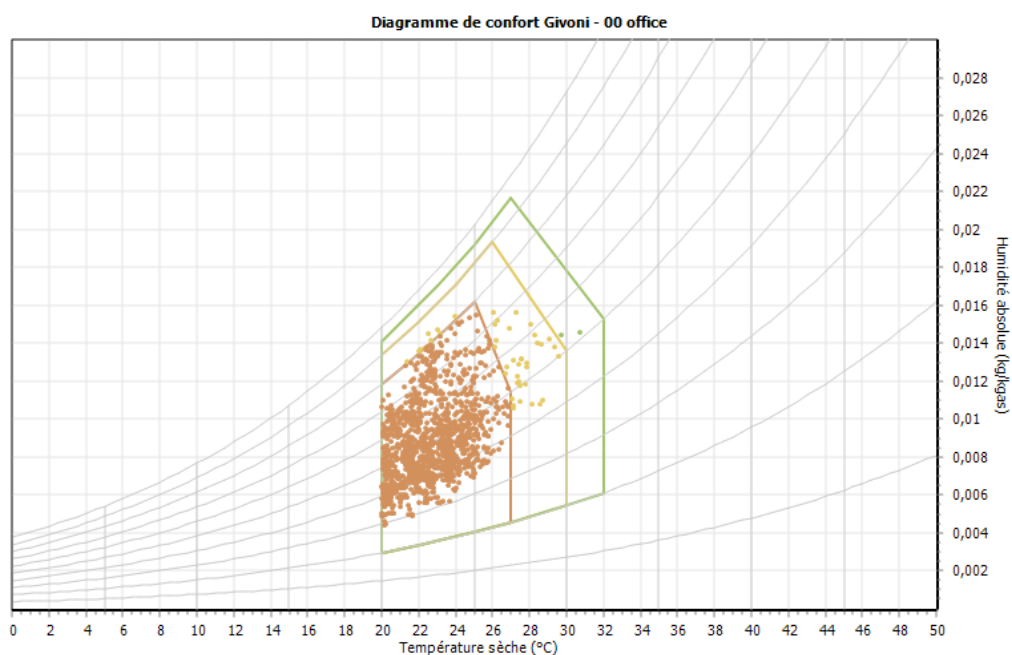


Totalité de l'inconfort vaincu sous vitesse d'air de 1m/s (brasseur d'air ou ventilateur).

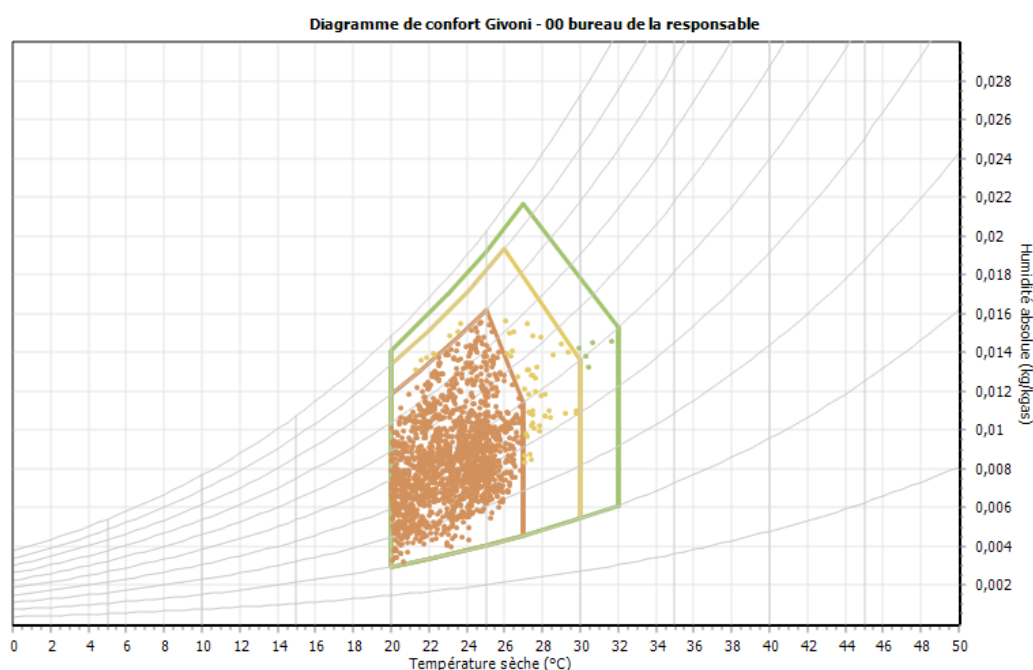
### ZONE 00 Salle d'éveil et de repas



Totalité de l'inconfort vaincu sous vitesse d'air de 1m/s (brasseur d'air ou ventilateur).

**ZONE 00 Office**

Totalité de l'inconfort vaincu sous vitesse d'air de 1m/s (brasseur d'air ou ventilateur).

**ZONE 00 Bureau de la responsable**

Totalité de l'inconfort vaincu sous vitesse d'air de 0.5m/s.

Toutes les configurations de résultats du calcul de référence en termes de confort pondéré démontrent que les dérives sont maîtrisables sous une vitesse de circulation de l'air atteignable par ventilations mécaniques des

espaces (dimensionnées à 0.20m/s), par ouverture des fenêtres en cas de besoin et très ponctuellement par mise en place de ventilateurs.

Il n'est pas nécessaire (sous les critères d'étude retenus en phase APD) de prévoir de dispositifs complémentaires de brassage d'air à plein temps.

### III.2 - RESULTATS VARIANTE : CALCULS C4

#### III.2.1 - MISE EN PLACE

Le tableau ci-dessous reporte l'ensemble des résultats pour les calculs C1 et C4.

Le calcul C4, illustre l'importance des dispositifs passifs de lutte contre les apports solaires. Le calcul n'a pas à être interprété comme approche réaliste de l'utilisation des bâtiments.

Les critères d'observation retenus sont les heures et taux d'inconfort.

#### III.2.2 - RESULTATS

|                                    | Calcul C1 | Calcul C4 |
|------------------------------------|-----------|-----------|
| Zones                              | Inc. h    | Inc. h    |
| 00 Local technique                 | 0         | 0         |
| 00 NEUTRE 1                        | 4         | 85        |
| 00 salle du personnel et vestiaire | 10        | 201       |
| 00 sommeil 1                       | 10        | 143       |
| 00 sommeil 2                       | 10        | 161       |
| 00 sommeil 3                       | 10        | 211       |
| 00 sommeil 4                       | 10        | 198       |
| 00 soins change sanit              | 0         | 116       |
| 00 salle d'éveil et repas          | 12        | 222       |
| 00 office                          | 12        | 167       |
| 00 NEUTRE 2                        | 5         | 196       |
| 00 coin lecture                    | 10        | 106       |
| 00 espace sensoriel                | 2         | 97        |
| 00 salle de motricité              | 10        | 155       |
| 00 bureau de la responsable        | 16        | 198       |
| 00 buanderie                       | 9         | 208       |
| HORS ETUDE                         | 0         | 0         |

#### III.2.3 - COMMENTAIRES

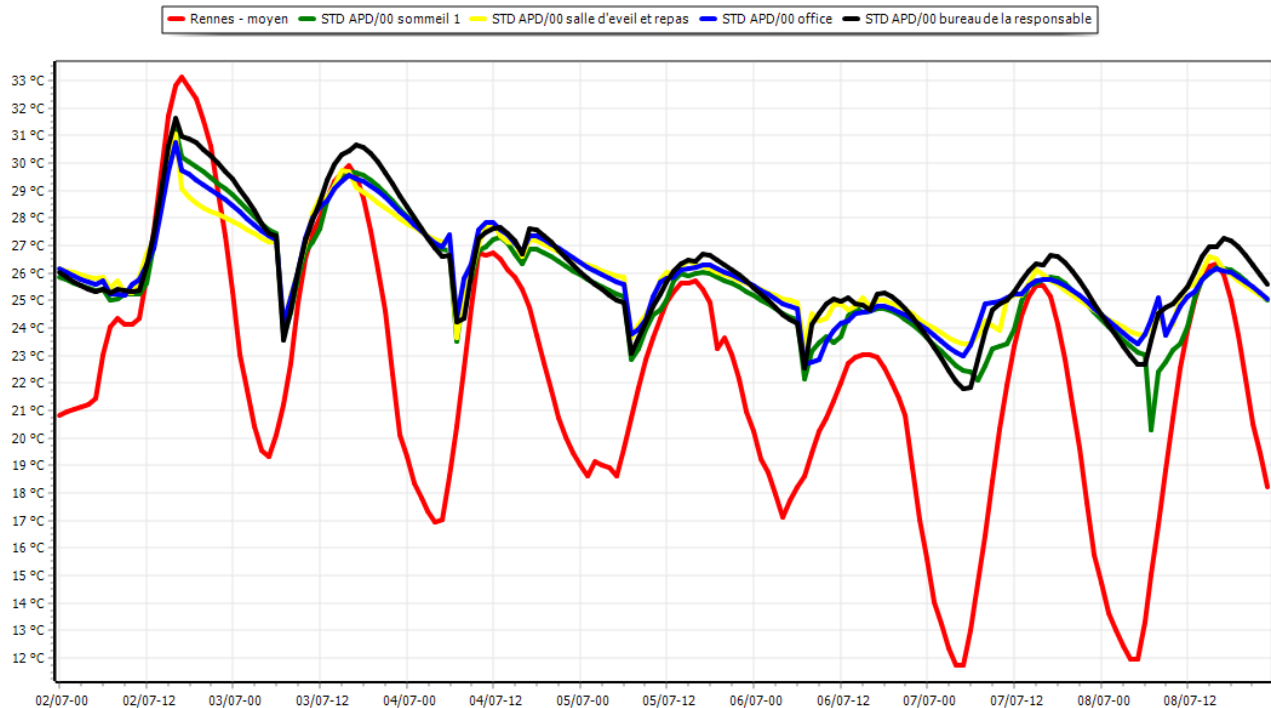
En configuration C4, l'inconfort explose dans tout l'échantillon de zones, au-delà de valeurs que l'on peut juger « contrôlables ».

Le contrôle direct des apports solaires est indispensable à la viabilité du projet.

### III.3 - ANALYSES COMPLEMENTAIRES

#### III.3.1 - TEMPERATURES ZONES DIVERSES (SEMAINE LA PLUS CHAUDE)

Le graphique ci-dessous présente l'évolution des températures résultantes des différentes zones ciblées comme étant les plus représentatives, au cours de la semaine la plus chaude de l'année étudiée, dans le calcul de référence C1.



Les températures opératives constatées suivent celles de l'extérieur avec un léger décalage (aplatissement des courbes relatives aux exploitations des différentes pièces). Les seuils d'inoccupation sont très marqués (forte influence des apports internes comme évoqué précédemment). Les pics observables sont directement corrélés aux occupations des différents espaces (principal vecteur d'apports). Ces observations sont caractéristiques des bâtiments de cette typologie.

#### **IV - CONCLUSIONS GENERALES**

En phase APD du projet, les résultats des calculs mettent en évidence les points suivants :

- Les dispositifs de lutte contre les apports solaires prévus actuellement sont indispensables au contrôle de la température,
- Le confort thermique intégrant le critère d'humidité absolue est maîtrisé,
- Les consommations prévisibles sont maîtrisées.
- Les menuiseries doivent rester ouvrables et permettre une gestion manuelle de situations d'inconfort thermique.

En maintenant tous ces dispositifs, le projet est conforme à tous les objectifs fixés au programme et dans des conditions identifiées comme normales d'utilisation, il ne fera pas l'objet de fortes dérives en confort d'été et en dépense énergétique.

En phase PRO du projet, les études seront mises à jour avec tous les éléments évoqués antérieurement :

- Les ajustements de débits de ventilations.
- Les mises à jour des plans architecturaux.

**V - ANNEXES (HYPOTHESES DETAILLEES)**

- Annexe STD : Hypothèses détaillées APS du modèle de référence (issues du logiciel PLEIADES COMFIE)