

Maître d'ouvrage :
MINISTERE DE L'INTERIEUR - PREFECTURE DE LA REGION MARTINIQUE
Conducteur d'Opération :
Direction d'infrastructure de la défense (DID) de Fort-de-France

Opération :
CONSTRUCTION DU NOUVEL HOTEL DE POLICE DE FORT-DE-FRANCE
Bld du Général de Gaulle - 97000 - FORT-DE-FRANCE

Maîtrise d'oeuvre :
François MONNET - Gilles LE DRIAN - SCPA DERVAIN-VAN THE - architectes
68 rue Hoche, 93170 BAGNOLET - Tél : 01 43 62 64 22 - Fax : 01 72 71 84 49
Mobiles : MONNET : 06 71 57 59 12 / LE DRIAN : 06 08 53 66 18
332 Le Vieux Moulin de Didier 97200 FORT-DE-FRANCE - Tél 0596 64 84 85 Fax 0596 64 69 56

GRONTMIJ SECHAUD BOSSUYT : Bureau d'études
Tour de Rosny2 – Av du Général de Gaulle - 93118 ROSNY SOUS BOIS CEDEX - Tél : 01 48 12 07 10 – Fax 01 48 12 07 01
CETE Ingénierie
Résidence Morne Vannier – Eole 2 - 97200 FORT DE FRANCE - Tel 0596 60 99 17 - Fax 0596 63 77 29
Geoff ROOKE consultant parasismique
Le Bas Lin, 44119 TREILLIERES - Tél/Fax : 02 51 82 62 48

PHASE : DCE

ANNEXES AUX PIECES TECHNIQUES ECRITES

3.21 – SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE



| Indice | Date | Mise à jour |
|--------|----------|--|
| 0 | 22/04/13 | Dossier initial notice APS |
| 1 | 04/11/13 | Notice APD |
| 2 | 24/07/14 | Mise à jour suivant remarques MOA – notice PRO |
| 3 | 20/01/15 | Dossier DCE |
| | | |
| | | |

Simulation Thermique Dynamique

Hôtel de Police Fort de France- PRO

SOMMAIRE

| | | |
|------|---|----|
| I. | INTRODUCTION..... | 1 |
| II. | Etude réglementaire | 2 |
| III. | Outils et documents utilisés | 3 |
| | <i>Textes de références.....</i> | 3 |
| | <i>Logiciel utilisé.....</i> | 3 |
| IV. | Conception de l'enveloppe | 4 |
| | Hypothèses de construction du bâtiment | 4 |
| | Hypothèse de fonctionnement du bâtiment | 7 |
| V. | Calculs d'apports | 9 |
| VI. | Estimation des consommations | 10 |
| | <i>Traitement thermique du bâtiment</i> | 10 |
| | <i>Ventilation.....</i> | 11 |
| | <i>Apports internes et éclairage</i> | 11 |
| | <i>ECS.....</i> | 11 |
| VII. | Bilan des consommations | 13 |

I. INTRODUCTION

Le présent document rend compte des estimations de consommations électriques des différents postes du bâtiment. Ce rapport complète les résultats présentés dans les études thermiques des Phase APS et APD.

NOTE SUR LA STD :

Il est important de souligner que les résultats de simulations sont souvent différents des besoins énergétiques réels du bâtiment. Les calculs sont basés sur des hypothèses de fonctionnement qui peuvent diverger de l'usage réel car il est impossible de prévoir certains écarts comme l'absence non prévue d'effectifs, l'ouverture de menuiseries, la modification de consigne de température, la mise en place d'équipements non prévus participant aux apports internes, les comportements climatiques exceptionnels ou la panne éventuelle d'équipements.

Il n'en reste pas moins que les simulations procurent des informations importantes sur le comportement du bâtiment et sur ses besoins thermiques estimés permettant la conception du bâti et le dimensionnement des systèmes CVC.

II. Etude réglementaire

Le climat et le mode de vie des départements d'outre-mer rendent la réglementation métropolitaine inadaptée en matière de thermique, d'acoustique et d'aération. En effet, ces réglementations conduisent en métropole à des constructions lourdes, fermées, très étanches, incompatibles avec les dispositions constructives locales. Par ailleurs, en termes de consommation énergétique, l'effort est mis en métropole principalement sur la réduction des besoins en chauffage, tandis que ceux-ci sont dans les DOM généralement négligeables devant les autres postes de consommation.

Jusqu'à présent, il n'existait aucune réglementation technique sur ces aspects concernant les constructions neuves de logements dans les DOM, ce qui a conduit à la construction de bâtiments variés aux performances très hétérogènes.

Il était important de bâtir des réglementations adaptées aux conditions climatiques des DOM. C'est la RTAA DOM, un ensemble de 3 nouvelles réglementations spécifiques, en thermique, acoustique et aération.

Comme en métropole, les nouvelles réglementations spécifiques aux DOM se fondent sur les principes suivants :

- améliorer la performance énergétique des bâtiments ;
- limiter le recours à la climatisation ;
- garantir la qualité de l'air à l'intérieur du logement ;
- protéger la santé des occupants ;
- garantir un confort d'usage minimal, acoustique comme hygrothermique.

Uniquement applicable pour les bâtiments à usage d'habitation, elle constitue toutefois une base de réflexion pour la conception des bâtiments à autre usages. Elle est constituée de prescriptions et de valeurs garde fous principalement pour la protection solaire et il n'y a aucun calcul type Cep prévu. Il n'est pas possible d'utiliser le moteur de calcul de la RT2012 car il a été conçu pour des climats continentaux et les données météo disponibles ne correspondent pas au cas des DOM. Il est donc proposé d'utiliser la STD pour les calculs de consommation prévisionnels.

Ainsi, dans l'arrêté du 17 Avril 2009 définissant les caractéristiques thermiques minimales des bâtiments d'habitation neufs dans les départements de la Guadeloupe, de la Martinique, de la Guyane et de la Réunion, sont définis les gardes fous et préconisations suivants :

- U_{\max} des parois opaques horizontales = 0,5 (W/m².K)
- U_{\max} des parois opaques verticales = 2 (W/m².K)
- Facteur solaire des baies des locaux climatisés inférieur ou égal à 0,25
- Interdiction de présence de baies sur parois horizontales
- Taux minimal admissible d'ouverture des baies pour flux d'air = 20 %

III. Outils et documents utilisés

Liste des documents utilisés :

- Plans de niveaux – 07/02/2014
- Retours sur APD concernant les scénarios de fonctionnement
- Recommandations générales en efficacité énergétique
- Rapport STD contenant phase APD du 14/10/2013

Textes de références

- Décret n° 2009-424 du 17 avril 2009 portant sur les dispositions particulières relatives aux caractéristiques thermiques, énergétiques, acoustiques et d'aération des bâtiments d'habitation dans les départements de la Guadeloupe, de la Guyane, de la Martinique et de La Réunion
- Arrêté du 17 avril 2009 définissant les caractéristiques thermiques minimales des bâtiments d'habitation neufs dans les départements de la Guadeloupe, de la Martinique, de la Guyane et de La Réunion
- Arrêté du 17 avril 2009 relatif aux caractéristiques acoustiques des bâtiments d'habitation neufs dans les départements de la Guadeloupe, de la Martinique, de la Guyane et de La Réunion
- Arrêté du 17 avril 2009 relatif à l'aération des bâtiments d'habitation neufs dans les départements de la Guadeloupe, de la Martinique, de la Guyane et de La Réunion

Logiciel utilisé

Pléiades+COMFIE est un ensemble logiciel de simulation thermique dynamique de bâtiment, il peut être utilisé pour la conception bioclimatique, l'analyse du confort thermique... Il est composé de plusieurs modules :

- COMFIE est le noyau de calcul
- Pléiades est l'interface de saisie des bibliothèques, de gestion du bâtiment, de calcul et d'analyse de résultats
- Alcyone est l'interface de saisie et d'affichage du bâtiment.

Largement validé depuis plusieurs années, PLEIADES + COMFIE permet de simuler le comportement thermique des bâtiments multizones en régime dynamique.

Version logiciel utilisée : 3.4.4

IV. Conception de l'enveloppe

Hypothèses de construction du bâtiment

Unités

| Caractéristique | Libellé | Unité |
|--|-----------|-------------------------|
| Epaisseur | Ep | (cm) |
| Conductivité | λ | (W/(m.K)) |
| Masse volumique | MV | (kg/m ³) |
| Chaleur spécifique | CS | (Wh/(kg.K)) |
| Coefficient de transmission surfacique | U | (W/(m ² .K)) |
| Résistance thermique | R | ((m ² .K)/W) |

Compositions utilisées

Liste des compositions utilisées - isolation extérieure

| Composition Simple | P1-Plancher bas TP RDC | | | |
|--------------------|------------------------|---------------------|--------------------------|--------------------------|
| Composante | Ep(cm) | λ (W/(m.K)) | U(W/(m ² .K)) | R((m ² .K)/W) |
| Béton armé | 20 | 1.75 | 8.75 | 0.11 |
| Total | | | 8.75 | 0.11 |

| Composition Simple | P2-Plancher haut RDC - LT | | | |
|--------------------|---------------------------|---------------------|--------------------------|--------------------------|
| Composante | Ep(cm) | λ (W/(m.K)) | U(W/(m ² .K)) | R((m ² .K)/W) |
| Béton armé | 20 | 1.75 | 8.75 | 0.11 |
| Fibraglo | 6 | 0.035 | 0.58 | 1.71 |
| Total | | | 0.55 | 1.83 |

| Composition Simple | P3-Débords extérieurs | | | |
|-----------------------------|-----------------------|---------------------|--------------------------|--------------------------|
| Composante | Ep(cm) | λ (W/(m.K)) | U(W/(m ² .K)) | R((m ² .K)/W) |
| Béton armé | 20 | 1.75 | 8.75 | 0.11 |
| Fibraglo | 6 | 0.035 | 0.58 | 1.71 |
| Vide air | 10 | 0.094 | 0.94 | 1.06 |
| Faux plafond type FERMACELL | 1.5 | 0.32 | 21.33 | 0.05 |
| Total | | | 0.34 | 2.94 |

| Composition Simple | P4-Plancher intermédiaire | | | |
|-----------------------------|---------------------------|---------------------|--------------------------|--------------------------|
| Composante | Ep(cm) | λ (W/(m.K)) | U(W/(m ² .K)) | R((m ² .K)/W) |
| Béton armé | 20 | 1.75 | 8.75 | 0.11 |
| Vide air | 10 | 0.094 | 0.94 | 1.06 |
| Faux plafond type FERMACELL | 1.5 | 0.32 | 21.33 | 0.05 |
| Total | | | 0.82 | 1.22 |

| Composition Simple | T1-Toiture terrasse accessible en étage | | | |
|---|---|---------------------|--------------------------|--------------------------|
| Composante | Ep(cm) | λ (W/(m.K)) | U(W/(m ² .K)) | R((m ² .K)/W) |
| Béton armé | 17 | 1.75 | 10.29 | 0.10 |
| Isolant Polyuréthane EFFIGREEN DUO-EFISOL | 6 | 0.023 | 0.38 | 2.61 |
| Etanchéité | 2 | 0.5 | 25.00 | 0.04 |
| Dalle sur plots | 4 | 1.75 | 43.75 | 0.02 |
| Total | | | 0.36 | 2.77 |

| Composition Simple | T2-Toiture terrasse technique en étage | | | |
|---|--|---------------------|--------------------------|--------------------------|
| Composante | Ep(cm) | λ (W/(m.K)) | U(W/(m ² .K)) | R((m ² .K)/W) |
| Béton armé | 17 | 1.75 | 10.29 | 0.10 |
| Isolant Polyuréthane EFFIGREEN DUO-EFISOL | 6 | 0.023 | 0.38 | 2.61 |
| Etanchéité | 2 | 0.5 | 25.00 | 0.04 |
| Dalle caillebotis | 4 | 1.75 | 43.75 | 0.02 |
| Total | | | 0.36 | 2.77 |

| Composition Simple | T3-Toiture terrasse inaccessible | | | |
|---|----------------------------------|---------------------|--------------------------|--------------------------|
| Composante | Ep(cm) | λ (W/(m.K)) | U(W/(m ² .K)) | R((m ² .K)/W) |
| Béton armé | 17 | 1.75 | 10.29 | 0.10 |
| Isolant Polyuréthane EFFIGREEN DUO-EFISOL | 10 | 0.023 | 0.23 | 4.35 |
| Etanchéité | 2 | 0.5 | 25.00 | 0.04 |
| Total | | | 0.22 | 4.48 |

| Composition Simple | T4-Couverture acier | | | |
|--------------------|---------------------|--|--|--|
|--------------------|---------------------|--|--|--|

| Composante | Ep(cm) | $\lambda(W/(m,K))$ | $U(W/(m^2,K))$ | $R((m^2,K)/W)$ |
|-------------------|--------|--------------------|----------------|----------------|
| Bac acier perforé | 0.2 | 46 | 23000.00 | 0.00 |
| Laine de roche | 20 | 0.038 | 0.19 | 5.26 |
| Vide air | 4 | 0.094 | 2.35 | 0.43 |
| BA13. | 1.3 | 1.15 | 88.46 | 0.01 |
| Total | | | 0.18 | 5.70 |

| Composition Simple | F1-Bardage métallique + laine de roche | | | |
|---|--|--------------------|----------------|----------------|
| Composante | Ep(cm) | $\lambda(W/(m,K))$ | $U(W/(m^2,K))$ | $R((m^2,K)/W)$ |
| Plaques de plâtre doubles | 2.6 | 0.35 | 13.46 | 0.07 |
| Laine de roche bac de bardage côté vide d'air | 8 | 0.038 | 0.48 | 2.11 |
| Vide air | 4 | 0.094 | 2.35 | 0.43 |
| Caisson métallique aluminium ou panneaux composites | 4 | 200 | 5000.00 | 0.00 |
| Total | | | 0.38 | 2.61 |

| Composition Simple | F2-RdC sur zone garde à vue | | | |
|--------------------|-----------------------------|--------------------|----------------|----------------|
| Composante | Ep(cm) | $\lambda(W/(m,K))$ | $U(W/(m^2,K))$ | $R((m^2,K)/W)$ |
| Béton | 2.5 | 1.75 | 70.00 | 0.01 |
| Total | | | 70.00 | 0.01 |

| Composition Simple | M1-Murs sur locaux techniques | | | |
|--------------------|-------------------------------|--------------------|----------------|----------------|
| Composante | Ep(cm) | $\lambda(W/(m,K))$ | $U(W/(m^2,K))$ | $R((m^2,K)/W)$ |
| Béton | 18 | 1.75 | 23.08 | 0.04 |
| Fibraglo | 10 | 0.035 | 0.35 | 2.86 |
| Total | | | 0.35 | 2.90 |

| Composition Simple | M2-Murs sur gaine ascenseur | | | |
|--------------------|-----------------------------|--------------------|----------------|----------------|
| Composante | Ep(cm) | $\lambda(W/(m,K))$ | $U(W/(m^2,K))$ | $R((m^2,K)/W)$ |
| Plaque de plâtre | 1 | 0.35 | 35.00 | 0.03 |
| Laine de roche | 8 | 0.038 | 0.48 | 2.11 |
| Béton | 20 | 1.75 | 8.75 | 0.11 |
| Total | | | 0.44 | 2.25 |

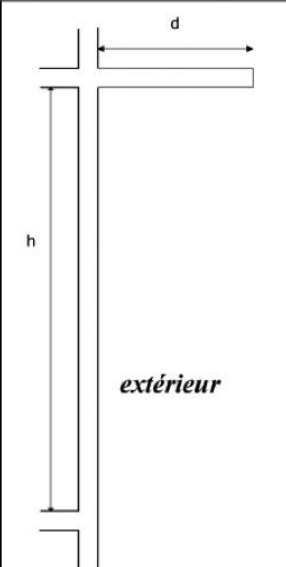
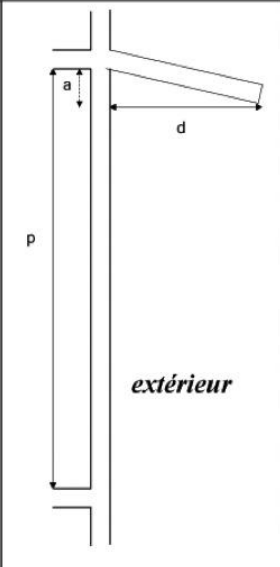
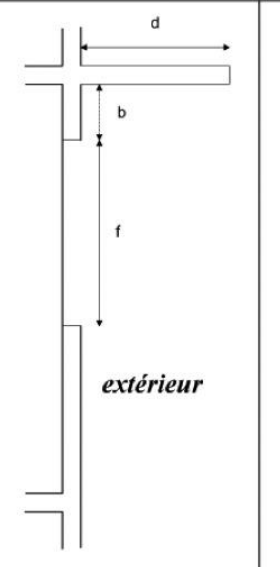
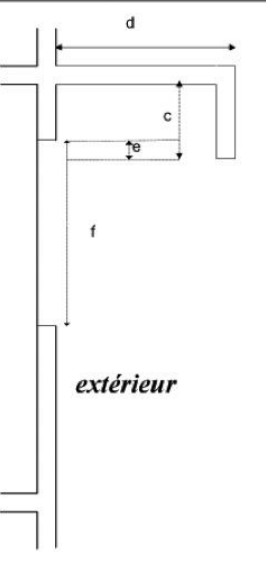
| Composition Simple | M3-Cloisons internes | | | |
|--------------------|----------------------|--------------------|----------------|----------------|
| Composante | Ep(cm) | $\lambda(W/(m,K))$ | $U(W/(m^2,K))$ | $R((m^2,K)/W)$ |
| Plâtre + cellulose | 1.3 | 0.3 | 23.08 | 0.04 |
| Laine de roche | 6 | 0.038 | 0.65 | 1.54 |
| Plâtre + cellulose | 1.3 | 0.3 | 23.08 | 0.04 |
| Total | | | 0.62 | 1.62 |

| Menuiseries sans rupteurs | | | | | | | |
|---------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-----------------|-------------|------|------|
| Libellé paroi vitrée | Type paroi vitrée | Protection solaire | Type de menuiserie | Type de vitrage | Uw (W/m2.K) | FS | TL |
| HDPFDP-ME-Est | Fenêtre | Variable | Alu | DV 4/8/4 PE Air | 1,60 | 0,27 | 0,50 |
| HDPFDP-ME-Nord | Fenêtre | Variable | Alu | DV 4/8/4 PE Air | 1,60 | 0,27 | 0,50 |
| HDPFDP-ME-Ouest | Fenêtre | Variable | Alu | DV 4/8/4 PE Air | 1,60 | 0,27 | 0,50 |
| HDPFDP-ME-Sud | Fenêtre | Variable | Alu | DV 4/8/4 PE Air | 1,60 | 0,27 | 0,50 |

| Ponts thermiques - isolation externe | | |
|---------------------------------------|-------------------------------|------|
| Pt Thermiques | Référence | Psi |
| Mur extérieur/ plancher intermédiaire | b.1 - Pl. intermédiaire | 0,09 |
| Mur extérieur/ plancher bas | a.1 - Pl. bas sur TP | 0,47 |
| Mur extérieur/ plancher haut terrasse | c.1 - Pl haut / mur extérieur | 0,26 |
| Mur extérieur - Angle rentrant | d.1 - Angle rentrant | 0,03 |
| Mur extérieur - Angle sortant | d.1 - Angle sortant | 0,15 |
| Mur de refend | d.2 - Mur / refend | 0,06 |

| | | |
|----------------------|------------|-----------------|
| Infiltrations | 1,2 m3h/m2 | soit 0.23 vol/h |
|----------------------|------------|-----------------|

Note sur les facteurs solaires de menuiseries : Bien que les facteurs solaire initiaux soient de 0,27, ils seront réduits par l'installation des protections solaires. La réduction du facteur peut être calculée à partir de l'Annexe III de l'arrêté du 17 Avril 2009 avec :

| | | | |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |
| $\ll d/h \gg = d/h$ | $\ll d/h \gg = d/(p-a)$ | $\ll d/h \gg = d/(f+b)$ | $\ll d/h \gg = d/(f-e)$ |

| Localisation | Orientation | Coefficient de réduction Cm correspondant aux pare-soleil | | | | | |
|--------------------------|-----------------------|---|---|---|----------------|-----------------|-----------|
| | | Paroi ou baie sans pare-soleil | Paroi ou baie avec pare-soleil vertical ventilé | Paroi ou baie avec pare-soleil horizontal | | | |
| | | | | $d/h \geq 0,25$ | $d/h \geq 0,5$ | $d/h \geq 0,75$ | $d/h = 1$ |
| Guyane | « nord » | 1,0 | 0,3 | 0,65 | 0,50 | 0,35 | 0,30 |
| | « sud » | | | | | | |
| | « est » « ouest » | | | | | | |
| Guadeloupe Martinique | « est » | 1,0 | 0,3 | 0,65 | 0,50 | 0,40 | 0,35 |
| | « nord » | | | | | | |
| | « sud » « ouest » | | | | | | |
| La Réunion | « est » | 1,0 | 0,3 | 0,65 | 0,50 | 0,40 | 0,35 |
| | « sud » | | | | | | |
| | « nord » « ouest » | | | | | | |

| Type de protection | | Facteur solaire sans pare-soleil horizontal So | | | | |
|-----------------------------|---|--|---|---------------------|--------------------|-------------------|
| | | Baie non protégée | Baie protégée par des volets battants ou roulants ou store extérieur opaque | | | |
| | | | « couleur claire » | « couleur moyenne » | « couleur sombre » | « couleur noire » |
| Fenêtre battante métallique | « couleur noire » ou « couleur sombre » | 0,63 | 0,16 | 0,18 | 0,20 | 0,22 |
| | « couleur moyenne » ou « couleur claire » | 0,61 | 0,12 | 0,14 | 0,16 | 0,18 |
| Autre menuiserie métallique | « couleur noire » ou « couleur sombre » | 0,66 | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,20 |
| | « couleur moyenne » ou « couleur claire » | 0,64 | 0,10 | 0,12 | 0,14 | 0,16 |
| Menuiserie bois PVC | « couleur noire » ou « couleur sombre » | 0,52 | 0,10 | 0,12 | 0,14 | 0,16 |
| | « couleur moyenne » ou « couleur claire » | 0,51 | 0,08 | 0,10 | 0,12 | 0,14 |

Hypothèse de fonctionnement du bâtiment

| | Zones | Surface | Volume | Occup | Apt int | Ecl | Apt spec | TOTAL | Ren air | DF | T°C fr | Usage | Type |
|----|--------------------------------------|---------|--------|-------|---------|------|----------|-------|---------|------------|--------|-----------------|-----------|
| | | m² | m³ | P | W/m2 | W/m2 | W | W/m2 | m3/h | % | °C | | |
| 1 | Bureaux courants | 1642 | 5603 | 180 | 20 | 8 | 0 | 28 | 4500 | 40% | 25 | Bureau Jour | Jour |
| 2 | Archives | 123 | 420 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 420 | 40% | 19 | LT | LT |
| 3 | Office détente cafétariat | 27 | 96 | 13 | 0 | 8 | 0 | 8 | 325 | 40% | 25 | Réunion Jour/nu | Jour/Nuit |
| 4 | Vestiaires - Sanitaires | 710 | 2410 | 80 | 0 | 8 | 0 | 8 | 5400 | 40% | 25 | Vestiaires | LT |
| 5 | Reprographie | 52 | 180 | 0 | 50 | 8 | 0 | 58 | 180 | 40% | 25 | Sanitaires | Jour |
| 6 | Bureaux jour-nuit | 388 | 1358 | 39 | 20 | 8 | 0 | 28 | 970 | 40% | 25 | Bureau Jour/nu | Jour/Nuit |
| 7 | Attente surveillée | 10 | 35 | 3 | 0 | 8 | 0 | 8 | 75 | 40% | 25 | Bureau Jour/nu | Jour/Nuit |
| 8 | Chef de poste | 135 | 473 | 3 | 0 | 8 | 2000 | 23 | 75 | 40% | 25 | Bureau Jour/nu | Jour/Nuit |
| 9 | LT - Transfo | 68 | 228 | 0 | 0 | 0 | 32000 | 470 | 12086 | | NC | LT | Jour/Nuit |
| 10 | Salle exploitation | 39 | 130 | 4 | 0 | 8 | 4500 | 124 | 100 | 40% | 25 | Bureau Jour/nu | Autonome |
| 11 | Zone GAV Audition | 55 | 191 | 2 | 0 | 8 | 0 | 8 | 70 | 40% | 25 | GAV | Autonome |
| 12 | Zone GAV Bureaux | 54 | 189 | 7 | 20 | 8 | 0 | 28 | 245 | 40% | 25 | GAV | Autonome |
| 13 | Zone GAV Stock repas | 9 | 31 | 0 | 0 | 8 | 2000 | 234 | 31 | 40% | 25 | GAV | Autonome |
| 14 | Zone GAV Cellules | 162 | 569 | 12 | 0 | 8 | 0 | 8 | 700 | 40% | 25 | GAV | Autonome |
| 15 | LT - Rafrachis | 283 | 995 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 995 | | 25 | LT | Jour/Nuit |
| 16 | Armurerie | 53 | 187 | 1 | 0 | 8 | 0 | 8 | 562 | 40% | 24 | Bureau Jour/nu | Jour/Nuit |
| 17 | Laboratoires et séchage | 66 | 234 | 4 | 0 | 8 | 10000 | 159 | 1200 | 40% | 23 | Bureau Jour | Jour |
| 18 | Réunion | 81 | 286 | 46 | 0 | 8 | 4000 | 57 | 1150 | 40% | 25 | Réunion Jour | Jour |
| 19 | Scellés | 31 | 111 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 111 | 40% | 15 | LT | Jour |
| 20 | Ecoutes | 12 | 40 | 2 | 20 | 8 | 0 | 28 | 198 | 40% | 25 | Bureau Jour/nu | Jour/Nuit |
| 21 | Hall accueil public | 92 | 323 | 20 | 0 | 8 | 0 | 8 | 775 | 40% | 25 | Bureau Jour/nu | Jour/Nuit |
| 22 | Salle de sport | 88 | 295 | 20 | 0 | 8 | 0 | 8 | 600 | 40% | 25 | Salle de sport | Jour |
| 23 | Bureaux SDIR et DIPJ | 195 | 656 | 27 | 20 | 8 | 0 | 28 | 675 | 40% | 25 | Bureau Jour | Jour |
| 24 | Serveur informatique | 41 | 141 | 0 | 0 | 0 | 5000 | 122 | 141 | 40% | 19 | LT | Jour/Nuit |
| 25 | Auditions DIPJ | 58 | 213 | 12 | 0 | 8 | 0 | 8 | 300 | 40% | 25 | Bureau Jour | Jour |
| 26 | LT radio telecom | 20 | 74 | 5 | 0 | 8 | 2500 | 132 | 368 | | 25 | Bureau Jour/nu | Jour/Nuit |
| 27 | Atelier info - doc opé - courrier | 45 | 156 | 12 | 20 | 8 | 0 | 28 | 300 | 40% | 25 | Bureau Jour | Jour |
| 28 | Salle opérationnelle | 50 | 184 | 3 | 0 | 8 | 5000 | 107 | 75 | 40% | 25 | Bureau Jour/nu | Jour/Nuit |
| 29 | Reunion Jour-nuit | 66 | 240 | 30 | 0 | 8 | 4000 | 69 | 200 | 40% | 25 | Réunion Jour/nu | Jour/Nuit |
| 30 | Local messagerie et alarmes | 13 | 49 | 5 | 0 | 8 | 2500 | 196 | 25 | 40% | 25 | Bureau Jour/nu | Jour/Nuit |
| 31 | Restauration | 89 | 298 | 40 | 0 | 8 | 0 | 8 | 1500 | 40% | 25 | Restauration | Jour |
| 32 | Poubelles | 18 | 62 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 617 | Ventil Nat | 20 | LT | LT |
| 33 | Circulations - locaux non rafraichis | 1929 | 6650 | 0 | 0 | 8 | 0 | 8 | 0 | 40% | NC | Sanitaires | Jour/Nuit |
| 34 | Salle d'appel | 58 | 194 | 40 | 0 | 8 | 0 | 8 | 1000 | 40% | 25 | Bureau Jour | Jour |
| 35 | LT attenant salle exploitation | 7 | 24 | 0 | 0 | 0 | 5000 | 708 | 24 | | 25 | LT | Jour/Nuit |
| 36 | LT rafraichis Parking | 56 | 196 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 196 | | 25 | LT | Jour/Nuit |

| | Bureau Jour | | Bureau Jour/nuir | | Réunion Jour | | Réunion Jour/nuir | | Vestiaires | |
|---------|----------------------|-----|---------------------|----|---------------------|----|---------------------|----|---------------------|----|
| Heures | Occupation max = 275 | | Occupation max = 85 | | Occupation max = 46 | | Occupation max = 44 | | Occupation max = 80 | |
| 0h-1h | 20% | 0 | 100% | 85 | 0% | 0 | 0% | 0 | 20% | 0 |
| 1h-2h | 20% | 0 | 100% | 85 | 0% | 0 | 0% | 0 | 20% | 0 |
| 2h-3h | 20% | 0 | 100% | 85 | 0% | 0 | 0% | 0 | 20% | 11 |
| 3h-4h | 20% | 0 | 100% | 85 | 0% | 0 | 50% | 22 | 20% | 0 |
| 4h-5h | 20% | 0 | 100% | 85 | 0% | 0 | 50% | 22 | 20% | 0 |
| 5h-6h | 20% | 179 | 33% | 28 | 0% | 0 | 0% | 0 | 20% | 0 |
| 6h-7h | 20% | 179 | 19% | 16 | 0% | 0 | 0% | 0 | 20% | 0 |
| 7h-8h | 100% | 138 | 36% | 31 | 0% | 0 | 0% | 0 | 20% | 40 |
| 8h-9h | 100% | 61 | 35% | 30 | 100% | 46 | 100% | 43 | 20% | 0 |
| 9h-10h | 100% | 66 | 100% | 85 | 95% | 44 | 50% | 22 | 20% | 0 |
| 10h-11h | 100% | 140 | 100% | 85 | 0% | 0 | 0% | 0 | 20% | 0 |
| 11h-12h | 100% | 118 | 54% | 46 | 0% | 0 | 0% | 0 | 20% | 0 |
| 12h-13h | 100% | 118 | 54% | 46 | 0% | 0 | 0% | 0 | 20% | 0 |
| 13h-14h | 100% | 149 | 86% | 73 | 0% | 0 | 0% | 0 | 20% | 0 |
| 14h-15h | 100% | 63 | 48% | 41 | 100% | 46 | 100% | 43 | 20% | 0 |
| 15h-16h | 100% | 88 | 96% | 81 | 50% | 23 | 50% | 22 | 20% | 0 |
| 16h-17h | 100% | 143 | 94% | 80 | 0% | 0 | 0% | 0 | 20% | 0 |
| 17h-18h | 100% | 138 | 67% | 57 | 0% | 0 | 0% | 0 | 20% | 8 |
| 18h-19h | 20% | 0 | 50% | 42 | 0% | 0 | 50% | 22 | 20% | 40 |
| 19h-20h | 20% | 0 | 70% | 59 | 0% | 0 | 50% | 22 | 20% | 0 |
| 20h-21h | 20% | 0 | 100% | 85 | 0% | 0 | 0% | 0 | 20% | 0 |
| 21h-22h | 20% | 0 | 64% | 54 | 0% | 0 | 50% | 22 | 20% | 0 |
| 22h-23h | 20% | 0 | 64% | 54 | 0% | 0 | 50% | 22 | 20% | 0 |
| 23h-24h | 20% | 0 | 100% | 85 | 0% | 0 | 0% | 0 | 20% | 0 |

| | GAV | | Restauration | | Salle de sport | | Occupation totale | |
|---------|---------------------|----|---------------------|----|---------------------|----|-------------------|--|
| Heures | Occupation max = 21 | | Occupation max = 40 | | Occupation max = 20 | | | |
| 0h-1h | 100% | 21 | 0% | 0 | 0% | 0 | 106 | |
| 1h-2h | 100% | 21 | 0% | 0 | 0% | 0 | 106 | |
| 2h-3h | 100% | 21 | 0% | 0 | 0% | 0 | 117 | |
| 3h-4h | 100% | 21 | 0% | 0 | 0% | 0 | 128 | |
| 4h-5h | 100% | 21 | 0% | 0 | 0% | 0 | 128 | |
| 5h-6h | 100% | 21 | 0% | 0 | 0% | 0 | 228 | |
| 6h-7h | 100% | 21 | 20% | 8 | 0% | 0 | 224 | |
| 7h-8h | 100% | 21 | 0% | 0 | 0% | 0 | 230 | |
| 8h-9h | 100% | 21 | 0% | 0 | 50% | 10 | 211 | |
| 9h-10h | 100% | 21 | 0% | 0 | 0% | 0 | 238 | |
| 10h-11h | 100% | 21 | 0% | 0 | 0% | 0 | 246 | |
| 11h-12h | 100% | 21 | 100% | 40 | 50% | 10 | 235 | |
| 12h-13h | 100% | 21 | 100% | 40 | 50% | 10 | 235 | |
| 13h-14h | 100% | 21 | 0% | 0 | 0% | 0 | 243 | |
| 14h-15h | 100% | 21 | 0% | 0 | 0% | 0 | 214 | |
| 15h-16h | 100% | 21 | 0% | 0 | 0% | 0 | 235 | |
| 16h-17h | 100% | 21 | 0% | 0 | 0% | 0 | 244 | |
| 17h-18h | 100% | 21 | 10% | 4 | 50% | 10 | 238 | |
| 18h-19h | 100% | 21 | 20% | 8 | 100% | 20 | 153 | |
| 19h-20h | 100% | 21 | 42% | 17 | 0% | 0 | 119 | |
| 20h-21h | 100% | 21 | 28% | 11 | 0% | 0 | 117 | |
| 21h-22h | 100% | 21 | 0% | 0 | 0% | 0 | 97 | |
| 22h-23h | 100% | 21 | 0% | 0 | 0% | 0 | 97 | |
| 23h-24h | 100% | 21 | 0% | 0 | 0% | 0 | 106 | |

Les scénarios de fonctionnement journaliers sont très importants et directement responsable de la charge de rafraîchissement. Ils doivent alors être validés afin d'assurer le bon fonctionnement et l'optimisation des équipements thermiques prévus. Une occupation ponctuelle totale maximum de 244 personnes en journée et 106 personnes la nuit est estimée.

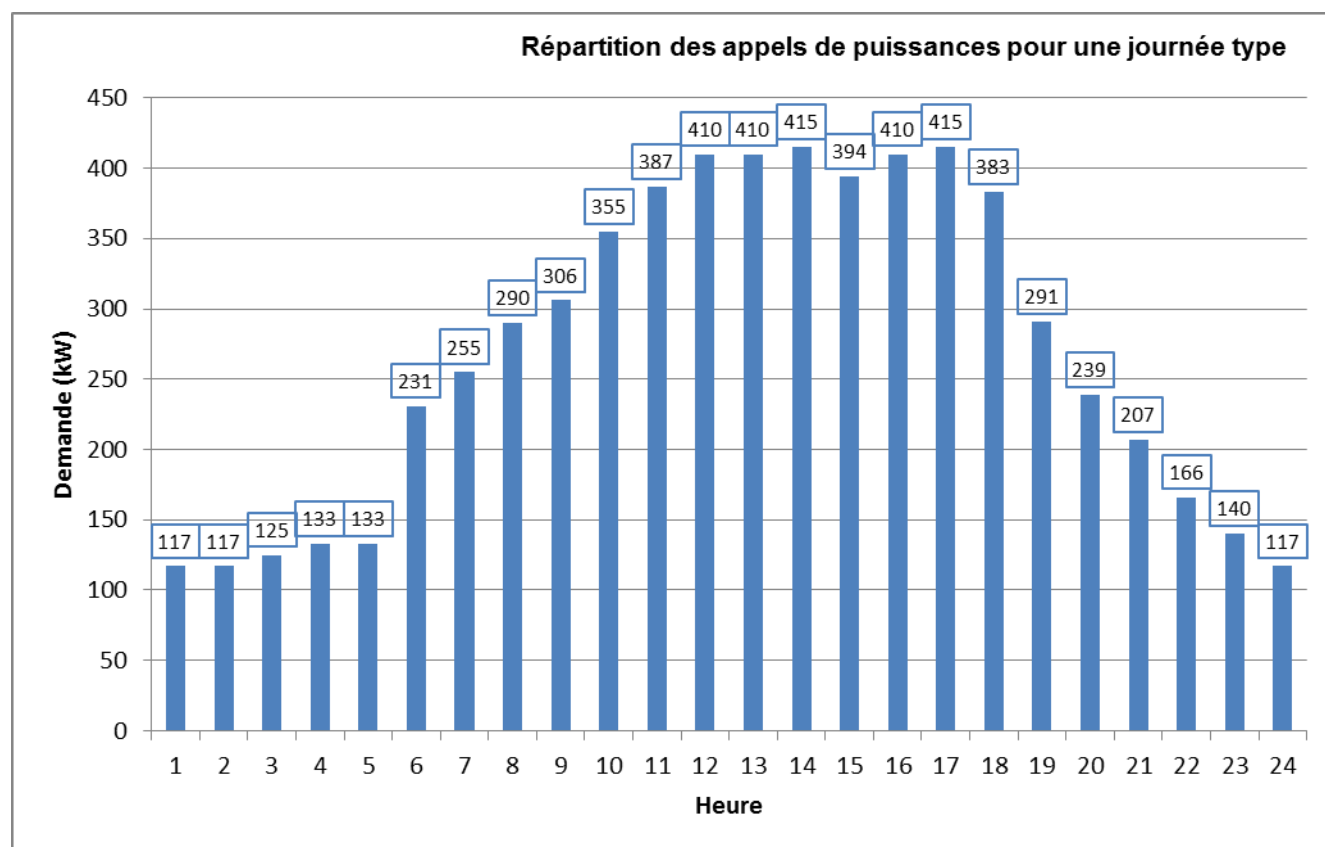
V. Calculs d'apports

Les calculs d'apports ont été effectués avec les hypothèses suivantes :

- Température jour : 32°C
- Température nuit : 25 °C

| Apports Diurnes | Transmission kW | Solaire kW | Occupation kW | Apports internes kW | Ventilation kW | Surplus sance kW | TOTAL kW |
|---|--------------------|-------------------|------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------|
| Bâtiment isolé - Avec protections solaires - Menuiseries DV | 116 | 43 | 34 | 145 | 42 | 34 | 415 |
| Apports Nocturne | Transmission kW | Ventilation kW | Occupation kW | Apports internes kW | Surplus sance kW | TOTAL kW | |
| Bâtiment isolé - Avec protections solaires - Menuiseries DV | 6 | 9 | 15 | 77 | 11 | 117 | |

La répartition journalière des apports est donnée comme suit :



VI. Estimation des consommations

Traitement thermique du bâtiment

Pour ce poste, la fourniture en énergie prévoit la présence d'un stockage de glace afin de d'amortir les pics de consommation pendant la journée, quand le tarif de l'électricité est le plus cher.

Les conditions tarifaires considérées sont précisées ci-après :

| Heures | Type | Prix du kWh en ct d'euros | Heures | Type | Prix du kWh en ct d'euros |
|---------|------|---------------------------|---------|------|---------------------------|
| 0h-1h | HC | 2,231 | 12h-13h | HP | 5,945 |
| 1h-2h | HC | 2,231 | 13h-14h | HP | 5,945 |
| 2h-3h | HC | 2,231 | 14h-15h | HP | 5,945 |
| 3h-4h | HC | 2,231 | 15h-16h | HP | 5,945 |
| 4h-5h | HC | 2,231 | 16h-17h | HP | 5,945 |
| 5h-6h | HC | 2,231 | 17h-18h | HP | 5,945 |
| 6h-7h | HP | 5,945 | 18h-19h | P | 11,319 |
| 7h-8h | HP | 5,945 | 19h-20h | P | 11,319 |
| 8h-9h | HP | 5,945 | 20h-21h | HP | 5,945 |
| 9h-10h | P | 11,319 | 21h-22h | HP | 5,945 |
| 10h-11h | P | 11,319 | 22h-23h | HC | 2,231 |
| 11h-12h | P | 11,319 | 23h-24h | HC | 2,231 |

Dans le cas du bâtiment étudié :

| Cas | Traitement thermique | |
|---|----------------------|--------|
| | MWh/an | EUR/an |
| Bâtiment isolé - Avec protections solaires - Menuiseries DV | 405 | 15792 |

Le cas de base choisi est le cas du bâtiment isolé avec protections solaires fixes et des menuiseries double vitrage sans rupture de ponts thermiques et le traitement thermique inclus :

- les apports par transmission et ensoleillement
- les apports internes incluant équipements, occupants et éclairage
- Les apports d'amenée d'air neuf

La facture énergétique pour le traitement thermique du bâtiment seul est d'environ **15 800 €/an**.

Note : Sans stockage de glace, la facture énergétique s'élève à 20 050 €/an pour 321 MWh/an. Bien que la consommation annuelle soit plus faible, la répartition nocturne de la charge de l'accumulateur permet de réduire la facture énergétique.

Ventilation

Les consommations de ventilation ne dépendent pas des différences de systèmes constructifs mais uniquement des moteurs des ventilateurs avec :

- 0,3 W/m³ pour une ventilation simple flux
- 0,6 W/m³ pour une ventilation double flux

La facture énergétique pour le traitement thermique du bâtiment seul est d'environ **4340 €/an** avec 72 MWh/an.

Apports internes et éclairage

Les consommations électriques des apports internes incluent :

- l'éclairage
- le matériel informatique
- les apports des équipements spécifiques (transformateur, locaux techniques, etc.)

La facture énergétique pour le traitement thermique du bâtiment seul est d'environ **46500 €/an** avec 764 MWh/an.

ECS

La fourniture d'ECS est assurée en préchauffage par un échangeur à plaque sur les groupes froid de 18 kW et stockées dans un ballon d'eau chaude de 1000 litres. Un appoint électrique de 6 kW permet ensuite la chauffe d'un ballon de 500 litres à 60 °C.

| ECS | | |
|------------------|------|--------|
| Besoins | 1000 | L/j |
| Température | 60 | °C |
| T°C préchauffage | 35 | °C |
| EF | 25 | °C |
| Tps de chauffe | 7 | heures |
| Echangeur | 18 | kW |
| Appoint elec | 6 | kW |
| Volume chauff/h | 143 | L/h |
| P/h | 4 | kW |

La formule suivante permet de calculer l'énergie nécessaire pour élever la température d'un volume V de T1 à T2.

$$Q = \rho V C_p (T_2 - T_1)$$

Avec :

- Q = Energie en Joule (J)
- M = Masse de fluide à réchauffer en kg
- Cp = Capacité thermique massique à pression constante en J/(kg.K) – Pour l'eau, Cp = 4185 J/(kg.K)
- T1 = Température initiale du fluide en Kelvin (ou °C)
- T2 = Température finale du fluide en Kelvin (ou °C)

- ΔT = Différence de température entre la température finale et la température initiale en Kelvin (ou °C)
- ρ = Masse volumique du fluide en kg/m³ – Pour l'eau, $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$
- V = Volume de fluide en m³

L'énergie calculée ci-dessus est donnée en Joule (J). Un joule est égal à 1 Watt multiplié par 1 seconde. Donc $1 \text{ J} = 1 \text{ W.s}$. Pour calculer la puissance nécessaire pour chauffer un volume d'eau en un temps (t) donné, il suffit de diviser l'énergie Q (en Joule) par le temps de chauffe souhaité T (en seconde).

Donc :

$$P = Q/t$$

Avec :

- P en W
- Q en J
- t en s

La facture énergétique pour le traitement thermique du bâtiment seul est d'environ **227 €/an** avec 10 MWh/an.

VII. Bilan des consommations

| Bâtiment isolé - Avec protections solaires - Menuiseries DV | Traitement thermique | Ventilation | Apports internes | ECS | TOTAL |
|---|----------------------|-------------|------------------|--------|--------|
| | MWh/an | MWh/an | MWh/an | MWh/an | MWh/an |
| | 405 | 72 | 764 | 10 | 1251 |
| | Traitement thermique | Ventilation | Apports internes | ECS | TOTAL |
| | EUR/an | EUR/an | EUR/an | EUR/an | EUR/an |
| | 15792 | 4341 | 46478 | 227 | 66838 |

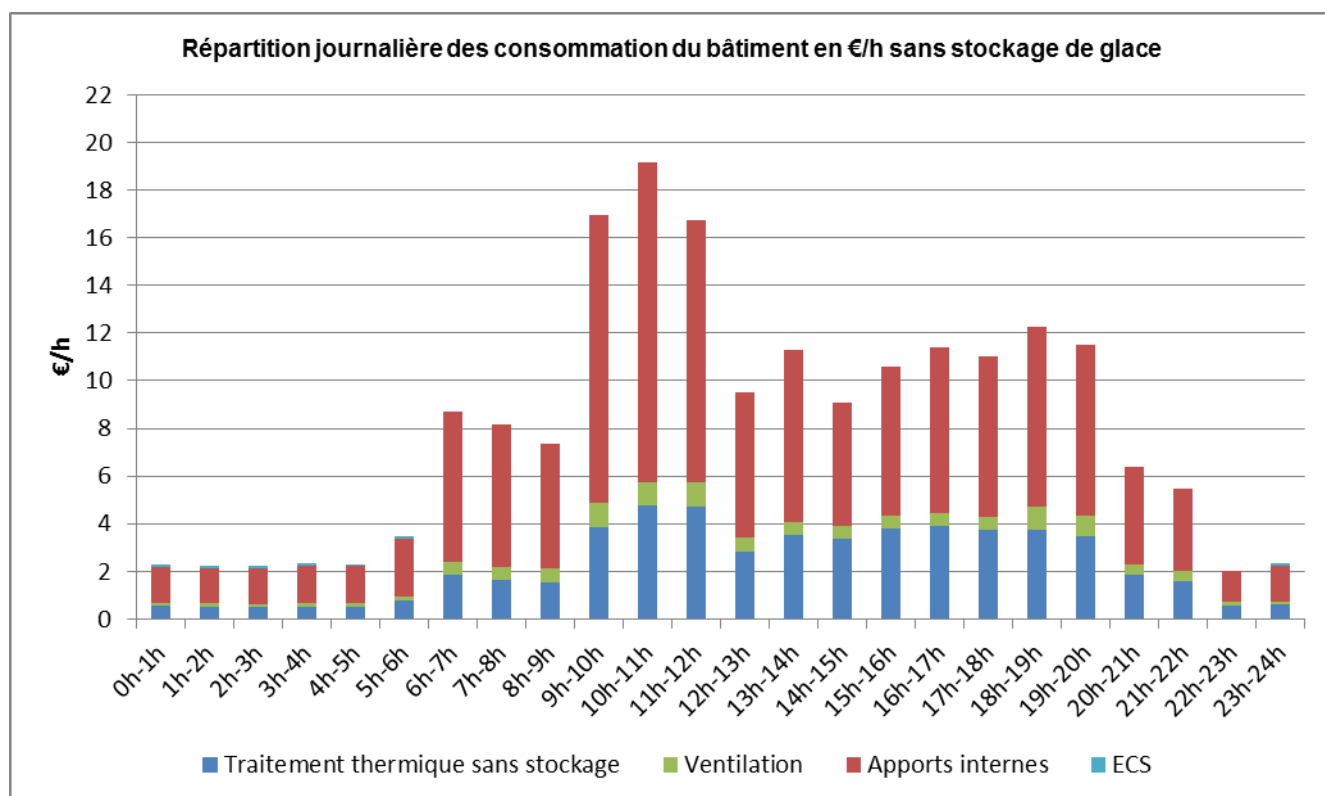
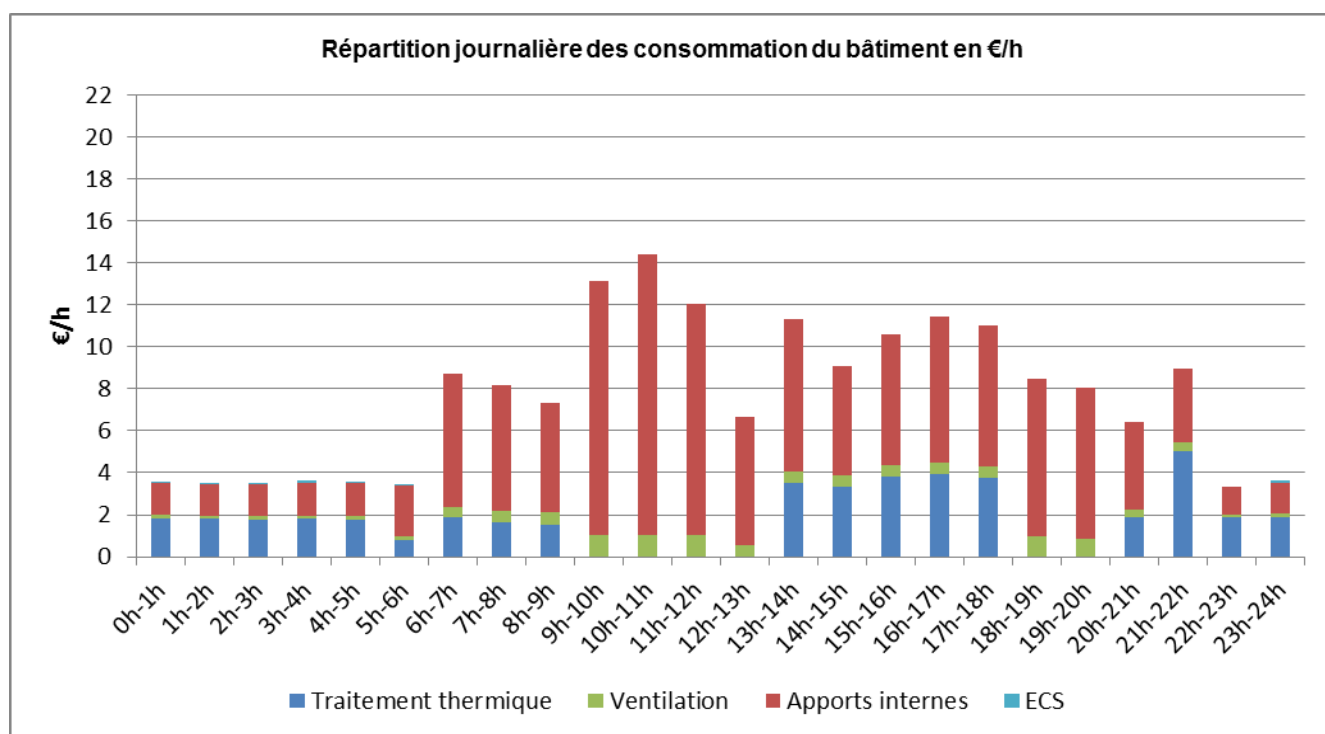
Cette étude complémentaire est cohérente avec l'étude fournie en phase APD :

- Les scénarios d'occupation ont été modifiés entraînant une augmentation des effectifs diurnes
- Les puissances de rafraîchissement maximales appelées passent de 400kW à 415kW diurne et de 125kW à 117kW nocturne
- Les coûts de fonctionnement passent de 67 100 €/an à 66 900 €/an

Les variations de résultats ne sont pas significatives.

Note : Les consommations données ci-dessus ne doivent pas être comparées avec une référence de type Réglementaire car elles incluent tous les locaux spécifiques ainsi que les apports internes globaux des zones ; ce qui n'est jamais inclus dans une simulation réglementaire. De plus, et comme abordé en introduction de ce rapport, les résultats énoncés ne peuvent être que de nature approximative, nombre de variables reposant sur un comportement humain qui ne peut pas être prévu de manière certaine.

Histogrammes de répartition des consommations avec et sans stockage de glace



Le stockage de glace entraîne une consommation légèrement plus coûteuse la nuit mais permet de réduire de manière significative la consommation des équipements thermiques en journée, quand le coût de l'énergie est le plus élevé. Ainsi, le coût annuel de fonctionnement sans stockage s'élève à environ 71100€/an pour 66900€/an avec le stockage de glace.