



|   |                                      |   |
|---|--------------------------------------|---|
|  | Audit énergétique – Mairie d’Allaire |  |
|   | Indice B – Juin 2021                 |   |

|                      |                                   |                             |
|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| Date :               | Indice :                          | Observations :              |
| <b>25/05/2021</b>    | <b>A</b>                          | <b>Rapport final</b>        |
| <b>07/06/2021</b>    | <b>B</b>                          | <b>Ajout de la synthèse</b> |
| Affaire :            | <b>Etude N°1860EAB</b>            |                             |
| Ingénieur d'études : | <b>S. BLANCHARD<br/>T. DURAND</b> |                             |
| Vérificateur :       | <b>S. BLANCHARD</b>               |                             |
| Approbateur :        | <b>G. ACCARION</b>                |                             |

Titre :

## Réalisation d'un audit énergétique – Mairie d'Allaire

Illustration :



Bureau d'études :



**AKAJOULE SAS**

18, Boulevard Paul Perrin

44 600 Saint - Nazaire

Tél : 07 82 74 66 32

[stanislas.blanchard@akajoule.com](mailto:stanislas.blanchard@akajoule.com)

[thibaud.durand@akajoule.com](mailto:thibaud.durand@akajoule.com)

Client :



**MAIRIE D'ALLAIRE**


Place de la Mairie

56 350 Allaire

Tél : 02 99 71 91 09


[dgs@allaire.info](mailto:dgs@allaire.info)




|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
|  | Audit énergétique – Mairie d’Allaire |
|  | Indice B – 07 Juin 2021              |

## **Table des matières :**

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| <b>1</b>  | <b>Introduction.....</b>   | <b>5</b>  |
| 1.1       | Objectif et contexte de l'étude .....  | 5         |
| 1.2       | Déroulement de l'étude .....   | 6         |
| <b>2</b>  | <b>Synthèse de l'audit .....</b>   | <b>7</b>  |
| 2.1       | Contexte .....   | 7         |
| 2.2       | Situation initiale .....   | 7         |
| 2.3       | Préconisations .....   | 7         |
| <b>3</b>  | <b>Etat des lieux .....</b>  | <b>8</b>  |
| 3.1       | Description du bâtiment .....  | 8         |
| 3.2       | Historique des travaux .....   | 8         |
| 3.3       | Période d'occupation et de chauffage .....   | 9         |
| 3.4       | Coûts d'achats des énergies et de maintenance.....   | 10        |
| 3.5       | Indicateur d'efficacité énergétique .....  | 14        |
| <b>4</b>  | <b>Analyse de la courbe de charge.....</b>   | <b>17</b> |
| <b>5</b>  | <b>Climatologie .....</b>  | <b>20</b> |
| <b>6</b>  | <b>Caractéristiques du bâti : Etat actuel .....</b>  | <b>21</b> |
| 6.1       | Parois opaques .....   | 21        |
| 6.2       | Menuiseries.....   | 25        |
| 6.1       | Planchers bas.....   | 27        |
| <b>7</b>  | <b>Les systèmes énergétiques.....</b>  | <b>28</b> |
| 7.1       | Ventilation.....   | 28        |
| 7.2       | Chauffage.....   | 30        |
| 7.3       | Climatisation .....  | 35        |
| 7.4       | Equipements.....   | 35        |
| <b>8</b>  | <b>Bilan du confort actuel .....</b>   | <b>38</b> |
| 8.1       | Retour des occupants .....   | 38        |
| 8.2       | Mesures de température réalisées.....  | 38        |
| 8.3       | Relevés à la caméra thermique.....   | 38        |
| <b>9</b>  | <b>Répartition des consommations en énergie .....</b>                                      | <b>41</b> |
| 9.1       | Introduction .....   | 41        |
| 9.2       | Chauffage.....   | 41        |
| 9.3       | Autres usages - Electricité.....   | 43        |
| 9.4       | Tableau de bord des consommations .....  | 46        |
| <b>10</b> | <b>Programme d'améliorations .....</b>   | <b>48</b> |
| 10.1      | Analyse énergétique du projet d'extension .....  | 50        |
| 10.2      | Analyse du possible raccordement du bâtiment au réseau de chaleur biomasse de l'école..... | 52        |
| <b>11</b> | <b>Aides et subventions .....</b>  | <b>74</b> |
| <b>12</b> | <b>Scénarios.....</b>  | <b>75</b> |
| <b>13</b> | <b>Conclusion .....</b>  | <b>76</b> |
| <b>14</b> | <b>Annexes.....</b>  | <b>77</b> |
| 14.1      | Définition des différentes notations d'énergie .....                                       | 77        |
| 14.2      | Notations .....  | 77        |

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
|  | Audit énergétique – Mairie d’Allaire |
|  | Indice B – 07 Juin 2021              |

|   |    |
|---|----|
| 14.3 DJU .....                              | 77 |
| 14.4 Rappel sur les besoins thermiques..... | 78 |
| 14.5 Les menuiseries .....                  | 78 |
| 14.6 Les C2E, mode d'emploi .....           | 78 |

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
|  | Audit énergétique – Mairie d’Allaire |
|  | Indice B – 07 Juin 2021              |

# 1 Introduction

## 1.1 Objectif et contexte de l’étude

Située dans le département du Morbihan, en Bretagne, la commune d’Allaire compte aujourd’hui 4 000 habitants sur une superficie d’environ 40 km<sup>2</sup>.

Située à 9 km à l’ouest de Redon, la commune d’Allaire représente le pôle relais structurant du Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT) du Pays de Redon-Bretagne Sud, offrant des services à environ 20 000 personnes.

Lauréate en juillet 2017 de l’appel à projet « Dynamise des bourgs ruraux et les villes en Bretagne », la municipalité a aujourd’hui pour projet d’établir une maison labellisée « France services » au sein des locaux de la mairie.

Pour ce faire, la commune souhaite, dans un premier temps, réaliser l’audit énergétique du bâtiment existant dans son intégralité.

Les objectifs de la commune sont multiples :


- Améliorer les performances énergétiques du bâtiment,
- Améliorer les conditions de travail du personnel : confort thermique mais aussi organisationnel,
- Améliorer les conditions d'accueil du public : accessibilité des personnes à mobilité réduite, etc.,
- Centraliser les services & rapprocher le service public des usagers (France Services) grâce à des travaux d'extension/rénovation.

Ici, il s’agit donc, pour notre entreprise, d’intégrer les enjeux énergétiques dans le programme architectural de rénovation et de labellisation France Services de la commune.

Dans ce cadre, AKAJOULE s’attachera à proposer des actions de performance énergétique innovantes avec réduction des coûts d’investissement.

Plus précisément, notre audit énergétique aura pour objectif d’identifier des programmes d’actions cohérents et adaptés sur le plan technico-économique mais aussi en rapport avec les moyens de la commune et les contraintes du site.

Ce plan d’actions permettra de définir un cahier des charges pour lancer des travaux pour atteindre, à minima, les objectifs de transition écologique que s’est donné la commune.

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
|  | Audit énergétique – Mairie d’Allaire |
|  | Indice B – 07 Juin 2021              |

## 1.2 Déroulement de l’étude

### 1.2.1 Contact préliminaire

Date : Mars 2021

Personnes présentes : Constance Pierrard (Akajoule), Benjamin Bringtown (DGS)

Une visite du site a été réalisée afin d’appréhender le projet et les attentes du client.

### 1.2.2 Réunion d’enclenchement et visite

Date : 07/04/2021

Personnes présentes : Jean-François Mary (Maire), Pascal Noury (Adjoint aux bâtiments), Yoann Le Fol (Conseiller transition écologique), Benjamin Bringtown (DGS), Stanislas Blanchard (Akajoule), Thibaud Durand (Akajoule)

Une visite détaillée du bâtiment et des relevés des différents équipements ont ensuite été faits. Les données de construction et les plans du bâtiment ont été récupérés auprès du maître d’ouvrage.

Une seconde visite a été réalisée le vendredi 23/04/2021.

### 1.2.3 Réunion finale avec le responsable bâtiment

Date : 02/06/2021

Personnes présentes : Jean-François Mary (Maire), Jean-Paul Gautier (1<sup>er</sup> adjoint), Pascal Noury (Adjoint aux bâtiments), Yoann Le Fol (Conseiller transition écologique), Stanislas Blanchard (Akajoule), Thierry Crespeau (cabinet Progtec).

Cette réunion permet la présentation des bilans énergétiques et de l’ensemble des solutions au maître d’ouvrage afin d’orienter ces choix de travaux.

Le rapport complet de l’étude a été transmis.

## 2 Synthèse de l'audit

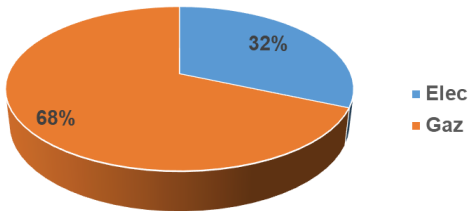
### 2.1 Contexte

La commune souhaite connaître l'ensemble des actions possibles sur ce bâtiment dont les derniers travaux majeurs datent de 1992 (extension côté Est). L'audit porte donc sur l'ensemble du bâtiment (enveloppe, système de chauffage et autres usages).

Il est prévu sur le bâtiment une extension dont l'usage sera partagé entre une Maison France Services MFS et la Mairie.

### 2.2 Situation initiale

#### SITUATION ENERGETIQUE 2017-2019

| Répartition de la facture énergétique  |  | Dépenses et consommations annuelles |                                       |
|--|--|-------------------------------------|---------------------------------------|
|  |  | Cout annuel                         | 4 410 €TTC                            |
|  |  | Electricité                         | 9,3 MWh <sub>e</sub>                  |
|  |  | Gaz                                 | 62,2 MWh <sub>PCI</sub>               |
|  |  | Emissions GES                       | 14,2 tCO <sub>2</sub>                 |
|  |  | Ratio surfacique                    | 171 kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> |

#### SITUATION DU BATI et DES SYSTEMES


Globalement l'extension est bien isolée. Pour le bâtiment d'origine, des éléments ont été repris (toiture et certaines menuiseries). L'enveloppe mérite cependant d'être isolée dans son ensemble.

|             |              | Bâtiment d'origine | Extension 1979 | Extension 1992 |
|-------------|--------------|--------------------|----------------|----------------|
| Enveloppe   | Murs         | –                  | +              | +              |
|             | Toiture      | + –                | +              | +              |
|             | Plancher bas | –                  | –              | +              |
|             | Menuiseries  | – +                | +              | +              |
| Chauffage   | Production   | –                  |                |                |
|             | Distribution | +                  |                |                |
|             | Régulation   | –                  |                |                |
| Ventilation | Régulation   | Naturelle          | Naturelle      | VMC SF +       |
| Eclairage   | Technologie  | –                  | –              | +              |

### 2.3 Préconisations

A partir des actions détaillées dans l'audit, nous avons construits 3 scénarios.

|                           | Scénario -30%                             | Scénario -40%                             | Scénario -40% + PV                        |
|---------------------------|---|---|---|
| Investissement nécessaire | 61 000 €TTC                               | 111 000 €TTC                              | 133 000 €TTC                              |
| Ratio atteint             | 119 kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .an | 101 kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .an | 101 kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .an |
| Production PV             | 0%  | 0%  | 10,4 MWh <sub>e</sub> ; 113%              |

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
|  | Audit énergétique – Mairie d’Allaire |
|  | Indice B – 07 Juin 2021              |

### 3 Etat des lieux

#### 3.1 Description du bâtiment

Le bâtiment étudié est une mairie construite sur deux étages. Une cave s’étend également sous une partie du bâtiment.

Le rez-de-chaussée est composé de trois zones principales :

- La salle du conseil à l’ouest,
- Une zone d’accueil du public au sud,
- Divers bureaux et salles de réunion au nord et à l’est.

L’étage est dédié à des bureaux ainsi que des zones d’archivage.

La cave est utilisée comme une zone d’archivage et contient également le local chaufferie.

#### 3.2 Historique des travaux

Le bâtiment a été construit en 1971. Il a ensuite connu une première phase d’agrandissement de la partie nord (de plain-pied) et de réorganisation des espaces intérieurs en 1979.

Une extension a aussi été construite en 1992 sur la face est.

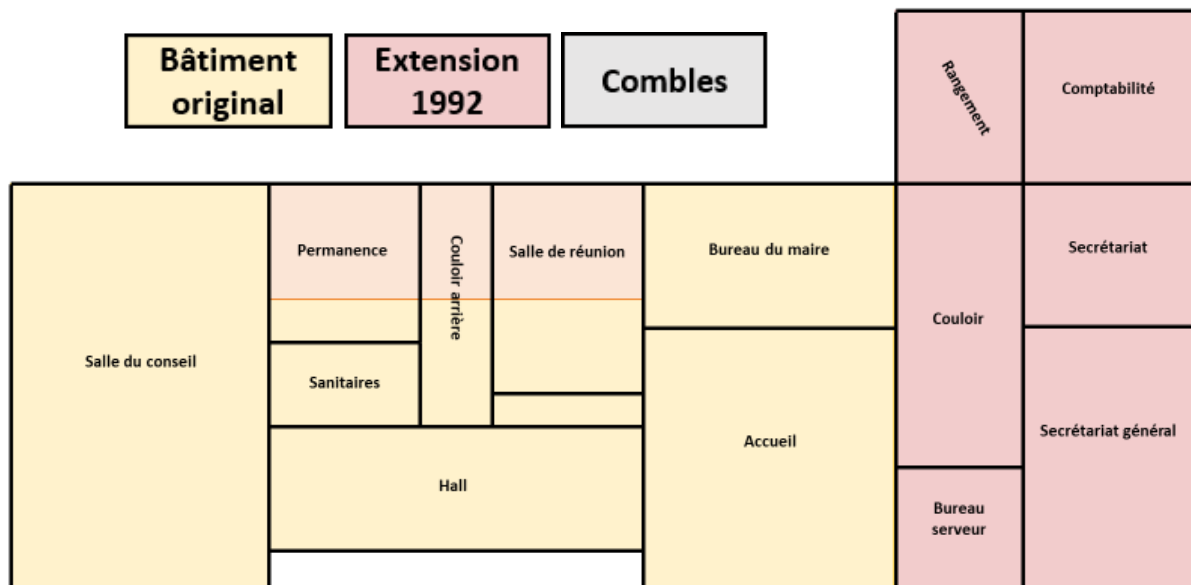


Figure 1 - Schéma du rez de chaussée



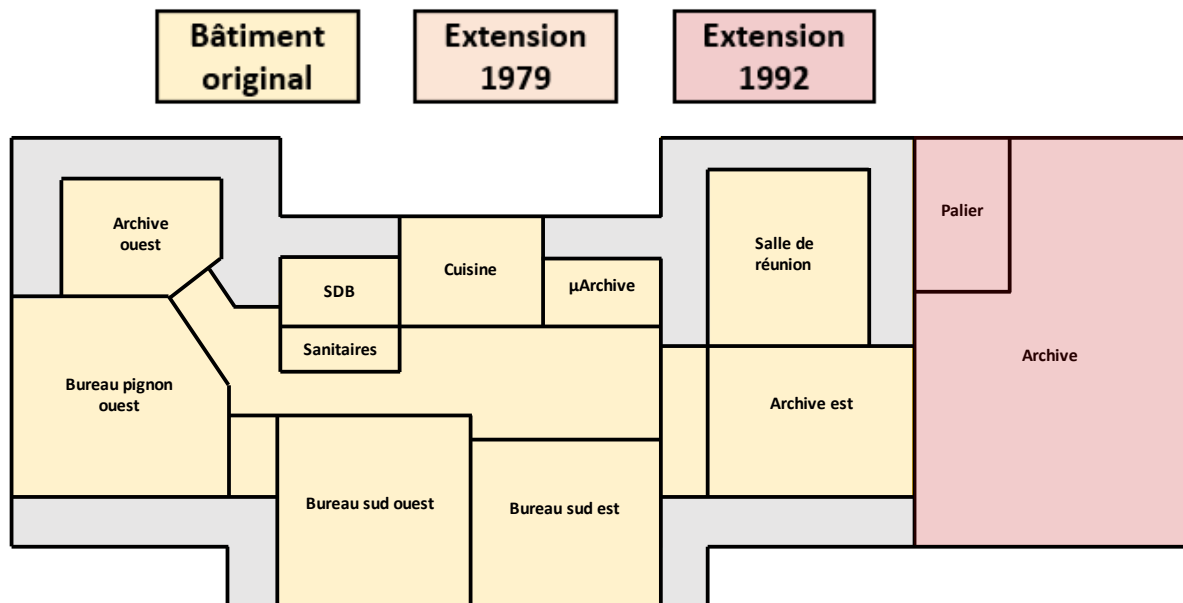



Figure 2 - Schéma du R+1

### 3.3 Période d’occupation et de chauffage

Le bâtiment est occupé de 8h à 19h du lundi au vendredi et de 8h à 12h le samedi matin par une dizaine de personnes.

Le chauffage est quant à lui utilisé de fin octobre à début mai.

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
|  | Audit énergétique – Mairie d’Allaire |
|  | Indice B – 07 Juin 2021              |


### 3.4 Coûts d’achats des énergies et de maintenance

#### 3.4.1 Achat d’électricité

La consommation électrique annuelle moyenne sur les saisons de chauffe 2018/2020 était de 9 262 kWh<sub>e</sub> pour une facture de 1 391 €TTC.

| Date   | Consommation     | Montant      | Cout Moyen |
|--|------------------|--------------|------------|
|  | kWh <sub>e</sub> | €TTC         | €TTC/MWh   |
| 01/2018  | 677              | 108,92       | 160,89     |
| 06/02/2018                                       | 678              | 109,08       | 160,89     |
| 03/2018  | 882              | 139,52       | 158,19     |
| 05/04/2018                                       | 883              | 139,68       | 158,19     |
| 05/2018  | 664              | 107,06       | 161,23     |
| 02/06/2018                                       | 664              | 107,06       | 161,23     |
| <b>2017 - 2018</b>                               | <b>3 771</b>     | <b>572</b>   | <b>152</b> |
| 02/07/2018                                       | 674              | –            | –          |
| 02/08/2018                                       | 641              | 142,14       | 221,75     |
| 02/09/2018                                       | 578              | 60,82        | 105,22     |
| 02/10/2018                                       | 708              | –            | –          |
| 02/11/2018                                       | 777              | 124,15       | 159,78     |
| 02/12/2018                                       | 851              | 135,44       | 159,15     |
| 02/01/2019                                       | 847              | 135,10       | 159,50     |
| 02/02/2019                                       | 921              | 147,28       | 159,91     |
| 02/03/2019                                       | 727              | 118,70       | 163,27     |
| 02/04/2019                                       | 812              | 131,19       | 161,56     |
| 02/05/2019                                       | 728              | 118,85       | 163,26     |
| 02/06/2019                                       | 717              | 116,93       | 163,08     |
| <b>2018 - 2019</b>                               | <b>8 981</b>     | <b>1 231</b> | <b>137</b> |
| 02/07/2019                                       | 697              | 114,03       | 163,60     |
| 02/08/2019                                       | 645              | 107,14       | 166,11     |
| 02/09/2019                                       | 650              | 108,40       | 166,77     |
| 02/10/2019                                       | 737              | 121,98       | 165,51     |
| 02/11/2019                                       | 750              | 123,71       | 164,95     |
| 02/12/2019                                       | 1230             | 197,35       | 160,45     |
| 02/01/2020                                       | 928              | 150,97       | 162,68     |
| 02/02/2020                                       | 920              | 146,09       | 158,79     |
| 02/03/2020                                       | 822              | 132,08       | 160,68     |
| 02/04/2020                                       | 841              | 134,60       | 160,05     |
| 02/05/2020                                       | 685              | 111,58       | 162,89     |
| 02/06/2020                                       | 639              | 104,45       | 163,46     |
| <b>2019 - 2020</b>                               | <b>9 544</b>     | <b>1 552</b> | <b>163</b> |
| 02/07/2020                                       | 702              | 114,15       | 162,61     |
| 02/08/2020                                       | 617              | 102,31       | 165,82     |
| 02/09/2020                                       | 657              | 108,70       | 165,45     |
| 02/10/2020                                       | 770              | 126,07       | 163,73     |
| 02/11/2020                                       | 854              | 138,41       | 162,07     |
| 12/2020  | –                | –            | –          |
| <b>2020</b>                                      | <b>3 600</b>     | <b>590</b>   | <b>164</b> |
| <b>Moyenne des saisons complètes 2018 – 2020</b> | <b>9 262</b>     | <b>1 392</b> | <b>150</b> |

Tableau 1 : Historique des consommations d’électricité

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
|  | Audit énergétique – Mairie d’Allaire |
|  | Indice B – 07 Juin 2021              |

Le prix moyen a augmenté de 8% entre 2018 et 2020 passant de 151,59 à 163,79 €/MWh<sub>e</sub>. La consommation de janvier à novembre a augmenté de 7,8%.

| Saison de chauffe  | Consommation                   |           | Cout électricité              |           |
|--------------------|--------------------------------|-----------|-------------------------------|-----------|
|                    | Valeur totale kWh <sub>e</sub> | Evolution | Prix moyen €/MWh <sub>e</sub> | Evolution |
| <b>2017 – 2018</b> | –                              | –         | 152                           | –         |
| <b>2018 – 2019</b> | 8 981                          |           | 137                           | -9,6%     |
| <b>2019 – 2020</b> | 9 544                          | +6,3%     | 163                           | +18,7%    |
| <b>2020 – 2021</b> | –                              | –         | 164                           | +0,7%     |
| <b>Moyenne</b>     | <b>9 263</b>                   |           | <b>154</b>                    |           |

Tableau 2 : Evolution de la consommation et couts – électricité


### 3.4.2 Achat de gaz

Le bâtiment de la mairie d’Allaire est alimenté en chaleur par une chaudière gaz. L’achat de gaz était effectué chez ENI jusqu’au 30/12/2018 puis chez Région gaz.

La consommation de gaz annuelle sur les saisons de chauffe 2017/2019 était de 62 167 kWh<sub>PCS</sub> pour une facture de 3 021 €TTC.

| Période   |            | Consommation       | Montant      | Cout moyen              |
|---|------------|--------------------|--------------|-------------------------|
| Début   | Fin        | kWh <sub>PCS</sub> | €TTC         | €TTC/MWh <sub>PCS</sub> |
| 04/02/2017  | 03/08/2017 | 25 161             | –            | –                       |
| <b>2017</b>   |            | <b>25 161</b>      | <b>–</b>     | <b>–</b>                |
| 03/08/2017  | 06/02/2018 | 36 064             | –            |                         |
| 06/02/2018  | 03/04/2018 | –                  | 492,86       |                         |
| 03/04/2018  | 03/06/2018 | –                  | 271,67       |                         |
| 03/06/2018  | 03/08/2018 | 28 160             | 290,40       |                         |
| <b>2017 – 2018</b>  |            | <b>64 224</b>      | <b>1 055</b> |                         |
| 03/08/2018  | 03/10/2018 | –                  | –            |                         |
| 03/10/2018  | 29/12/2018 | 23 754             | 813,11       |                         |
| 29/12/2018  | 07/02/2019 | 10 847             | –            |                         |
| 07/02/2019  | 30/07/2019 | 25 509             | 2 105,16     |                         |
| <b>2018 – 2019</b>  |            | <b>60 110</b>      | <b>2 918</b> | <b>48,6</b>             |
| 30/07/2019  | 30/11/2019 | 655                | –            |                         |
| 30/11/2019  | 01/01/2020 | 11 056             | –            |                         |
| 01/01/2020  | 01/02/2020 | 11 336             | –            |                         |
| 01/02/2020  | 01/03/2020 | 10 173             | –            |                         |
| 01/03/2020  | 01/04/2020 | 9 913              | –            |                         |
| 01/04/2020  | 01/05/2020 | 4 110              | 2 693,20     |                         |
| 01/05/2020  | 01/06/2020 | 0                  | 57,49        |                         |
| <b>2019 - 2020</b>  |            | <b>47 243</b>      | <b>2 751</b> | <b>58,2</b>             |
| <b>Moyenne des saisons de chauffe 2017 – 2020</b>           |            | <b>57 192</b>      | <b>2 241</b> | <b>53,4</b>             |
| <b>Moyenne des saisons de chauffe complètes 2017 – 2019</b> |            | <b>62 167</b>      | <b>3 021</b> | <b>48,6</b>             |


Tableau 3 - Historique des consommations de gaz via les factures

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
|  | Audit énergétique – Mairie d’Allaire |
|  | Indice B – 07 Juin 2021              |

Nous avons obtenu via le service de GRDF les consommations 2021. Elles sont intégrées ci-dessous pour information mais non pas été utilisées dans l’étude.

| Saison de chauffe  | Consommation                     |           | Coût gaz                        |           |
|--------------------|----------------------------------|-----------|---------------------------------|-----------|
|                    | Valeur totale kWh <sub>PCS</sub> | Evolution | Prix moyen €/MWh <sub>PCS</sub> | Evolution |
| <b>2017 – 2018</b> | 64 224                           | /         | NC                              | /         |
| <b>2018 – 2019</b> | 60 110                           | -6,4%     | 48,55                           | /         |
| <b>2019 – 2020</b> | 47 243                           | -21,4%    | 58,22                           | +20%      |
| <b>2020 – 2021</b> | 65 133                           | +38%      | NC                              | NC        |

**Tableau 4 : Evolution de la consommation et coûts – gaz**

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
|  | Audit énergétique – Mairie d’Allaire |
|  | Indice B – 07 Juin 2021              |

### 3.4.3 Entretien

Aucune information n’a été communiquée au sujet de l’entretien du bâtiment.

### 3.4.4 Analyse de la facture énergétique, des consommations et émissions de GES

Le principal poste de consommation énergétique est le gaz. Il représente 87% des consommations. Cependant l’achat de gaz ne représente que 68% des coûts énergétiques. Cela s’explique par un prix moyen de l’électricité beaucoup plus élevé que celui du gaz.

|   | Electricité | Gaz   | Total        |
|---|-------------|-------|--------------|
| Consommations (MWh <sub>EF</sub> )                    | 9,3         | 62,2  | <b>71,5</b>  |
| Consommations (MWh <sub>EP</sub> )                    | 23,9        | 56,0  | <b>79,9</b>  |
| Ratio surfacique (kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> ) | 51          | 120   | <b>171</b>   |
| Coût annuel (€TTC)                                    | 1 390       | 3 020 | <b>4 410</b> |
| Emissions GES (t) <sup>1</sup>                        | 1,5         | 12,7  | <b>14,2</b>  |

Tableau 5 – Données énergétiques 2017 – 2019

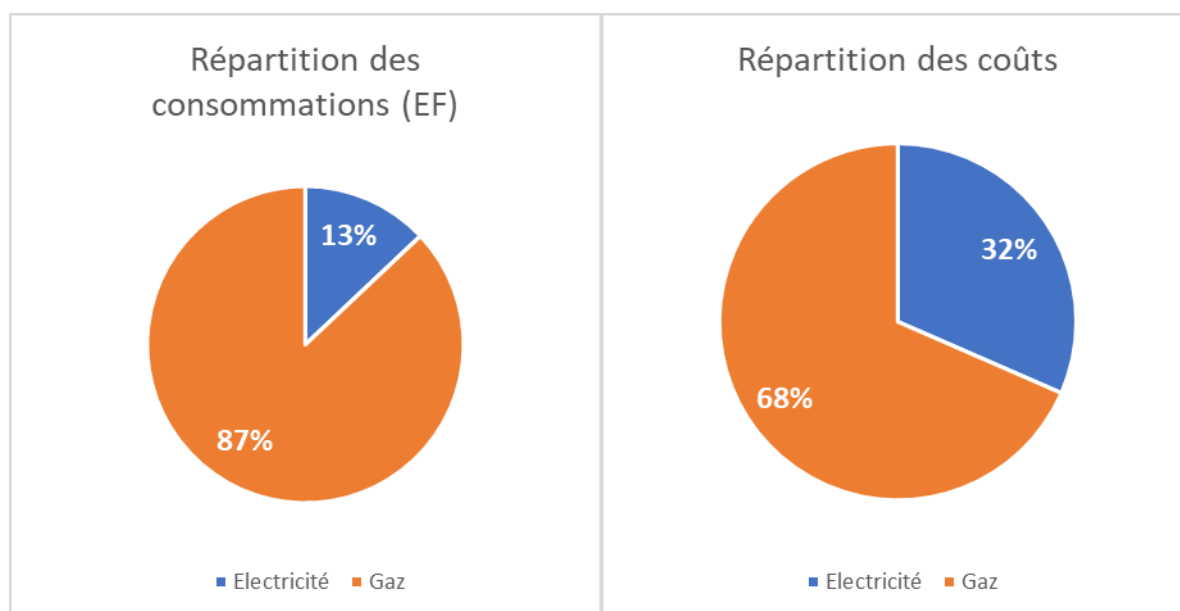


Figure 3 : Répartition des consommations et des coûts

<sup>1</sup> Facteurs de conversion utilisés : électricité = 0,064 kg/kWh<sub>e</sub>, gaz = 0,227 kg/kWh<sub>PCI</sub>

### 3.5 Indicateur d’efficacité énergétique

Les indicateurs ont pour but d’établir un suivi simplifié de la performance énergétique du bâtiment. En effet, ils peuvent être utilisés afin d’apprécier l’impact des actions engagées à la suite du diagnostic. A long terme, ils permettent également de constater des changements ou des dérives dans la gestion des énergies. Afin d’évaluer les économies pour chaque énergie, un indicateur spécifique à chacune a été établi.

Les indicateurs proposés ici le sont en fonction des données disponibles et pertinentes aujourd’hui. Ils seront à suivre sur les années à venir et pourront être réajustés si nécessaire.

#### 3.5.1 Indicateur thermique

Le tableau ci-dessous présente l’indicateur énergétique pour les consommations de chaleur. Cet indicateur est calculé comme étant la consommation en kWh<sub>PCI</sub> divisée par les DJU<sup>1</sup>.

| Indicateur thermique   | 2017 – 2018 | 2018 – 2019 | 2019 – 2020 |
|--|-------------|-------------|-------------|
| Consommation de gaz (MWh <sub>PCI</sub> )                      | 57,9        | 54,2        |             |
| DJU  | 1 933       | 1 894       | 1 715       |
| Ratio énergétique (kWh <sub>PCI</sub> / (DJU.m <sup>2</sup> )) | 29,9        | 28,6        |             |
| Evolution du ratio   |             | -4,3%       | %           |

Tableau 6 : Indicateur d’efficacité énergétique – Chauffage

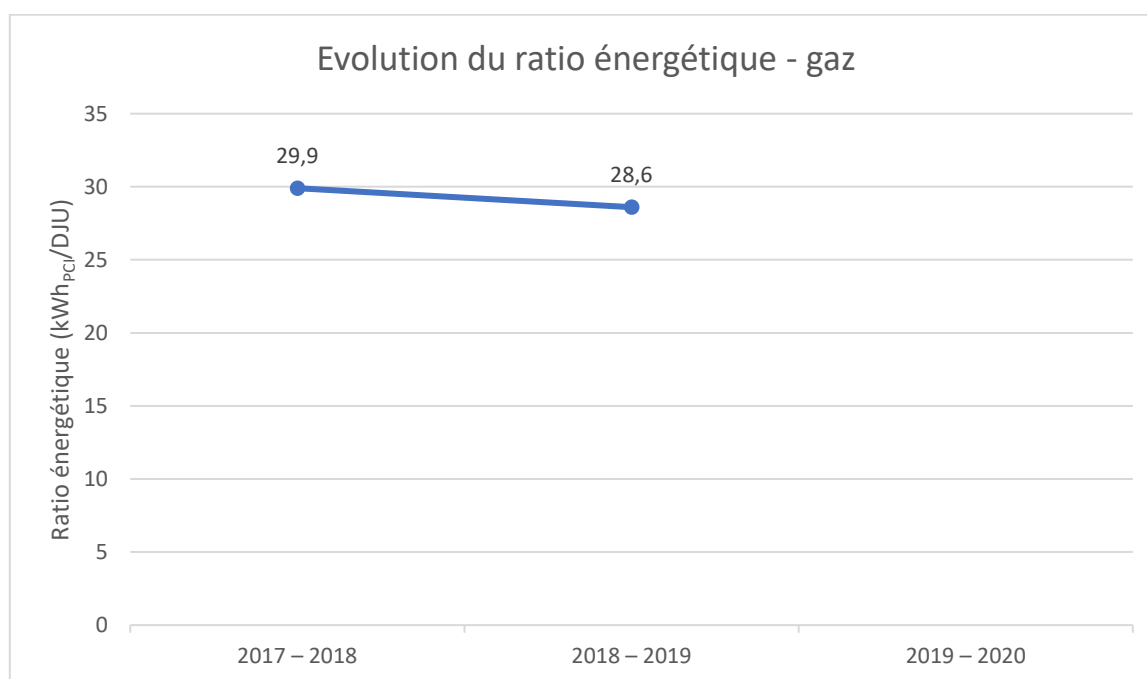



Figure 4 - Evolution de l’indicateur chaleur entre 2017 et 2020

<sup>1</sup> Degré jours unifié, voir explication page 56.

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
|  | Audit énergétique – Mairie d’Allaire |
|  | Indice B – 07 Juin 2021              |

Le suivi de cet indicateur permet de s’affranchir des variations climatiques d’une année sur l’autre et donc d’identifier rapidement d’éventuelles surconsommations ou les économies engendrées par une action.

### 3.5.2 Indicateur Electricité

L’électricité est utilisée pour divers usages : à savoir ventilation, auxiliaires de chauffage, l’éclairage des bureaux, la partie bureautique ainsi que les équipements divers comme les équipements dans la salle de pause.

C’est pourquoi l’indicateur proposé est calculé comme étant la consommation d’électricité divisée par la surface totale du bâtiment. Le tableau ci-dessous donne les valeurs de cet indicateur pour les trois dernières années.

| Indicateur électricité                                | 2018 – 2019 | 2019 – 2020 |
|---|-------------|-------------|
| Consommation électricité (kWh <sub>e</sub> )          | 8 981       | 9 544       |
| Surface (m <sup>2</sup> )                             | 470         | 470         |
| Ratio énergétique (kWh <sub>e</sub> /m <sup>2</sup> ) | 19,1        | 20,3        |
| Evolution du ratio                                    |             | +6%         |

Tableau 7 : Indicateurs d'efficacité énergétique – Electricité

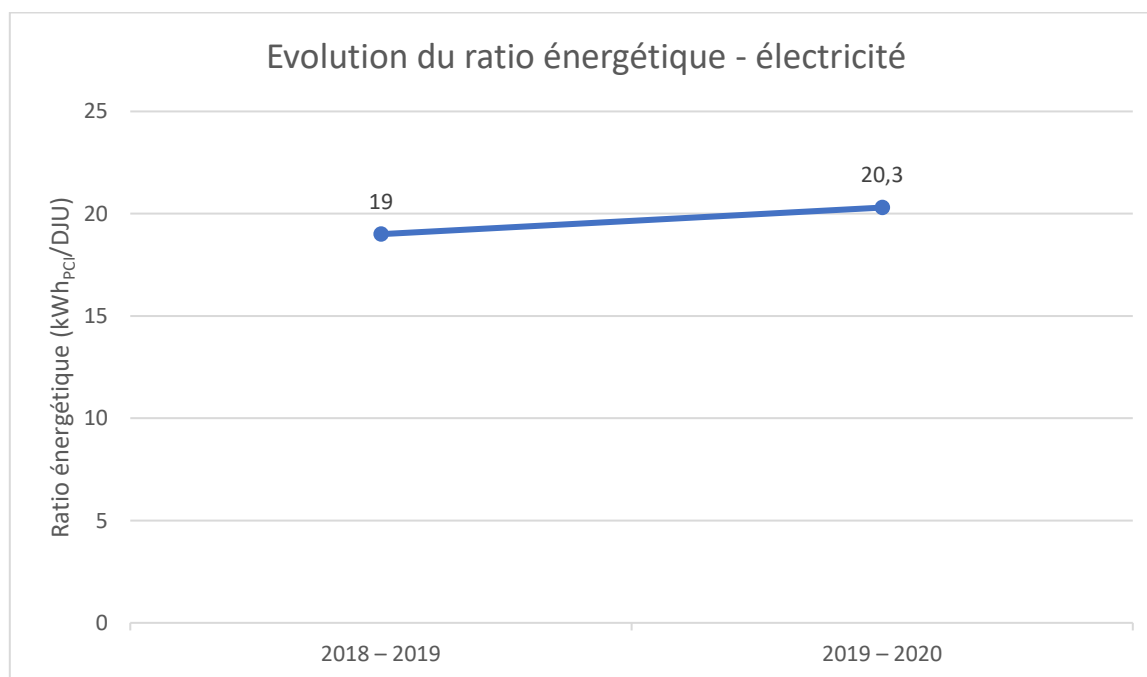





Figure 5 : Evolution de l'indicateur électrique entre 2017 et 2020

Le suivi de cet indicateur permet à isopérimètre d’identifier rapidement d’éventuelles surconsommations ou les économies engendrées par une action.

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
|  | Audit énergétique – Mairie d’Allaire |
|  | Indice B – 07 Juin 2021              |

**Analyse :**

|   |   |
|---|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Indicateur de performance thermique à la baisse (-4%) entre 2017 et 2019</li> </ul>  |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Indicateur de performance électrique à la hausse (+6%) entre 2018 et 2020</li> </ul> |



## 4 Analyse de la courbe de charge

Notes : la courbe de charge est constituée de valeurs représentant la puissance moyenne électrique appelée par tranche de 30 mn (soit 2 valeurs par heure).

Le talon est la consommation constatée en dehors des horaires de présence des personnes et donc d'occupation du bâtiment.

Les données présentées ci-dessous sont issues du compteur électrique de la mairie.

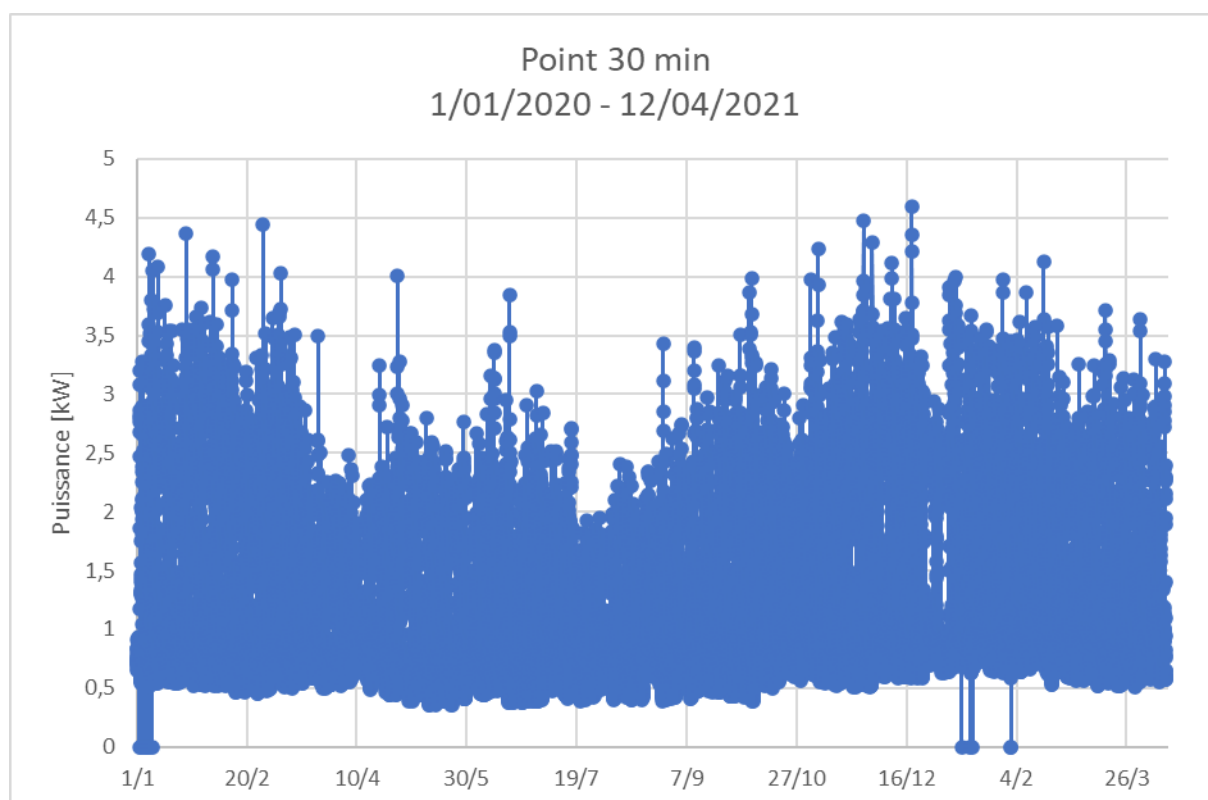


Figure 6 - Courbe de charge électrique 2020

La puissance maximale atteinte en été est de 3,5 kW et de 4,5 kW en hiver.

On constate aussi que le talon est plus élevé en hiver avec une puissance de 770 W pour 650 W en été. Le talon est ici la consommation minimale atteinte par un bâtiment. Il se situe souvent la nuit et les weekends et correspond, dans le cas idéal, à la consommation de tous les éléments ne pouvant pas être éteints hors des périodes d'activité, notamment les serveurs informatiques.

Sur la Mairie, le ratio de puissance est presque constant autour de 31% et le ratio énergie est à 47%.

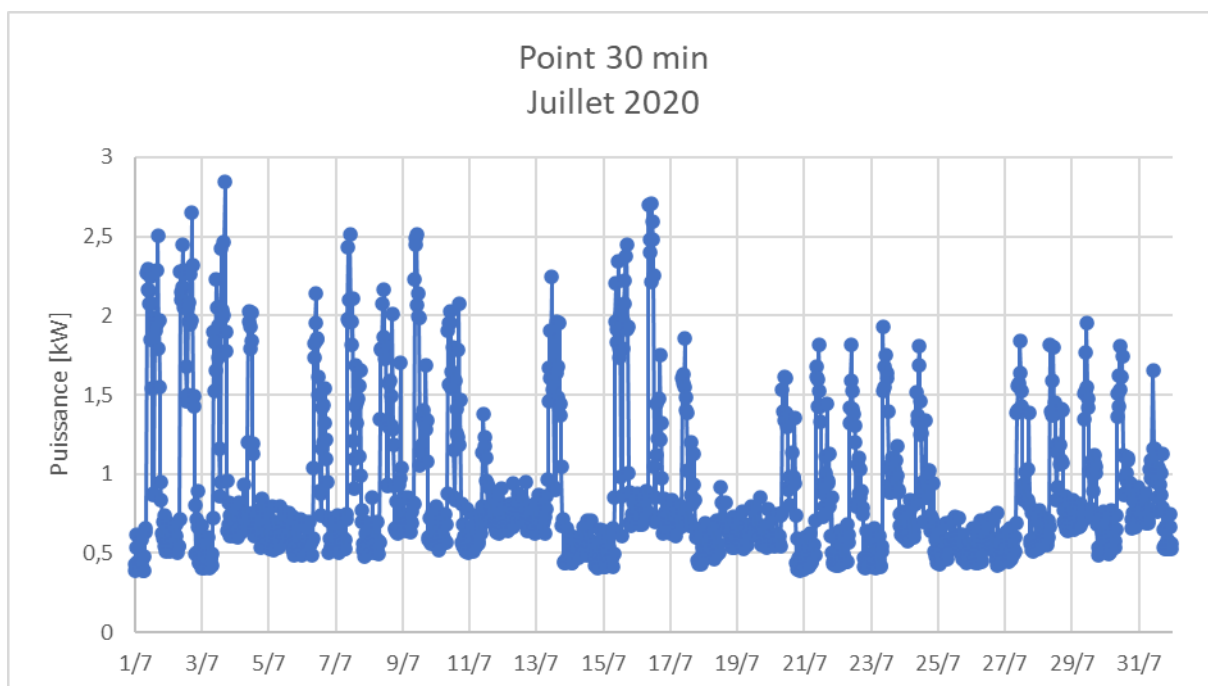


Figure 7 - Courbe de charge été 2020

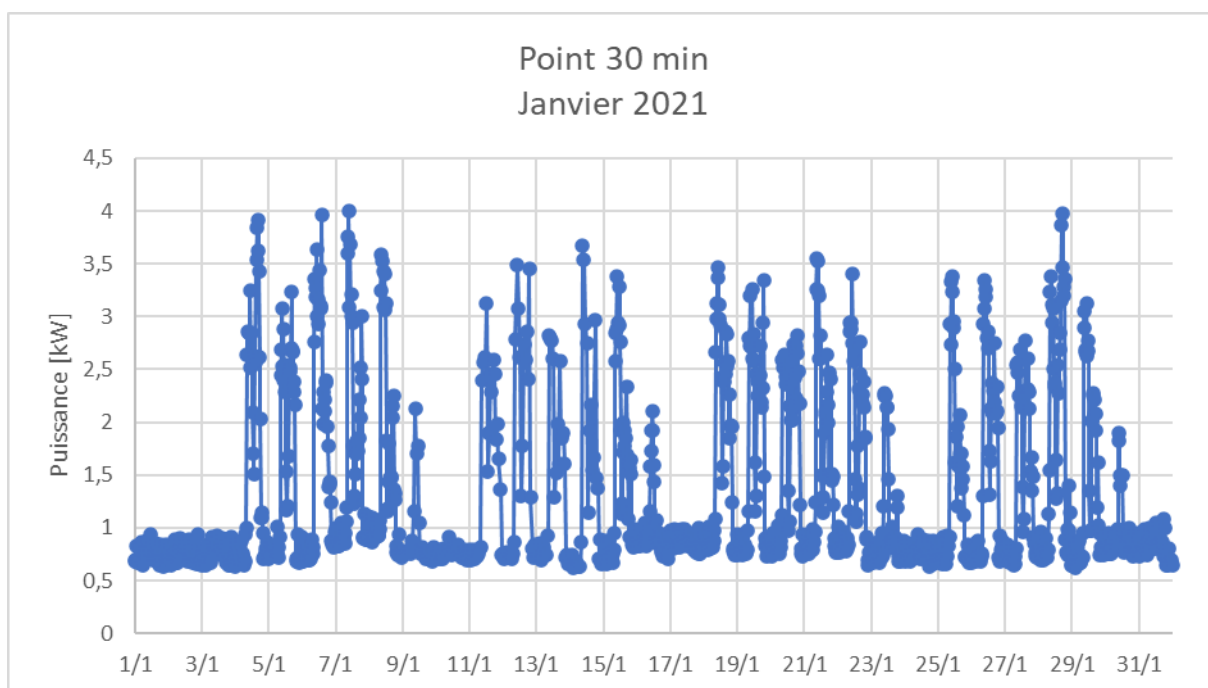


Figure 8 - Courbe de charge hiver 2021



|                  | ÉTÉ    | HIVER  |
|------------------|--------|--------|
| Nb_Données TOTAL | 17 568 | 35 133 |

|                               | Talon         | Activité | Talon         | Activité |
|-------------------------------|---------------|----------|---------------|----------|
| Puissance représentative [kW] | 0,65          | 2,01     | 0,77          | 2,51     |
| Écart type [kW]               | 0,10          | 0,27     | 0,11          | 0,33     |
| <b>Ratio Puissance</b>        | <b>32,49%</b> |          | <b>30,62%</b> |          |

|                         | TOTAL ÉTÉ | TOTAL HIVER |
|-------------------------|-----------|-------------|
| Temps cumulé [h]        | 2 928     | 5 856       |
| Énergie consommée [kWh] | 2 720     | 6 660       |

|                                 | Talon         | Activité | Talon         | Activité |
|---------------------------------|---------------|----------|---------------|----------|
| Temps cumulé [h]                | 2 075         | 854      | 4 062         | 1 794    |
| Énergie consommée [kWh]         | 1 282         | 1 438    | 3 160         | 3 499    |
| Puissance moyenne calculée [kW] | 0,62          | 1,68     | 0,78          | 1,95     |
| <b>Ratio Énergie</b>            | <b>47,14%</b> |          | <b>47,45%</b> |          |

|                                | Talon        | Activité     |
|--------------------------------|--------------|--------------|
| <b>Énergie consommée [kWh]</b> | <b>4 442</b> | <b>4 937</b> |
| <b>Énergie totale [kWh]</b>    | <b>9 379</b> |              |

|          | Horaire Plage occupation |       |       |       |
|----------|--------------------------|-------|-------|-------|
| Lundi    | 07:30                    | 17:30 | 07:30 | 17:30 |
| Mardi    | 07:30                    | 17:30 | 07:30 | 17:30 |
| Mercredi | 07:30                    | 17:30 | 07:30 | 17:30 |
| Jeudi    | 07:30                    | 17:30 | 07:30 | 17:30 |
| Vendredi | 07:30                    | 17:30 | 07:30 | 17:30 |
| Samedi   | 07:30                    | 12:30 | 07:30 | 12:30 |
| Dimanche | 00:00                    | 00:00 | 00:00 | 00:00 |

## 5 Climatologie

La ville d’Allaire est située dans le Morbihan en zone climatique H2a au sens de la réglementation thermique.

La station météo de référence utilisée est celle de Vannes-Séné, située à une cinquantaine de kilomètres d’Allaire. Les données utilisées sont les DJU de 2017 à 2019.

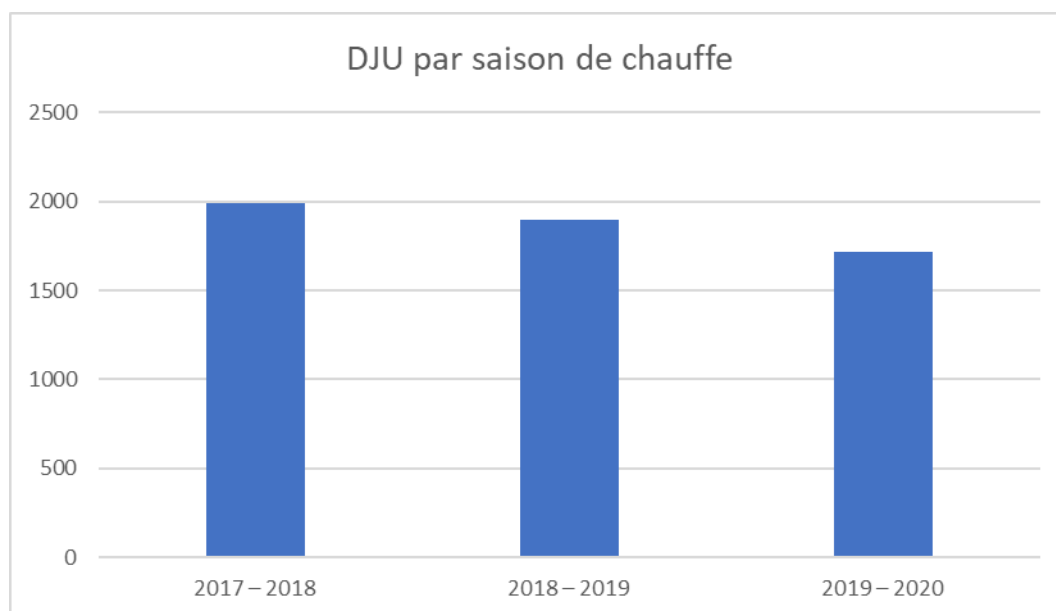


Figure 9 : Evolution des DJU

| Mois      | 2017 – 2018 | 2018 – 2019 | Moyenne |
|-----------|-------------|-------------|---------|
| Juillet   | –           | –           | –       |
| Août      | –           | –           | –       |
| Septembre | –           | –           | –       |
| Octobre   | 104         | 154         | 129     |
| Novembre  | 274         | 253         | 264     |
| Décembre  | 315         | 277         | 296     |
| Janvier   | 283         | 359         | 321     |
| Février   | 369         | 263         | 316     |
| Mars      | 303         | 239         | 271     |
| Avril     | 173         | 197         | 185     |
| Mai       | 112         | 152         | 132     |
| Juin      | –           | –           | –       |
| Total     | 1 933       | 1 894       | 1 914   |

Tableau 8 : Evolution des DJU

## 6 Caractéristiques du bâti : Etat actuel

L’ensemble des données sont issues de relevés effectués sur le site au cours des visites, des dossiers des ouvrages exécutés ou d’hypothèses issues de notre expérience.

Les surfaces du bâtiment sont détaillées dans le tableau ci-dessous.

| Epoque       | Surface (m²) |
|--------------|--------------|
| Original     | 315          |
| 1980         | 17           |
| 1992         | 138          |
| <b>Total</b> | <b>470</b>   |

Tableau 9 : Surface des locaux étudiés

Le bâtiment a été construit en plusieurs phases. On constate donc divers types de parois possédant des caractéristiques variées.

Les caractéristiques des différentes parois du bâtiment sont présentées dans les paragraphes suivants. Elles seront utilisées par la suite dans la simulation.

### 6.1 Parois opaques

#### 6.1.1 Murs

Les caractéristiques présentées ci-dessous sont issues des plans du bâtiment et de mesures sur site. Les murs des deux extensions du bâtiment sont bien isolés. Cependant, le bâtiment d’origine ne l’est pas, notamment le mur du hall qui est une simple maçonnerie enduite.

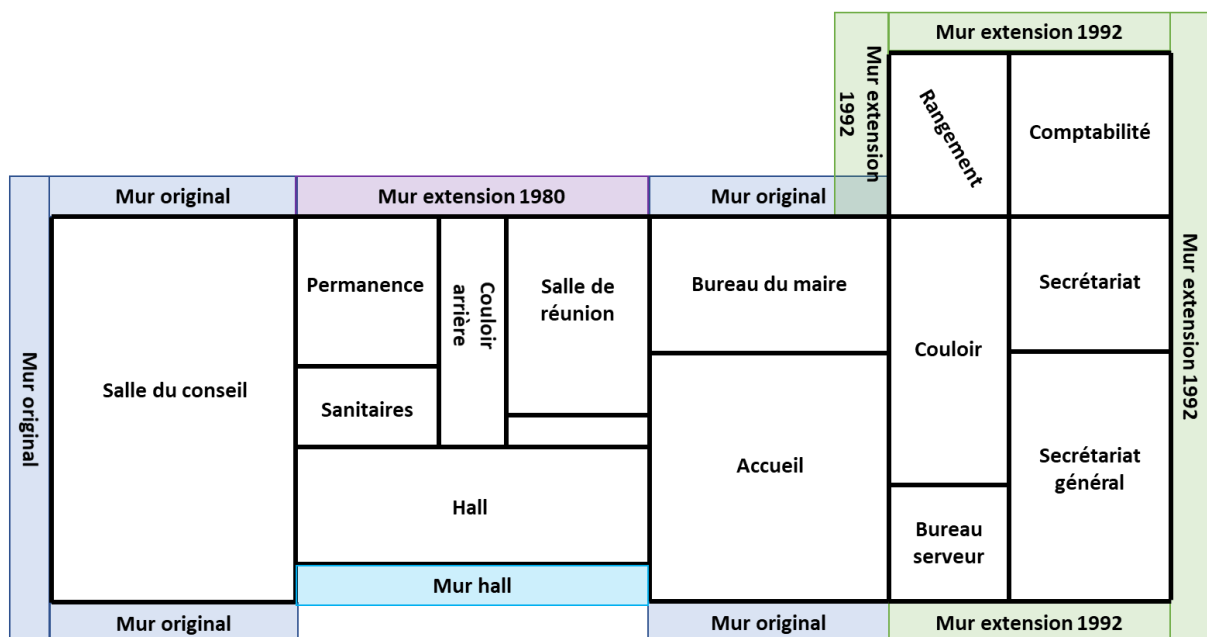


Figure 10 - Murs RDC

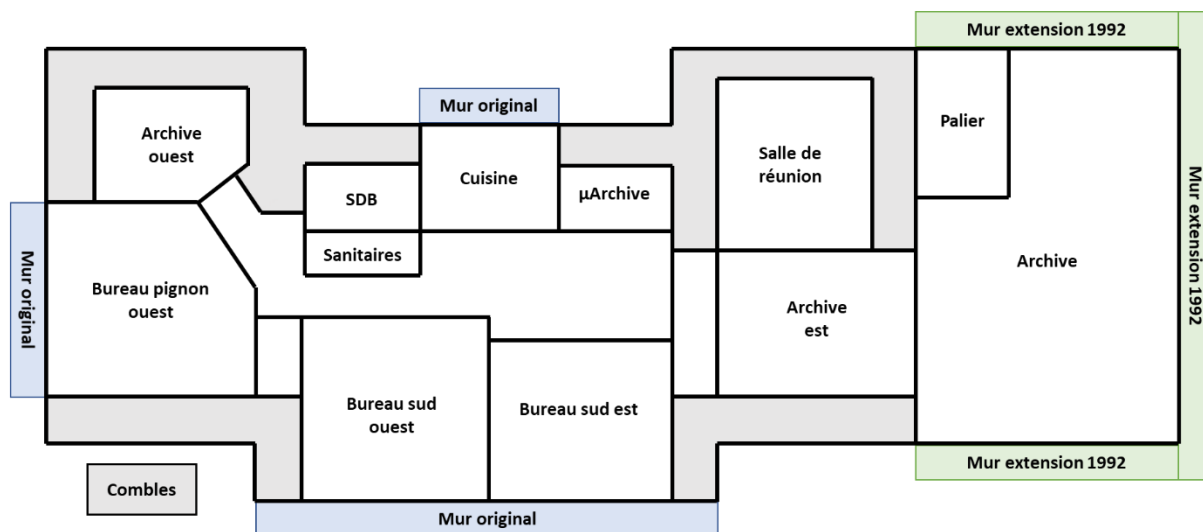




Figure 11 - Murs R+1

| Paroi                                     | Composition (ext vers int)   | Epaisseur totale (cm) | R (m².K/W) |
|---|--|-----------------------|------------|
| Mur original<br>(Observation visuelle)    | Enduit 1 cm<br>Parpaing 22 cm<br>Hypothèse = Lame d'air 5 cm<br>Plâtre 2 cm            | 30                    | 1,15       |
| Mur Hall<br>(Observation visuelle)        | Enduit 1 cm<br>Parpaing 20 cm<br>Plâtre 1 cm   | 22                    | 0,40       |
| Mur extension 1980<br>(Plans du bâtiment) | Enduit 1 cm<br>Parpaing 22 cm<br>Isolant, hypothèse = polystyrène 10 cm<br>Plâtre 1 cm | 34                    | 3,54       |
| Mur extension 1992<br>(Plans du bâtiment) | Enduit 2 cm<br>Parpaing 20 cm<br>Polystyrène 10 cm<br>Plâtre 2 cm                      | 34                    | 3,53       |

Tableau 10 : Composition des parois opaques

### Analyse :

|   |  |
|---|--|
|  | - Extensions de 1980 et 1992 correctement isolées  |
|  | - Murs du bâtiment d'origine non isolés<br>- Mur du hall non isolé, il est composé d'une maçonnerie simplement enduite |

### 6.1.2 Toitures

Les relevés présentés ci-dessous sont issus des plans du bâtiment et de visites sur site dans les combles et les zones techniques. Globalement, la toiture du bâtiment est isolée, d’origine pour les extensions et à la suite de travaux de ré-isolation pour la toiture la plus ancienne. Il reste néanmoins des parties non isolées du fait de la géométrie particulière de la toiture.

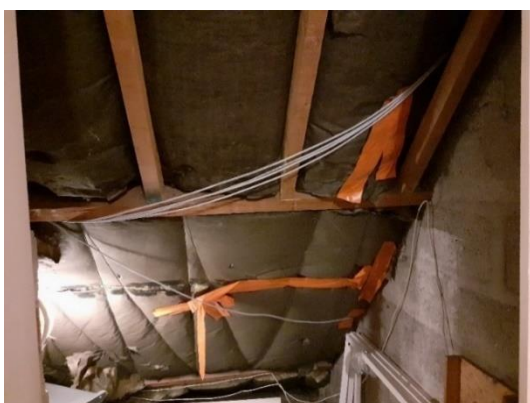


Figure 12 : Isolation des combles sud-est



Figure 13 : Combles nord-ouest non isolés



Figure 14 : Défaut dans l'isolation des combles est



Figure 15 : Toiture isolée par soufflage

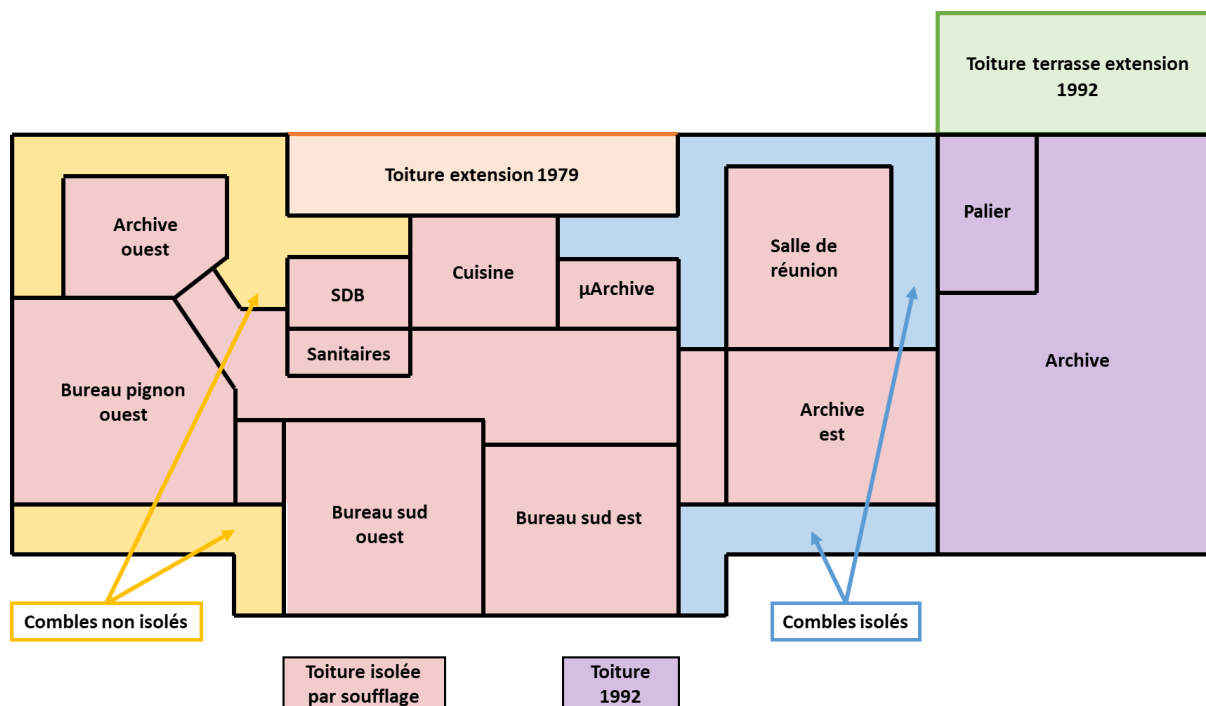


Figure 16 - Toitures R+1



| Paroi  | Composition (ext vers int)   | Epaisseur totale (cm) | R (m².K/W) |
|--|--|-----------------------|------------|
| Combles isolés (Observation visuelle)  | Ardoise<br>Laine de verre 10 cm  | 10                    | 2,66       |
| Combles non isolés (Hypothèse <sup>1</sup> )                                       | Ardoise  | 0,5                   | 0,16       |
| Toiture originale isolée par soufflage (Observation visuelle et plans du bâtiment) | Isolant, hypothèse = laine de coton 20cm<br>Solivage 15 cm<br>Brique 4 cm<br>Plâtre 1cm                  | 40                    | 6,26       |
| Toiture terrasse 1980 (Plans du bâtiment)  | Béton 16 cm<br>Solivage 15 cm<br>Brique 3 cm<br>Isolant, hypothèse = laine de verre 16 cm<br>Plâtre 1 cm | 51                    | 5,99       |
| Toiture terrasse 1992 (Plans du bâtiment)  | Béton 22 cm<br>Laine de verre 20 cm<br>Couche d'étanchéité<br>Faux plafond 1 cm                          | 43                    | 5,30       |
| Toiture 1992 (Plans du bâtiment)   | Laine de verre 20 cm<br>Faux plafond 1 cm  | 21                    | 5,18       |

Tableau 11 : Détail de la composition des toitures

<sup>1</sup> Nous avons constaté via la trappe de la salle de bain que cette partie n'était pas isolée, les autres zones n'étaient pas accessibles mais nous les avons aussi supposées non isolées.



### Analyse :

|   |   |
|---|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Combles nord-est et sud-est isolés</li> <li>- Toiture isolée par soufflage</li> </ul>                              |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Combles ouest non isolés</li> <li>- Quelques points de l'isolation des combles nord-est en mauvais état</li> </ul> |

## 6.2 Menuiseries

Le bâtiment possède des ouvrants de différentes générations et matériaux. Certains ont été remplacés très récemment (salle du conseil notamment) et d'autres semblent d'époque.




|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
|  | Audit énergétique – Mairie d’Allaire |
|  | Indice B – 07 Juin 2021              |





Figure 17 : Les différentes menuiseries

| Menuiserie                 | Type                            | Surface (m <sup>2</sup> ) | Localisation   | U (W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ) |
|----------------------------|---------------------------------|---------------------------|--|---|
| Fenêtres et portes vitrées | PVC 4/16/4                      | 3                         | Bureau pignon ouest<br>Bureau sud-ouest<br>Bureau sud-est                              | 1,4                                     |
|                            | Aluminium double vitrage 4/6/4  | 22                        | Extension 1992   | 6,1                                     |
|                            | Aluminium double vitrage 4/12/4 | 8                         | Accueil<br>Couloir RDC vers arrière  | 3,1                                     |
|                            | Aluminium double vitrage 4/16/4 | 55                        | Salle du conseil<br>Hall<br>Bureau du maire  | 1,8                                     |
|                            | Bois simple vitrage             | 8                         | Cuisine<br>SDB<br>Archive nord<br>Archive est<br>Archive ouest<br>Salle de réunion R+1 | 4,5                                     |
|                            | Bois 4/6/4                      | 6                         | Salle de réunion RDC<br>Permanence RDC   | 3                                       |

Tableau 12 : Caractéristiques des menuiseries

### Analyse :

|   |   |
|---|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Une partie des ouvrants a récemment été remplacée par du double vitrage performant</li> </ul>                          |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les ouvrants les plus anciens ne sont pas énergétiquement performant (simple vitrage ou double vitrage fin)</li> </ul> |



## 7 Les systèmes énergétiques

### 7.1 Ventilation

#### 7.1.1 Relevés techniques

La ventilation est naturelle dans la partie originale du bâtiment ainsi que dans l’extension de 1980. Dans la seconde extension de 1992, une VMC simple flux assure la ventilation grâce à 9 bouches. La VMC est programmée pour fonctionner de 8h à 18h et son débit maximal est de 700 m<sup>3</sup>/h.

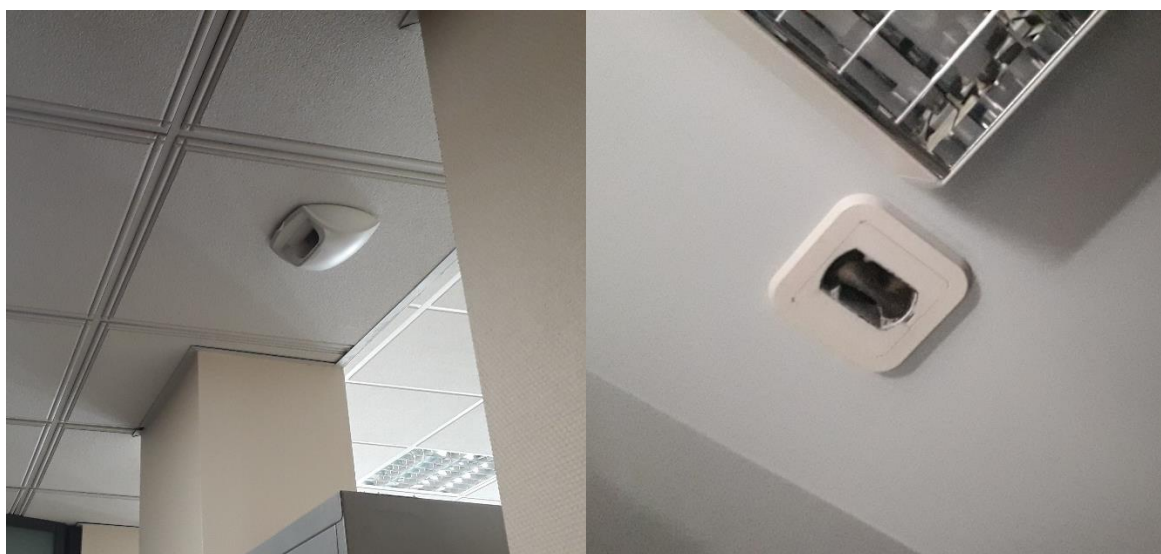



Figure 19 - Bouches de VMC

| Emplacement                    | Locaux traité  | Débit                 | Type            | Puissance unitaire |
|--------------------------------|----------------|-----------------------|-----------------|--------------------|
| Zone technique dans l’escalier | Extension 1992 | 700 m <sup>3</sup> /h | VMC simple flux | 152 W              |

Tableau 13 - Equipements de ventilation

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
|  | Audit énergétique – Mairie d’Allaire |
|  | Indice B – 07 Juin 2021              |

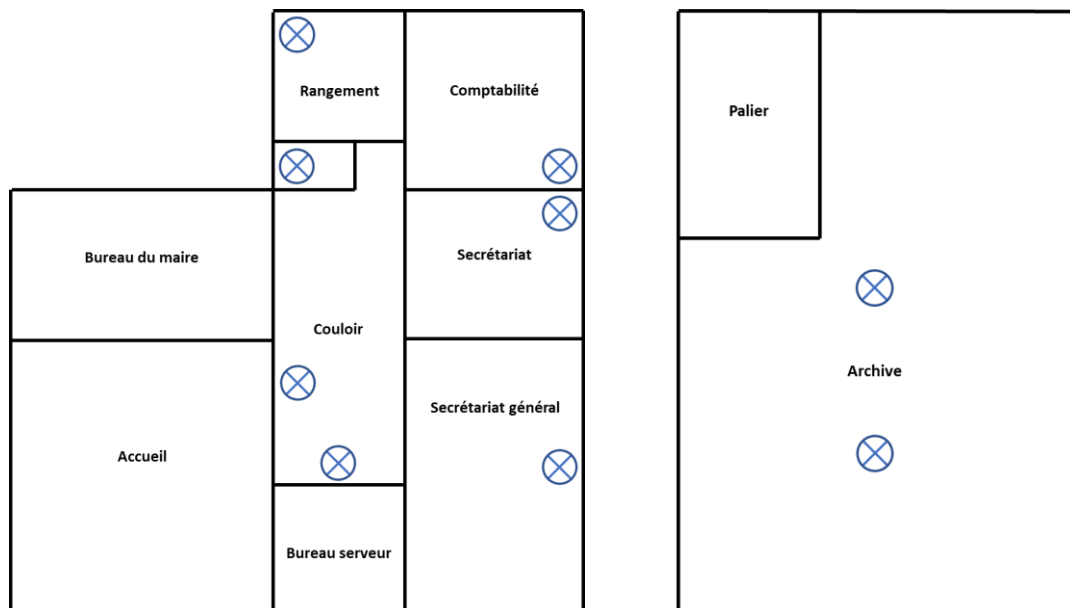



Figure 20 - Emplacement des bouches de VMC de l’extension de 1992 (à gauche de le RDC et à droite le R+1)

### Analyse :

|   |                                    |
|---|------------------------------------|
|  | - Programmation de la VMC présente |
|---|------------------------------------|


### 7.1.2 Mesures

Des mesures de débit ont été effectuées sur les différentes bouches de ventilation de l’extension de 1992. Le débit est plus important dans la salle d’archive à l’étage, ce qui est attendu du fait de la proximité de ces bouches avec le caisson de VMC. Le débit constaté est nettement inférieur au débit attendu. La majorité des buches semblaient encrassées et nécessiteraient un nettoyage.



| Emplacement         | Nombre de bouches | Débit total mesuré (m³/h) |
|---------------------|-------------------|---------------------------|
| Secrétariat         | 1                 | 6,6                       |
| Rangement           | 1                 | 6,82                      |
| Comptabilité        | 1                 | 21,45                     |
| Sanitaires          | 1                 | 16,5                      |
| Couloir             | 2                 | 19,58                     |
| Archive étage       | 2                 | 135,3                     |
| Secrétariat général | 1                 | 6,6 <sup>1</sup>          |
| <b>Total</b>        | <b>9</b>          | <b>212,85</b>             |

Tableau 14 - Débits de ventilation relevés

<sup>1</sup> Débit estimé

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
|  | Audit énergétique – Mairie d’Allaire |
|  | Indice B – 07 Juin 2021              |

### Analyse :

|   |   |
|---|---|
|  |   |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Forte disparité de débit entre les bouches de VMC (facteur 10 entre les extrêmes)</li> </ul> |

## 7.2 Chauffage

### 7.2.1 Production de chaleur

La production de chaleur du site est assurée par une chaudière gaz Viessmann Trimatik 7410 160-G d’une puissance de 53 à 67 kW<sub>th</sub>. Le corps de chauffe date de 1986. Le brûleur est de la marque Oertli, d’une puissance de 17 à 52 kW<sub>th</sub> pour une consommation de 150 W<sub>e</sub>. Le contrôle de la chaudière est effectué directement depuis son panneau de commande. La chaudière est en fonctionnement permanent. La température de sortie de la chaudière a été constatée à 62°C lors de la visite.

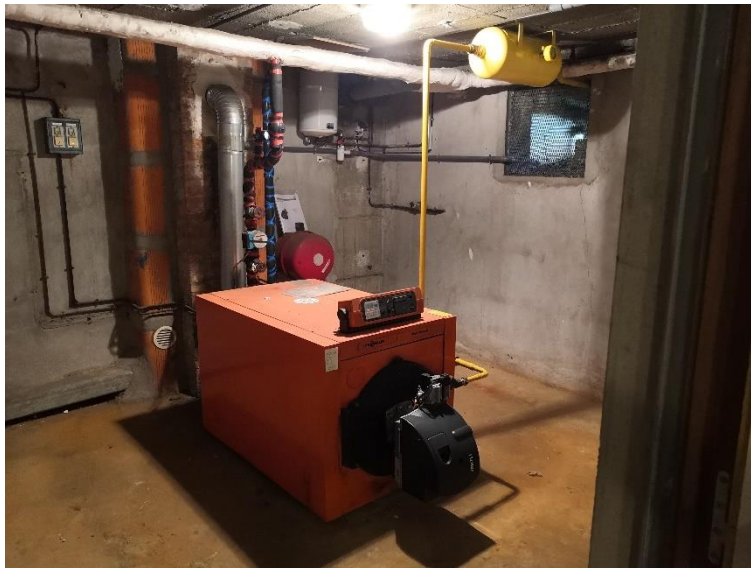


Figure 21 : Chaudière gaz





Figure 22 - Panneau de contrôle de la chaudière

| Equipement       | Marque    | Modèle              | Puissance                                      | Rendement |
|------------------|-----------|---------------------|--|-----------|
| Corps de chauffe | Viessmann | Trimatik 7410 160-G | 53-67 kW <sub>th</sub>                         | 92,8%     |
| Brûleur          | Oertli    | SPM G10E4-1.52      | 17 – 52 kW <sub>th</sub><br>150 W <sub>e</sub> |           |
| Pompe            | Grundfos  | CC2-180             | 45 – 90 W <sub>e</sub>                         |           |

Tableau 15 – Caractéristiques des équipements de chauffage

### Analyse :

|   |  |
|---|--|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Température de chauffe basse (62°C)</li> </ul>  |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Chaudière standard</li> <li>- Pas de programmation horaire, ni de sonde extérieure, ni de vanne trois voies, ni de régulation à distance</li> <li>- Pompe à débit fixe</li> </ul> |



### 7.2.2 Distribution

Le chauffage du bâtiment est assuré par des radiateurs à eau chaude.





Figure 23 : Les différents radiateurs






Figure 24 : Isolation dégradée

**Analyse :**

|   |   |
|---|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Distribution de chaleur au sous-sol et vers les étages isolée</li> </ul>               |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Isolation manquante sur une portion de tuyau à la cave et quelques piquages</li> </ul> |

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
|  | Audit énergétique – Mairie d’Allaire |
|  | Indice B – 07 Juin 2021              |



### 7.2.3 Régulation

Le chauffage central fonctionne d’octobre à début mai via des radiateurs à eau chaude. La régulation est individuelle et faite par des robinets thermostatiques.



Figure 25 : Tête thermostatique

#### Analyse :

|   |   |
|---|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Présence de tête thermostatique sur la majorité des radiateurs</li> </ul>    |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Au moins 3 radiateurs ne disposent pas de régulation individuelle</li> </ul> |

### 7.3 Climatisation

Pas de climatisation sur ce bâtiment.

### 7.4 Equipements

Le bâtiment possède quelques équipements informatiques notamment 2 petits serveurs.



Figure 26 - Equipement informatique


#### 7.4.1 Bureautique


La bureautique représente une puissance installée totale de 3,94 kW.

|                                 | Puissance (W) | Nombre | Puissance totale (W) |
|---------------------------------|---------------|--------|----------------------|
| Ordinateur                      | 80            | 9      | 720                  |
| Ecran                           | 40            | 9      | 360                  |
| Copieur                         | 1500          | 1      | 1500                 |
| Imprimante                      | 150           | 5      | 750                  |
| Vidéo projecteur                | 250           | 1      | 250                  |
| Serveur / NAS / Switch Ethernet | 60            | 6      | 360                  |
| <b>Total</b>                    |               |        | <b>3 940</b>         |

Tableau 16 : Inventaire de la bureautique RDC

#### Analyse :

|   |   |
|---|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les équipements sont de type client léger peu consommateur.</li> </ul> |
|---|---|

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
|  | Audit énergétique – Mairie d’Allaire |
|  | Indice B – 07 Juin 2021              |


#### 7.4.2 Eclairage

L’éclairage du site représente une puissance totale de 5,5 kW. 10% des luminaires installés sont de type LED. Ces luminaires sont présents dans l’extension de 1992 et représentent une puissance de 240 W soit 5% de la consommation totale de l’éclairage.



**Figure 27 - Différents types de luminaires présents sur le site**



Le tableau suivant donne les caractéristiques des luminaires installés sur le site.

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
|  | Audit énergétique – Mairie d’Allaire |
|  | Indice B – 07 Juin 2021              |

|                    | Puissance (W) | Nombre luminaire | Puissance totale (W) |
|--------------------|---------------|------------------|----------------------|
| Pavés LED          | 40            | 6                | 240                  |
| Incandescence      | 75            | 27               | 2 000                |
| Tubes fluorescents | 1x36          | 4                | 150                  |
|                    | 1x58          | 13               | 750                  |
|                    | 2x58          | 12               | 1 400                |
|                    | 4x18          | 13               | 940                  |
| <b>Total</b>       |               | <b>50</b>        | <b>5 480</b>         |

Tableau 17 : Inventaire des éclairages

#### Analyse :

|   |  |
|---|--|
|  | - Les luminaires des bureaux de l’extension de 1992 sont de type LED |
|  | - Les luminaires du reste du bâtiment ne sont pas aussi performants  |

#### 7.4.3 Eau chaude sanitaire

L’eau chaude sanitaire est produite par un ballon électrique situé dans la cave. Il était cependant éteint lors de la visite.

| Matériel     | Volume (L) | Puissance (W) | Nombre | Puissance totale (kW) |
|--------------|------------|---------------|--------|-----------------------|
| Ballon ECS   | 15         | 2000          | 1      | 2                     |
| <b>Total</b> |            |               |        | <b>2</b>              |

Tableau 18 : Inventaire des équipements de production d'ECS

#### 7.4.4 Divers

Divers équipements sont installés, notamment dans la salle de pause : réfrigérateur, machine à café, micro-onde.



## 8 Bilan du confort actuel

### 8.1 Retour des occupants

Afin de bien comprendre les problèmes au niveau du confort dans le bâtiment, les remarques et observations des différents occupants ont été recueillies.

Le principal retour concerne le bureau ouest à l'étage. Celui-ci présente en effet une forte surchauffe l'été.

### 8.2 Mesures de température réalisées

Un relevé de température a été effectué dans la salle du conseil. La température mesurée était de 21°C.

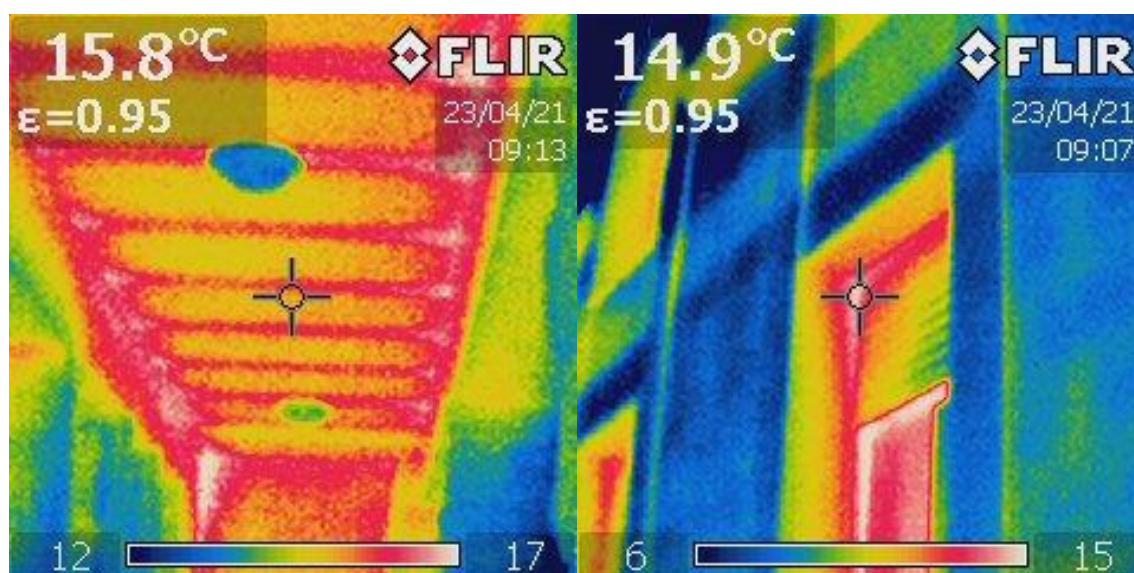
### 8.3 Relevés à la caméra thermique

| Etage | Remarques   |
|-------|---|
| RdC   | On constate notamment que le Hall est une zone de fortes déperditions notamment ; Un pont thermique important sur l'angle rentrant de l'extension |
| R+1   | Le pont thermique du balcon   |

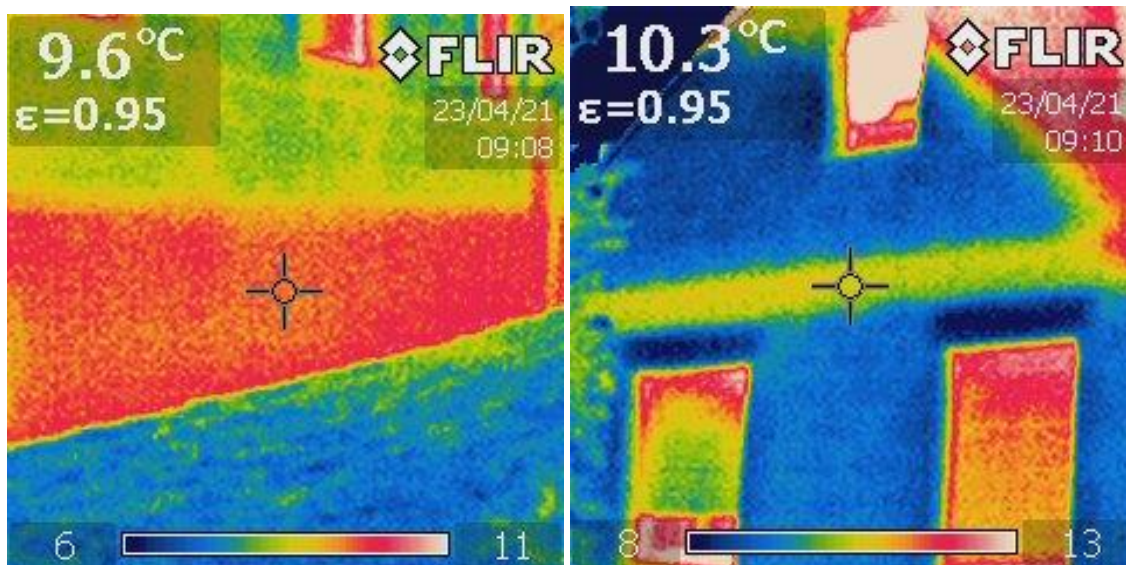
Tableau 19 : Bilan des relevés à la caméra thermique

#### 8.3.1 Rez-de-chaussée

A gauche le plancher bas devant le hall, à droite une menuiserie.



A gauche le vide sanitaire de l'extension et à droite le point thermique du plancher bas.



### 8.3.2 R+1

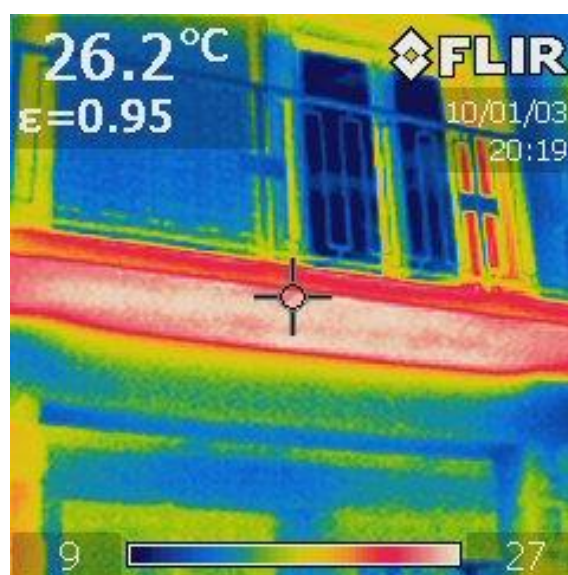
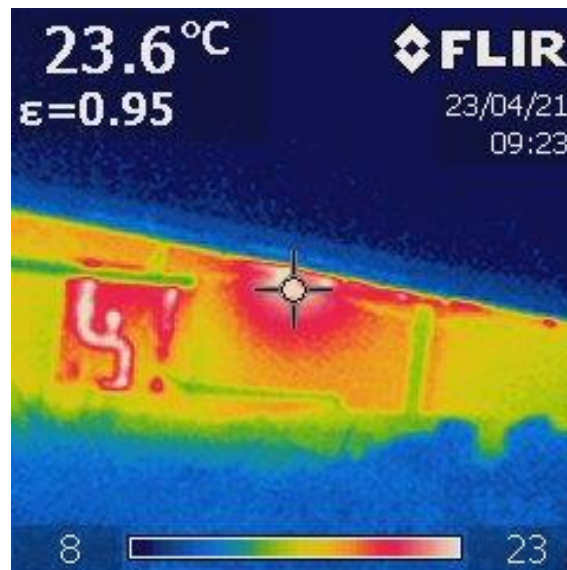


Figure 28 - Pont thermique à l'étage

## 8.3.3 Sous-sol





## 9 Répartition des consommations en énergie

### 9.1 Introduction

A partir des informations récoltées et détaillées précédemment, l’objectif est de créer des modèles des consommation d’énergie du site cohérents avec les consommations réelles. Ces modèles peuvent ensuite être utilisés pour calculer les gains possibles.

Le premier modèle est pour la consommation de gaz et les besoins de chauffage.

Le second est pour l’électricité qui utilisée pour les usages suivants :

- Les auxiliaires de la chaufferie,
- La ventilation
- L’éclairage
- La bureautique
- L’eau chaude sanitaire,
- Le poste divers.

### 9.2 Chauffage


#### 9.2.1 Données météorologiques

Les données météorologiques retenues dans le cadre du calcul des déperditions thermiques du bâtiment sont celles de la station météorologique de Vannes-Séné (56). La température extérieure de référence est de -4°C (température la plus basse envisagée). La température du sol sera considérée égale à 12°C.

La différence entre la température intérieure et la température extérieure moyenne d’une journée s’appelle degrés-jours. Les degrés-jours s’additionnent sur une saison de chauffe et sont proportionnels à la quantité de chaleur à apporter au bâtiment. On parlera de degrés-jours unifiés (DJU) lorsque la température intérieure est considérée à 21°C. On s’intéresse ici au DJU de 2017 à 2019. On considère une saison de chauffe du 1er octobre au 31 mai.

| Mois         | DJU          |
|--------------|--------------|
| Janvier      | 321          |
| Février      | 316          |
| Mars         | 271          |
| Avril        | 185          |
| Mai          | 132          |
| Juin         | –            |
| Juillet      | –            |
| Août         | –            |
| Septembre    | –            |
| Octobre      | 129          |
| Novembre     | 264          |
| Décembre     | 296          |
| <b>Total</b> | <b>1 914</b> |

Tableau 20 : DJU moyens Vannes-Séné 2017 - 2019

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
|  | Audit énergétique – Mairie d’Allaire |
|  | Indice B – 07 Juin 2021              |

### 9.2.2 Calcul des déperditions thermiques

Les déperditions représentent la puissance thermique à apporter au bâtiment pour maintenir la température souhaitée dans les bâtiments lorsque les conditions extérieures sont les plus rigoureuses (-4°C).

On considère une température de consigne de 21°C dans les bureaux.

Les résistances thermiques utilisées pour le calcul des déperditions sont disponibles dans les relevés.

|                           | Watts           | %           |
|---------------------------|-----------------|-------------|
| Murs extérieurs           | 5 410 W         | 20%         |
| Ouvrants                  | 6 320 W         | 24%         |
| Toiture et combles        | 3 950 W         | 15%         |
| Linéiques                 | 770 W           | 3%          |
| Plancher                  | 3 190 W         | 12%         |
| Air neuf                  | 7 020 W         | 26%         |
| <b>Total déperditions</b> | <b>26 660 W</b> | <b>100%</b> |

Tableau 21 : Déperditions thermiques

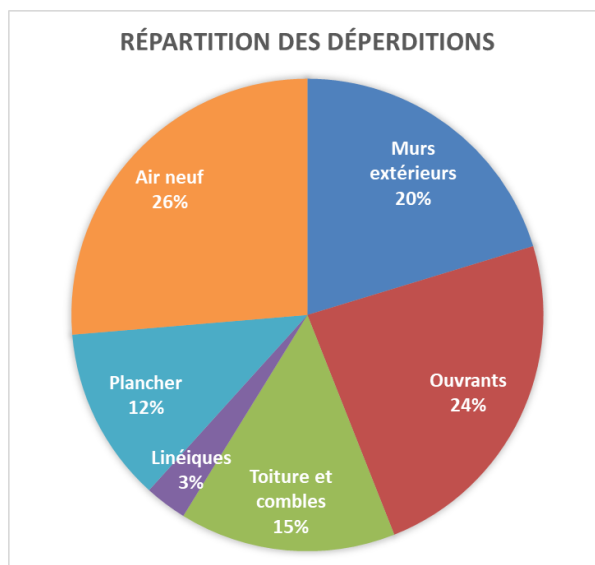



Figure 29 : Répartition des déperditions

|                               | Bureaux              |
|-------------------------------|----------------------|
| Surface chauffée <sup>1</sup> | 536 m <sup>2</sup>   |
| Ratio surfacique              | 50 W/m <sup>2</sup>  |
| Volume chauffé                | 1 245 m <sup>3</sup> |
| Coeff. Surpuissance           | 1,1                  |
| Puissance appelée             | 29 kW                |

Tableau 22 - Puissance appelée et ratios comparatifs

<sup>1</sup> Incluant les surfaces <1,8 m de hauteur sous plafond

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
|  | Audit énergétique – Mairie d’Allaire |
|  | Indice B – 07 Juin 2021              |

|                        | Bureaux                   |
|------------------------|---------------------------|
| Besoin de chaleur      | 51 600 kWh <sub>th</sub>  |
| Rendement distribution | 95%                       |
| Rendement chaudière    | 92%                       |
| Consommation de gaz    | 62 300 kWh <sub>PCS</sub> |

Tableau 23 - Besoin de chauffage et consommation de gaz théorique

Le modèle de déperdition prédit une consommation de gaz de 62,3 MWh<sub>PCS</sub> par saison de chauffe pour une consommation réelle constatée de 62,2 MWh<sub>PCS</sub>

La différence entre la consommation théorique et la consommation réelle est inférieure à 5%, on valide donc le modèle.

### 9.3 Autres usages - Electricité

#### 9.3.1 Auxiliaires de chauffage

Les auxiliaires de chauffage se composent du brûleur de la chaudière gaz et de la pompe de circulation de l’eau chauffée. On considère un fonctionnement en continu pendant toute la période de chauffage (du 1<sup>er</sup> octobre au 31 mai).

| Usage                | Puissance installée en kW <sub>e</sub> | Durée de fonctionnement Heures | Consommation kWh <sub>e</sub> | Coût <sup>1</sup> €TTC |
|----------------------|--|--------------------------------|-------------------------------|------------------------|
| Brûleur              | 0,15                                   | 5 040                          | 756                           | 123                    |
| Pompe de circulation | 0,09                                   | 5 040                          | 454                           | 74                     |
| TOTAL                |  |                                | 1 210                         | 197                    |

Tableau 24 - Consommations théoriques des auxiliaires de chauffe

#### 9.3.2 Climatisation

Le bâtiment n’est pas climatisé.


#### 9.3.3 Ventilation

La VMC est en fonctionnement de 8h à 18h tout au long de l’année, soit une durée de fonctionnement de 3 650 h/an. Avec une puissance électrique de 152 W la ventilation représente donc une consommation électrique de 555 kWh, soit un coût annuel de 90 €TTC.

| Équipement | P <sub>installée</sub> (kW) | Temps de fonctionnement annuel (h) | Consommations (kWh/an) | Coût annuel (€/an) |
|------------|-----------------------------|------------------------------------|------------------------|--------------------|
| VMC        | 0,152                       | 3 650                              | 555                    | 90                 |

Tableau 25 - Consommation théorique de la ventilation

<sup>1</sup> Coût de l’électricité utilisé 163 €TTC/MWh<sub>e</sub>

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
|  | Audit énergétique – Mairie d’Allaire |
|  | Indice B – 07 Juin 2021              |

### 9.3.4 Eclairage

Le temps de fonctionnement de l’éclairage varie selon les zones.

Il a été pris les hypothèses suivantes :

- Salle du conseil : 7h/semaine, 52 semaines/an,
- Bureaux et Hall : 50% de la puissance en fonctionnement 7h/j, 5 j/semaine, 52 semaines/an,
- Sanitaires : 1 h/j, 5 j/semaine, 52 semaines/an.

La consommation des luminaires présents dans les autres zones (combles, cave) a été considérée comme négligeable aux vues de la faible fréquence d’utilisation de ceux-ci.

| Catégorie        | P <sub>installée</sub> (kW) | Temps de fonctionnement annuel (h) | Consommations (kWh/an) | Coût annuel (€/an) |
|------------------|-----------------------------|------------------------------------|------------------------|--------------------|
| Salle du conseil | 0,76                        | 364                                | 277                    | 45                 |
| Bureaux          | 2,72                        | 910                                | 2 475                  | 403                |
| Sanitaires       | 0,375                       | 260                                | 98                     | 16                 |
| <b>Total</b>     |                             |                                    | <b>2 849</b>           | <b>464</b>         |

Tableau 26 - Consommation théorique de l’éclairage

### 9.3.5 Bureautique


Les appareils de bureautiques consomment de l’énergie durant leur utilisation mais également en période de veille.

Les hypothèses de consommation pour chaque équipement sont les suivantes :

- Ordinateurs fixes et portables : 7 h/jour, 5 j/semaine, 52 semaines/an
- Imprimantes, copieurs, vidéoprojecteurs : consommation négligée,
- Serveurs : toute l’année.

| Equipement           | P <sub>installée</sub> (kW) | Temps de fonctionnement annuel (h) | Consommations (kWh/an) | Coût annuel (€/an) |
|----------------------|-----------------------------|------------------------------------|------------------------|--------------------|
| Ordinateur           | 0,45                        | 1 820                              | 819                    | 133                |
| Copieur / Imprimante | /                           | /                                  | /                      | /                  |
| Serveurs             | 0,36                        | 8 760                              | 3 504                  | 571                |
| <b>Total</b>         |                             |                                    | <b>4 323</b>           | <b>705</b>         |

Tableau 27 - Consommation théorique de la bureautique

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
|  | Audit énergétique – Mairie d’Allaire |
|  | Indice B – 07 Juin 2021              |


### 9.3.6 Divers

Les consommations dues aux éléments divers sont réparties en plusieurs catégories. On suppose les temps de fonctionnement suivants :

- Réfrigérateur : toute l’année,
- Equipements cuisine (micro-ondes, bouilloires...) : 1 minute / jour

| Equipement              | P <sub>considérée</sub><br>(kW) | Temps de fonctionnement<br>annuel (h) | Consommations<br>(kWh/an) | Coût annuel<br>(€/an) |
|-------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|-----------------------|
| Réfrigérateur et divers | 0,05                            | 8 760                                 | 438                       | 71                    |
| <b>Total</b>            |                                 |                                       | <b>438</b>                | <b>71</b>             |

**Tableau 28 - Calcul des consommations dues aux éléments divers**

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
|  | Audit énergétique – Mairie d’Allaire |
|  | Indice B – 07 Juin 2021              |

## 9.4 Tableau de bord des consommations

### 9.4.1 Synthèse

| Poste                   | Energie | Consommation  | Emissions de GES            | Coût              |
|-------------------------|---------|---|-----------------------------|-------------------|
|                         |         | kWh <sub>EF</sub>   | tCO <sub>2</sub>            | €TTC              |
| Chauffage               | Gaz     | 56 126  | 12,7                        | 3 021             |
| Chauffage (auxiliaires) | Elec    | 1 210   | 0,1                         | 197               |
| Climatisation           | Elec    | 0   | 0,0                         | 0                 |
| Ventilation             | Elec    | 555   | 0,0                         | 90                |
| Eclairage               | Elec    | 2 849   | 0,2                         | 464               |
| Bureautique             | Elec    | 4 323   | 0,3                         | 705               |
| ECS                     | Elec    | 0   | 0,0                         | 0                 |
| Divers                  | Elec    | 438   | 0,0                         | 71                |
| <b>TOTAL</b>            |         | <b>Gaz 56 126 kWh<sub>EF</sub><br/>Elec 9 375 kWh<sub>e</sub></b> | <b>13,3 tCO<sub>2</sub></b> | <b>4 549 €TTC</b> |

Tableau 29 - Synthèse des consommations

En comparant avec les consommations réelles, on obtient des différences inférieures à 5%. Ce modèle de répartition est donc retenu.

|             | Théorique                 | Réel                      | Différence |
|-------------|---------------------------|---------------------------|------------|
| <b>Gaz</b>  | 62 300 kWh <sub>PCS</sub> | 62 200 kWh <sub>PCS</sub> | -1%        |
| <b>Elec</b> | 9 375 kWh <sub>e</sub>    | 9 262 kWh <sub>e</sub>    | +1%        |

Tableau 30 - Différence de consommations théoriques et réelles

### 9.4.2 Répartition des consommations

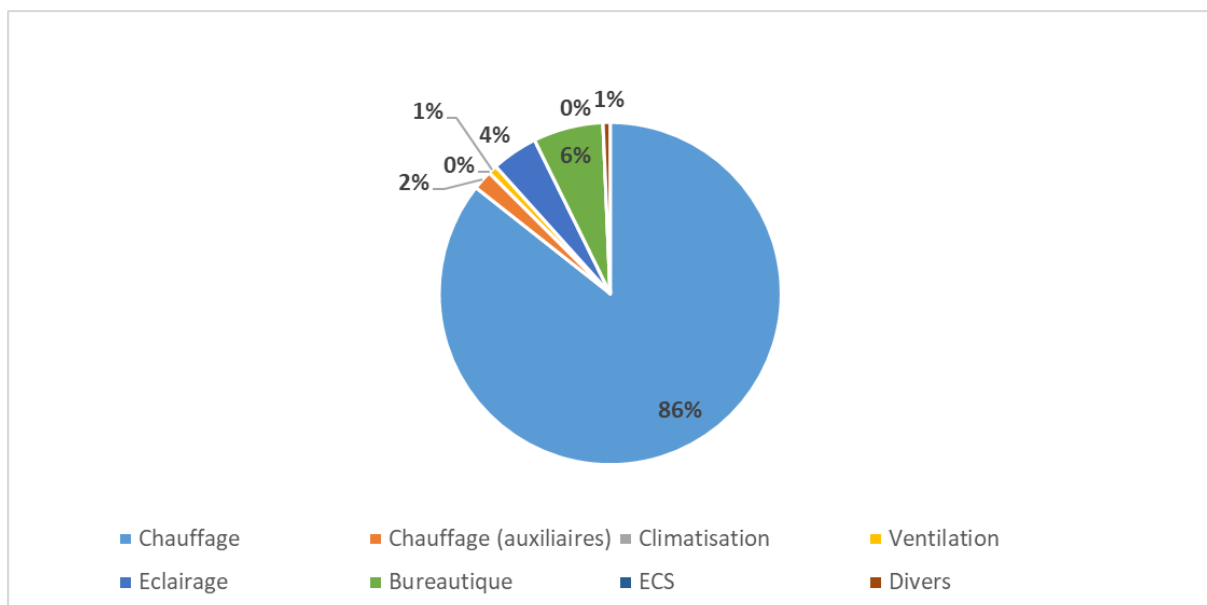


Figure 30 - Répartition des consommations

#### 9.4.1 Répartition des coûts

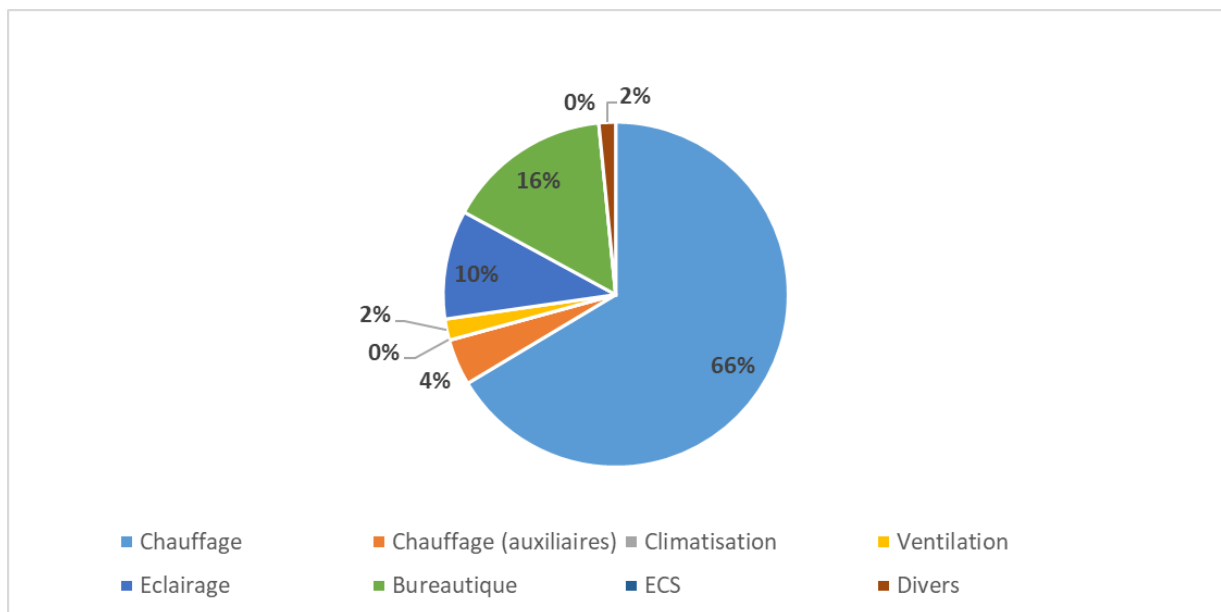



Figure 31 - Répartition des coûts

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
|  | Audit énergétique – Mairie d'Allaire |
|  | Indice B – 07 Juin 2021              |

## 10 Programme d'améliorations

Les montants des travaux donnés dans les paragraphes suivants sont estimatifs. Ils incluent la fourniture et la main d'œuvre mais s'entendent hors maîtrise d'œuvre.


Pour chaque solution, les économies financières présentées sont des économies à l'année 1 calculées sur la base du dernier prix payé par l'entreprise :

- Gaz : 53,4 €TTC/MWh<sub>PCS</sub>,
- Electricité : 163 €TTC/MWh<sub>elec</sub>.

Les temps de retour sont actualisés en fonction de l'augmentation du prix des énergies. Les augmentations prises en compte sont les suivantes :

- Gaz +3 %/an,
- Electricité : +3 %/an.



|   |                                      |
|---|--------------------------------------|
|  | Audit énergétique – Mairie d’Allaire |
|   | Indice B – 07 Juin 2021              |

La liste des actions étudiées est détaillée ci-dessous.

- Analyse du projet d’extension sur 2 aspects :
  - Compacité (incluant l’amélioration de l’isolation),
  - Adaptation du chauffage existant aux nouvelles parties de bâtiments.
- Raccordement du bâtiment au réseau de chaleur de l’école :
  - Analyse de la densité thermique
- Solution 1 – isolation plancher bas sur cave
- Solution 2 – isolation plancher sur vide sanitaire 1979
- Solution 3 – isolation plancher R+1 au-dessus entrée Hall
- Solution 4 – Isolation de la toiture du bâtiment d’origine
- Solution 5 – isolation murs partie 1971 par l’intérieur
- Solution 6 – isolation murs partie 1971 par l’extérieur
- Solution 7 – remplacement des menuiseries peu performante
- Solution 8 – ajout d’une CTA double flux
- Solution 9 – remplacement chauffage actuel par une chaudière gaz condensation
- Solution 10 – installation d’une régulation communicante
- Solution 11 – relamping LED
- Solution 12 – installation d’une centrale solaire photovoltaïque

## 10.1 Analyse énergétique du projet d'extension

Note importante : cette analyse porte uniquement sur les questions énergétiques et ne juge en aucun cas de la pertinence du projet au vue des autres enjeux.

Un projet d'extension est envisagé. A ce stade, la solution d'aménagement privilégiée est la suivante selon « l'étude de Restructuration de la Mairie » du cabinet PROGECC Loire-Bretagne :

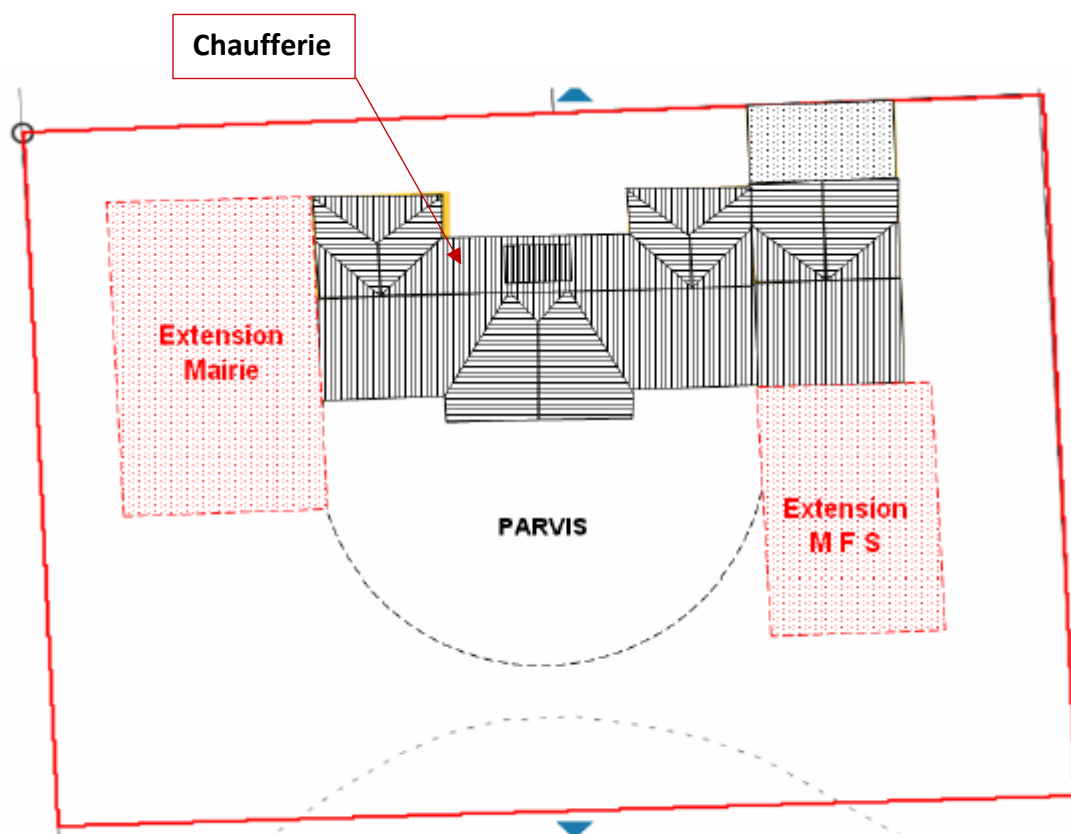



Figure 32 : Projet de restructuration de la Mairie - scénario envisagé

Nous avons analysé qualitativement ce projet sur 2 aspects : compacité et adaptation du chauffage au nouveau bâtiment.

Côté thermique, l'Extension Mairie permet de réduire les déperditions de cette partie ancienne du bâtiment. La partie Extension MFS a un impact faible, l'extension étant déjà isolée.

Le fait d'avoir 2 parties de plain-pied est moins performante côté compacité et l'adaptation du chauffage sera plus compliquée car cela nécessite de tirer deux nouveaux circuits depuis la chaufferie dont un relativement éloignée (celui pour la partie MFS).

Le scénario le plus performant sur les aspects énergétiques serait d'avoir à l'emplacement de L'extension Mairie, la totalité de la surface ajoutée sur 2 niveaux.

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
|  | Audit énergétique – Mairie d'Allaire |
|  | Indice B – 07 Juin 2021              |

| Scénario actuel                                     |           |                                  |
|---|-----------|----------------------------------|
| Détail  | Compacité | Adaptation du chauffage existant |
| Extension Mairie                                    | ++        | ++                               |
| Extension MFS                                       | +         | --                               |
| Scénario 2 niveaux à l'emplacement Extension Mairie |           |                                  |
| Extension Mairie<br>RdC et R+1                      | +++       | +++                              |

Tableau 31 : analyse énergétique du projet d'extension

**Préconisations :**

Si le projet actuel est confirmé, nous vous préconisons d'envisager :

- La création d'un circuit eau chaude pour l'extension Mairie,
- Le chauffage de la partie Extension MFS par des pompes à chaleur aérothermiques air/air type mono ou multi-splits.

## 10.2 Analyse du possible raccordement du bâtiment au réseau de chaleur biomasse de l'école

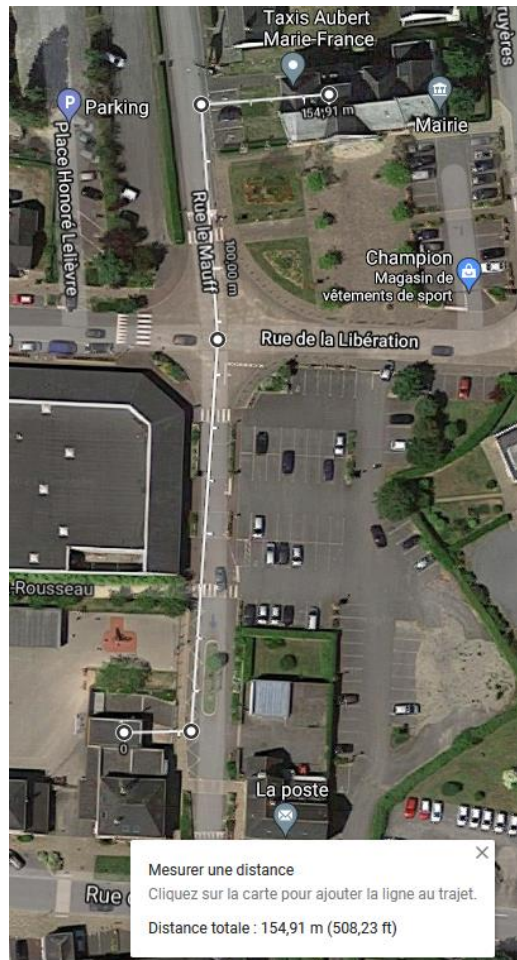
Il est envisagé de raccorder la Mairie au réseau de chaleur biomasse de l'école dont les caractéristiques sont rappelées ci-dessous.

En base : 1 chaudière biomasse 99 kW

En appoint : 1 chaudière gaz 2 allures 140-185 kW avec vanne 3 vois et sonde extérieure.








Après analyse de la densité thermique, il ne semble pas pertinent de raccorder la Mairie à la chaufferie Biomasse. En effet, la densité est de 0,37 MWh/ml ce qui est très faible, très loin des 1 à 1,5 MWh/ml minimum exigé par les projets financés par les COTER et l'ADEME.

|                            |      |             |
|----------------------------|------|-------------|
| Longueur réseau            | 155  | ml          |
| Chaleur à livrer           | 57,7 | MWh/an      |
| Densité thermique calculée | 0,37 | MWh/(ml.an) |
| Densité thermique - ADEME  | 1,5  | MWh/(ml.an) |
| Densité thermique - COTER  | 1    | MWh/(ml.an) |

Nous vous déconseillons donc ce scénario en l'état car la chaleur livrée sera beaucoup plus chère que la situation actuelle et donc l'investissement n'aura aucune rentabilité.

Afin de rendre ce scénario viable, il faudrait avoir d'autres bâtiments (avec une consommation significative) à raccorder soit sur le trajet soit proche de la Mairie.

**Solution n°1 : Isolation du plancher bas sur cave**

|                           |                                   |   |
|---------------------------|-----------------------------------|---|
| Investissement            | 6 000 €TTC                        |  |
| C2E                       | 176 MWh <sub>cumac</sub><br>970 € |   |
| Economie année 1          | 2 800 kWh <sub>PCS</sub>          |   |
|                           | 0,6 tCO <sub>2</sub>              |   |
|                           | 150 €TTC                          |   |
| Temps de retour actualisé | >20 ans                           |   |

**Etat des lieux :**

Actuellement, le plancher de la portion du rez-de-chaussée situé au-dessus de la cave n'est pas isolé.

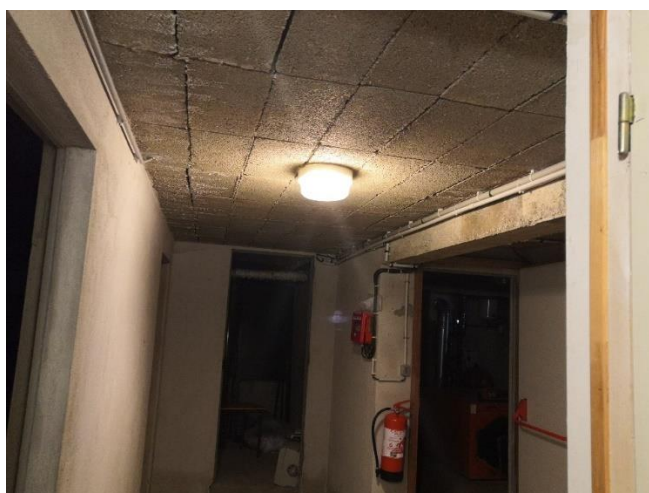
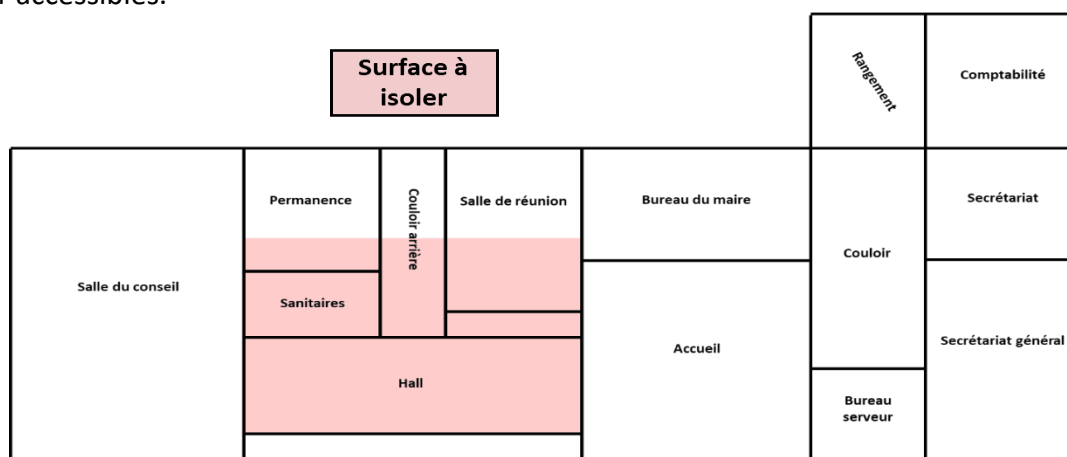


Figure 33 : Absence d'isolation sous le plancher sur cave

**Description de l'action :**

Cette solution propose d'isoler le plancher par en dessous avec de l'ouate de cellulose posée par flocage. Il sera nécessaire de descendre les éclairages. La solution peut recouvrir les tuyaux de chauffage, il faut néanmoins laisser apparent les purges, vannes et autres pièces devant rester accessibles.



### Zoom sur l'ouate de cellulose :



**Figure 34 - Ouate de cellulose en vrac**

L'ouate de cellulose est un matériau biosourcé communément utilisé dans l'isolation de combles perdus, de planchers et de murs. Elle est obtenue à partir de papiers recyclés et de résidus de scieries ayant reçu des traitements pour garantir la résistance au feu, empêcher la formation de moisissure et la venue de rongeurs. La composition de l'ouate de cellulose en fait un isolant biosourcé qui associe forte perméabilité à la vapeur d'eau et une bonne régulation de l'humidité.

### ***Certificats d'économie d'énergie C2E :***

Cette action est éligible à la fiche C2E BAT-EN-103 isolation d'un plancher. Le volume de C2E obtenu serait d'environ 176 MWhcumac pour une prime de 970 €<sup>1</sup>.

### ***Investissements :***

Cette solution nécessite un investissement de

|                        | Coût €TTC    |
|------------------------|--------------|
| Isolation et pose      | 5 000        |
| Reprise des éclairages | 1 000        |
| <b>Total</b>           | <b>6 000</b> |

### ***Economie d'énergie :***


Cette solution permet une réduction de consommation de 2 800 kWh<sub>PCS</sub> par an, soit 0,6 tCO<sub>2</sub>. Avec un tarif d'achat de gaz de 53,4 €TTC/MWh<sub>PCS</sub>, les économies sur la facture de gaz sont de 150 €TTC/an.

### ***Autre aspect :***

Cette action améliore le confort des occupants.

<sup>1</sup> On suppose ici un prix de rachat des C2E à 5,5 €/MWhcumac

**Solution n°2 : Isolation du plancher bas de l'extension de 1979**

|                           |   |  |
|---------------------------|---|--|
| Investissement            | 1 500 €TTC  |  |
| C2E                       | 45 MWh <sub>cumac</sub><br>250 €                  |  |
| Economie année 1          | 1 700 kWh <sub>PCS</sub><br>0,35 tCO <sub>2</sub> |  |
|                           | 90 €TTC   |  |
| Temps de retour actualisé | 8 ans   |  |

**Etat des lieux :**

Actuellement, le plancher de la portion du rez-de-chaussée ajoutée lors des rénovations de 1980 n'est pas isolé et donne directement sur l'extérieur.



Figure 35 : Absence d'isolation sous le plancher de l'extension de 1980

**Description de l'action :**

Cette solution propose d'isoler le plancher par en dessous avec de l'ouate de cellulose posée par flocage.

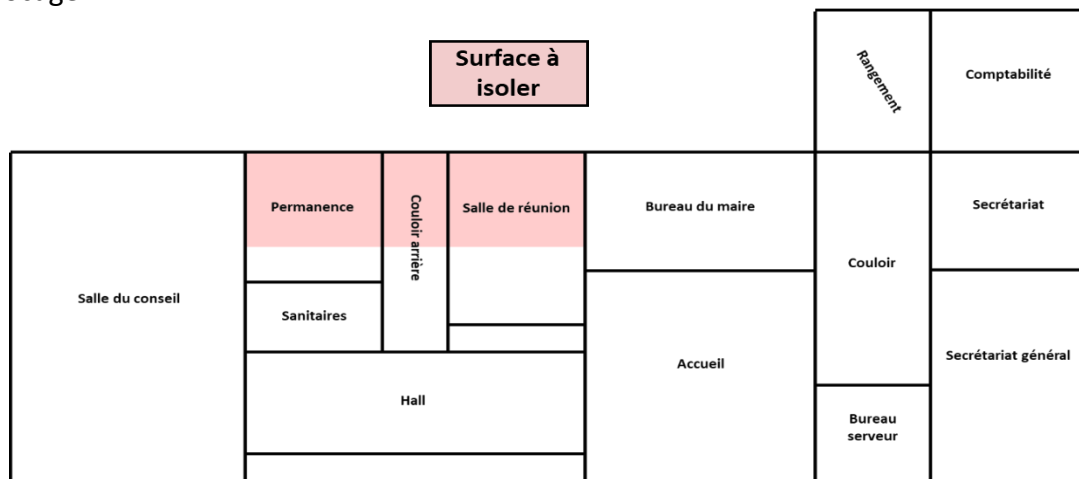



Figure 36 : Plancher bas sur vide extérieur



|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
|  | Audit énergétique – Mairie d'Allaire |
|  | Indice B – 07 Juin 2021              |

### ***Certificats d'économie d'énergie C2E :***

Cette action est éligible à la fiche C2E BAT-EN-103 isolation d'un plancher. Le volume de C2E obtenu serait d'environ 45 MWhcumac pour une prime de 250 €<sup>1</sup>.

### ***Investissements :***

Cette solution nécessite un investissement de 1 500 €TTC.

### ***Economie d'énergie :***

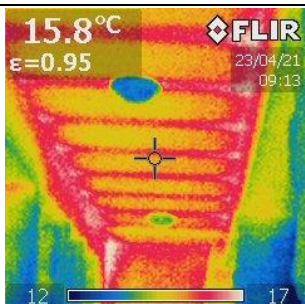
Cette solution permet une réduction de consommation de 1 700 kWh<sub>PCS</sub> par an, soit 0,35 tCO<sub>2</sub>. Avec un tarif d'achat de gaz de 53,4 €TTC/MWh<sub>PCS</sub>, les économies sur la facture de gaz sont de 90 €TTC/an.

### ***Autre aspect :***

Cette action améliore le confort des occupants.

<sup>1</sup> On suppose ici un prix de rachat des C2E à 5,5 €/MWhcumac

### Solution n°3 : Isolation du plancher R+1 au-dessus de la porte du Hall

|                           |  |   |
|---------------------------|--|---|
| Investissement            | 1 000 €TTC                                       |  |
| C2E                       | 27 MWh <sub>cumac</sub><br>150 €                 |   |
| Economie année 1          | 1 200 kWh <sub>PCS</sub><br>0,3 tCO <sub>2</sub> |   |
|                           | 65 €TTC  |   |
| Temps de retour actualisé | 11 ans   |   |

#### Etat des lieux

Une partie du plancher du R+1 au-dessus de la porte du hall n'est pas isolée et n'est constitué que d'un plancher lourd.



Figure 37 : Plancher R+1 au-dessus du Hall


#### Description de l'action

Cette solution propose d'isoler le plancher par en dessous avec de l'ouate de cellulose posée par flochage ou en panneaux.

#### Certificats d'économie d'énergie C2E :

Cette action est éligible à la fiche C2E BAT-EN-103 isolation d'un plancher. Le volume de C2E obtenu serait d'environ 27 MWh<sub>cumac</sub> pour une prime de 150 €<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> On suppose ici un prix de rachat des C2E à 5,5 €/MWh<sub>cumac</sub>

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
|  | Audit énergétique – Mairie d’Allaire |
|  | Indice B – 07 Juin 2021              |

### *Investissements :*

---

Cette solution nécessite un investissement de 1 000 €TTC.

### *Economie d'énergie :*

---


Cette solution permet une réduction de consommation de 1 200 kWh<sub>PCS</sub> par an, soit 0,3 tCO<sub>2</sub>. Avec un tarif d’achat de gaz de 53,4 €TTC/MWh<sub>PCS</sub>, les économies sur la facture de gaz sont de 65 €TTC/an.

### *Autre aspect :*

---

Cette action améliore le confort des occupants.

### Solution n°4 : Isolation des combles

|                           |   |  |
|---------------------------|---|--|
| Investissement            | 3 500 €TTC  |  |
| C2E                       | 46 MWh <sub>cumac</sub><br>250 €                  |  |
| Economie année 1          | 4 700 kWh <sub>PCS</sub><br>1,0 t CO <sub>2</sub> |  |
|                           | 250 €TTC  |  |
| Temps de retour actualisé | 11 ans  |  |

### Etat des lieux

Les combles de la partie ouest du bâtiment ne sont pas isolés.



Figure 38 : Absence d'isolation dans les combles

### Description de la solution

Cette solution propose d'isoler les combles ouest avec des panneaux d'ouate de cellulose.

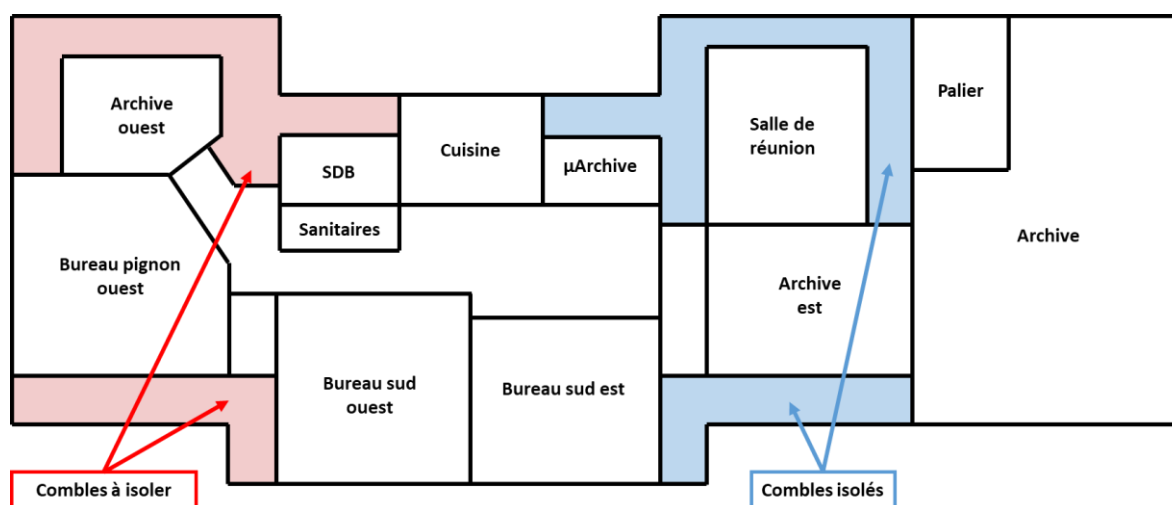



Figure 39 – Combes à isoler

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
|  | Audit énergétique – Mairie d'Allaire |
|  | Indice B – 07 Juin 2021              |

### ***Certificats d'économie d'énergie C2E :***

Cette action est éligible à la fiche C2E BAT-EN-106 isolation des combles. Le volume de C2E obtenu serait d'environ 46 MWhcumac pour une prime de 250 €<sup>1</sup>.

### ***Investissements :***

Cette solution nécessite un investissement de 3 500 €TTC.

### ***Economie d'énergie :***


Cette solution permet une réduction de consommation de 4 700 kWh<sub>PCS</sub> par an, soit 1 tCO<sub>2</sub>. Avec un tarif d'achat de gaz de 53,4 €TTC/MWh<sub>PCS</sub>, les économies sur la facture de gaz sont de 250 €TTC/an.

### ***Autre aspect :***

Cette action améliore le confort des occupants.

<sup>1</sup> On suppose ici un prix de rachat des C2E à 5,5 €/MWhcumac

### Solution n°5 : Isolation des murs par l'intérieur

|                           |  |  |
|---------------------------|--|--|
| Investissement            | 10 000 €TTC                                      |  |
| C2E                       | /  |  |
| Economie année 1          | 7 800 kWh <sub>PCS</sub><br>1,6 tCO <sub>2</sub> |  |
|                           | 420 €TTC   |  |
| Temps de retour actualisé | 18 ans   |  |

#### Etat des lieux

Les murs de la section du bâtiment datant d'avant 1980 ne sont pas isolés, notamment les murs du hall.

#### Description de la solution

Cette solution propose d'isoler les murs originaux par l'intérieur avec des panneaux d'ouate de cellulose.

La solution par l'intérieur est moins chère à l'investissement au global mais elle induit une perte de surface, une gêne lors des travaux (indisponibilité des locaux) pour les occupants et nécessite une reprise des prises et autres éléments aux murs.

Par ailleurs, des ponts thermiques peuvent apparaître à certains endroits.

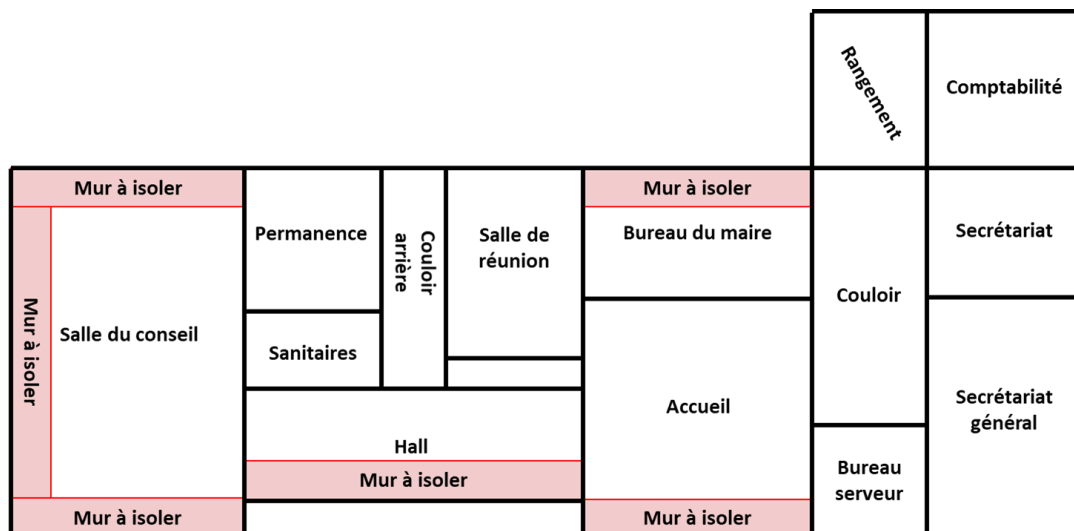


Figure 40 – Murs à isoler RDC

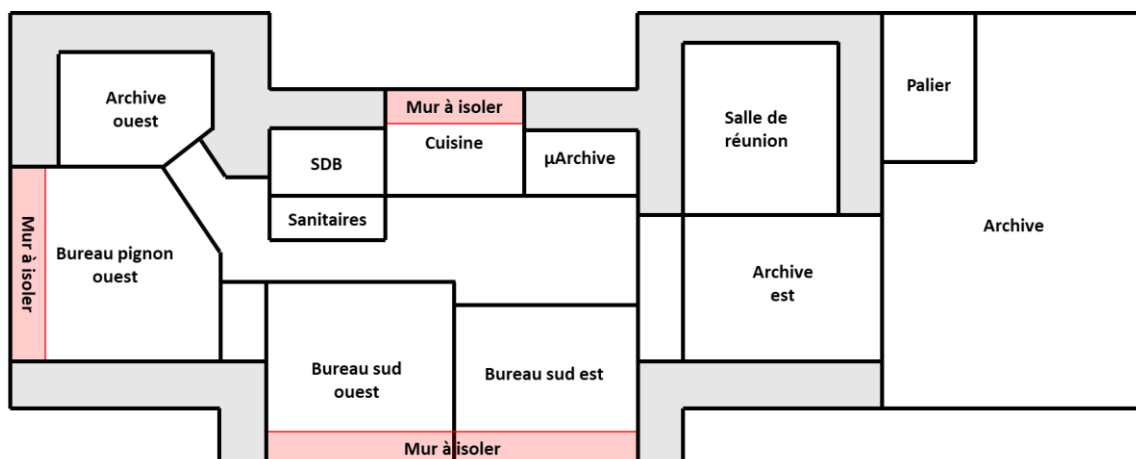


Figure 41 – Murs à isoler R+1

### Certificats d'économie d'énergie C2E :

/

### Investissements :

Cette solution nécessite un investissement de

On considère ici 10 €/TTC/m<sup>2</sup> pour la reprise des prises et autres éléments. Attention, ce montant peut varier selon les éléments en place aux murs et l'âge des installations électriques.

|                                  | Coût €/TTC    |
|----------------------------------|---------------|
| Isolation                        | 8 500         |
| Reprise des éléments électriques | 1 500         |
| <b>Total</b>                     | <b>10 000</b> |


### Economie d'énergie :

Cette solution permet une réduction de consommation de 7 800 kWh<sub>PCS</sub> par an, soit 1,6 tCO<sub>2</sub>. Avec un tarif d'achat de gaz de 53,4 €/TTC/MWh<sub>PCS</sub>, les économies sur la facture de gaz sont de 420 €/TTC/an.

### Autre aspect :

Cette action améliore le confort des occupants.

### Solution n°6 : Isolation des murs par l'extérieur

|                           |  |  |
|---------------------------|--|--|
| Investissement            | 40 000 €TTC                                      |  |
| C2E                       | /  |  |
| Economie année 1          | 8 000 kWh <sub>PCS</sub><br>1,6 tCO <sub>2</sub> |  |
|                           | 430 €TTC   |  |
| Temps de retour actualisé | > 20 ans   |  |

#### Etat des lieux :

Les murs de la section du bâtiment datant d'avant 1980 ne sont pas isolés, notamment les murs du hall.

#### Description de l'action :

Cette solution propose d'isoler les murs originaux par l'extérieur avec des panneaux d'ouate de cellulose.

Cette solution est plus chère mais ne présente pas les problèmes de l'isolation par l'intérieure sur la place perdue et la gêne lors des travaux.

Cependant, elle impact l'aspect extérieur du bâtiment. C'est donc un choix esthétique.

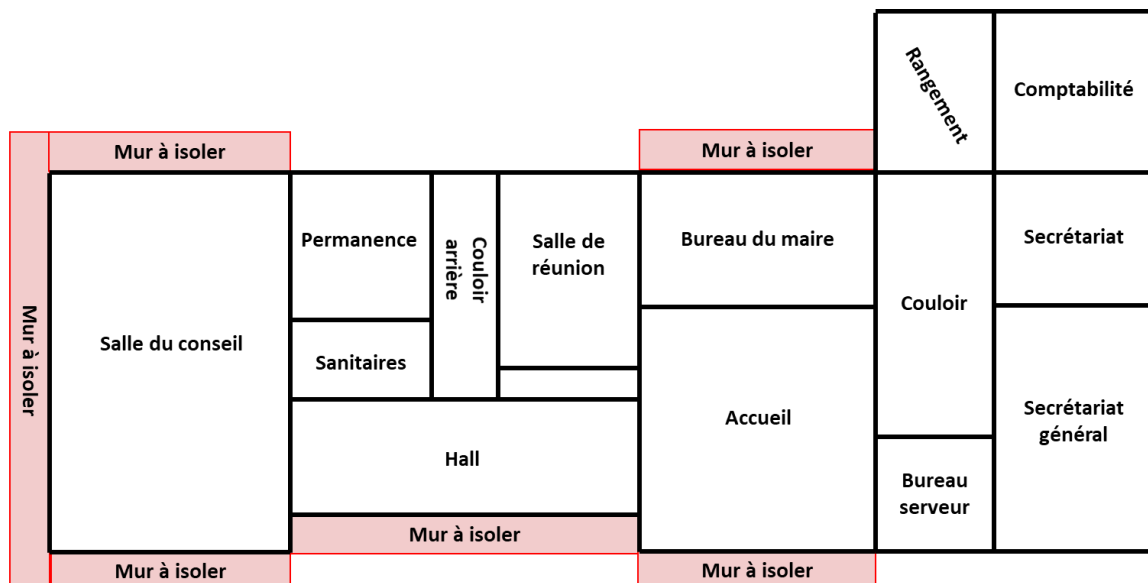


Figure 42 – Murs à isoler RDC



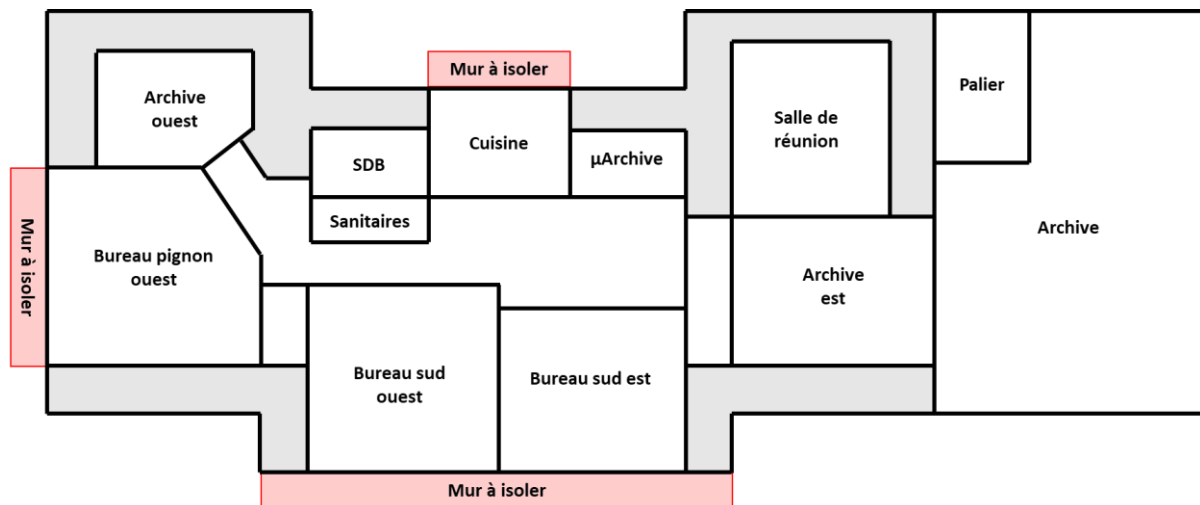


Figure 43 - Murs à isoler R+1

### Certificats d'économie d'énergie C2E :

/

### Investissements :

Cette solution nécessite un investissement de 40 000 €TTC.


### Economie d'énergie :

Cette solution permet une réduction de consommation de 8 000 kWh<sub>PCS</sub> par an, soit 1,6 tCO<sub>2</sub>. Avec un tarif d'achat de gaz de 53,4 €TTC/MWh<sub>PCS</sub>, les économies sur la facture de gaz sont de 430 €TTC/an.

### Autre aspect :

Cette action améliore le confort des occupants.

### Solution n°7 : Remplacement des menuiseries

|                           |  |  |
|---------------------------|--|--|
| Investissement            | 21 000 €TTC                                      |  |
| C2E                       | 89 MWh <sub>cumac</sub><br>490 €                 |  |
| Economie année 1          | 3 600 kWh <sub>PCS</sub><br>0,7 tCO <sub>2</sub> |  |
|                           | 190 €TTC   |  |
| Temps de retour actualisé | >20 ans  |  |

#### Etat des lieux :


Une partie des menuiseries est constituée d'ouvrants simple vitrage ou double vitrage fin (4/6/4) qui ne sont pas performants énergétiquement. Ces menuiseries représentent une surface totale de 33 m<sup>2</sup>.



Figure 44 - Exemples de menuiseries à remplacer

#### Description de l'action :

Cette solution propose de remplacer les menuiseries peu performantes par des menuiseries double vitrage 4/16/4.

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
|  | Audit énergétique – Mairie d’Allaire |
|  | Indice B – 07 Juin 2021              |

### ***Certificats d’économie d’énergie C2E :***

Cette action est éligible à la fiche C2E BAT-EN-104 fenêtre isolante. Le volume de C2E obtenu serait d’environ 89 MWhcumac pour une prime de 490 €<sup>1</sup>.

### ***Investissements :***

Cette solution nécessite donc un investissement de 21 000 €TTC.

### ***Economie d’énergie :***

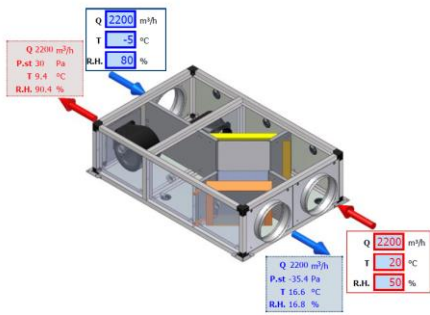
Cette solution permet une réduction de consommation de 3 600 kWh<sub>PCS</sub> par an, soit 0,7 tCO<sub>2</sub>. Avec un tarif d’achat de gaz de 53,4 €TTC/MWh<sub>PCS</sub>, les économies sur la facture de gaz sont de 190 €TTC/an.

### ***Autre aspect :***

Cette action améliore le confort des occupants.

<sup>1</sup> On suppose ici un prix de rachat des C2E à 5,5 €/MWhcumac

### Solution n°8 : Ajout d'une CTA double flux

|                           |   |  |
|---------------------------|---|--|
| Investissement            | 40 000 €TTC   |  |
| C2E                       | 146 MWh <sub>cumac</sub><br>800 €   |  |
| Economie année 1          | - 1 170 kWh <sub>e</sub><br>7 500 kWh <sub>PCS</sub><br>1,5 t CO <sub>2</sub> |  |
|                           | 210 €   |  |
| Temps de retour actualisé | > 20 ans  |  |

#### Etat des lieux :

Actuellement, la ventilation est naturelle. Elle est faite par l'ouverture des fenêtres et par les défauts d'étanchéité du bâti et des menuiseries.

Du fait de l'isolation des différentes parois (murs, toiture) et du changement des ouvrants, le renouvellement par les défauts d'étanchéité va être fortement limité.

C'est pourquoi, nous vous conseillons la mise en œuvre d'une ventilation mécanique dans les différentes pièces.

Elle sera dimensionnée afin de répondre à la réglementation soit à minima 18 m<sup>3</sup>/h par personne dans les pièces.

#### Description de l'action :

L'action propose d'installer un système de ventilation comprenant :

- Un caisson de ventilation double flux avec échangeur et régulation de débit,
- Un réseau de gaines de soufflage et d'extraction,
- Les ensembles de bouches de soufflage, d'extraction, les registres coupe-feu et pièges à son,
- La régulation, l'électricité,
- Un départ eau chaude dédié pour la batterie.

L'action améliore le confort des occupants et pérennise le bâtiment. Elle maîtrise les consommations sur le chauffage. Elle induit cependant des coûts énergétiques supplémentaires sur l'électricité.



### *Certificats d'économie d'énergie C2E :*

Cette action est éligible à la fiche C2E BAT-TH-126 ventilation mécanique double flux avec échangeur. Le volume de C2E obtenu serait d'environ 146 MWhcumac pour une prime de 800 €<sup>1</sup>.

### *Investissements :*

L'investissement est estimé à 40 000 €TTC.

|   |                    |
|---|--------------------|
| Caisson compris grutage et installation | 12 000 €HT         |
| Gaines, bouches, piquages, perçages     | 15 000 €HT         |
| Réseau eau chaude                       | 3 500 €HT          |
| Régulation et électricité               | 3 000 €HT          |
| <b>Total TTC</b>                        | <b>40 000 €TTC</b> |

### *Economie d'énergie :*


Cette solution permet une économie de 7 500 kWh<sub>PCS</sub> sur le chauffage mais induit un surcout de 1 170 kWh<sub>e</sub> électriques.

### *Autre aspect :*

Cette action améliore le confort des occupants.

<sup>1</sup> On suppose ici un prix de rachat des C2E à 5,5 €/MWhcumac

### Solution n°9 : Remplacement du chauffage actuel par une chaudière gaz à condensation

|                           |  |   |
|---------------------------|--|---|
| Investissement            | 20 000 €TTC                                      |  |
| C2E                       | 161 MWh <sub>cumac</sub><br>900 €                |   |
| Economie année 1          | 6 700 kWh <sub>PCS</sub><br>1,4 tCO <sub>2</sub> |   |
|                           | 360 €  |   |
| Temps de retour actualisé | >20 ans  |   |

#### Etat des lieux :

La chaudière existante est vétuste. Elle date de 1986.

#### Description de l'action :

Il est proposé le remplacement de la chaudière existante par une chaudières neuve de type chaudière à condensation avec brûleur modulant. La nouvelle chaufferie aurait une puissance de 1x40 kW

#### Certificats d'économie d'énergie C2E :

Cette action est éligible à la fiche C2E BAT-TH-102 chaudière à haute performance énergétique. Le volume de C2E obtenu serait d'environ 161 MWh<sub>cumac</sub> pour une prime de 900 €<sup>1</sup>.

#### Investissements :


L'investissement est estimé à 20 000 €TTC. Il comprend :

- La dépose de l'existant,
- La fourniture et la pose de la nouvelle chaudière,
- Le tubage inox du conduit de fumées,
- La reprise de l'électricité, le raccordement gaz et la partie hydraulique,
- Les essais,
- La mise en service.


#### Economie d'énergie :

Cette solution permet une économie de 6 700 kWh<sub>PCS</sub> sur le chauffage grâce au meilleur rendement de la chaudière.

<sup>1</sup> On suppose ici un prix de rachat des C2E à 5,5 €/MWh<sub>cumac</sub>

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
|  | Audit énergétique – Mairie d'Allaire |
|  | Indice B – 07 Juin 2021              |

|  |
|--|
| <b>Solution n°10 :      Installation d'une régulation communicante</b> |
|--|

|                           |   |  |
|---------------------------|---|--|
| Investissement            | 3 500 €TTC  |  |
| C2E                       | /   |  |
| Economie année 1          | 7 100 kWh <sub>PCS</sub><br>1,5 t CO <sub>2</sub> |  |
|                           | 380 €   |  |
| Temps de retour actualisé | 8 ans   |  |

### *Etat des lieux :*

La chaudière existante fonctionne en permanence. Il n'y a pas de sonde extérieure, de vanne trois voies sur le départ, ni de programmation de réduits pendant les périodes d'inoccupation.

### *Description de l'action :*

Il est proposé d'ajouter un régulateur communicant accessible à distance afin de faciliter la gestion de la chaufferie et notamment facilitée une conduite économe en énergie en réglant facilement : les températures de consigne, un planning d'occupation.

Cette action suppose que l'action précédente est réalisée afin d'avoir une chaudière pouvant être contrôlée par un automate externe.

### *Certificats d'économie d'énergie C2E :*

/


### *Investissements :*

L'investissement est estimé à 3 500 €TTC. Il comprend la fourniture et la pose d'un automate communicant avec des synoptiques embarqués pour la gestion de la chaudière et des plannings.

### *Economie d'énergie :*

Cette solution permet une économie de 7 100 kWh<sub>PCS</sub> sur le chauffage grâce à la mise en place de réduits de température la nuit, le week-end, les jours fériés et pendant les périodes de congés.

**Solution n°11 : Eclairage LED pour l'ensemble du bâtiment**

|                           |  |   |
|---------------------------|--|---|
| Investissement            | 4 500 €TTC                                     |  |
| C2E                       | /  |   |
| Economie année 1          | 1 180 kWh <sub>e</sub><br>0,1 tCO <sub>2</sub> |   |
|                           | 190 €  |   |
| Temps de retour actualisé | > 20 ans                                       |   |

**Etat des lieux :**

Globalement l'éclairage est en tubes fluorescents T8 peu performants.

6 luminaires sont déjà des pavés LED.

**Description de l'action :**

Il est proposé d'installer des luminaires LED en remplacement 1 pour 1.

**Certificats d'économie d'énergie C2E :**

/

**Investissements :**

L'investissement est estimé à 4 500 €TTC pour le remplacement de 45 luminaires.

**Economie d'énergie :**


Cette solution permet une économie de 1 180 kWh<sub>e</sub> sur la consommation électrique grâce aux meilleures performances des luminaires LED.

**Autre aspect :**

Cette action améliore le confort des occupants et réduit la maintenance nécessaire sur le site.



### Solution n°12 : Installation d'une centrale solaire photovoltaïque

|                           |                       |  |
|---------------------------|-----------------------|--|
| Investissement            | 22 000 €TTC           |  |
| Production année 1        | 10,3 MWh <sub>e</sub> |  |
| Gains année 1             | 1 560 €TTC            |  |
| Prime                     | 2 520 €TTC            |  |
| Temps de retour actualisé | 13 ans                |  |

#### Description de l'action :

Il est proposé d'installer des panneaux solaires photovoltaïques sur la toiture du bâtiment. La consommation d'électricité étant faible, cette solution se concentre sur une installation de revente. Pour optimiser l'exposition et minimiser les risques d'ombrages, la zone d'installation proposée est la face sud de la toiture. La puissance de panneaux installée considérée est de 9 kW

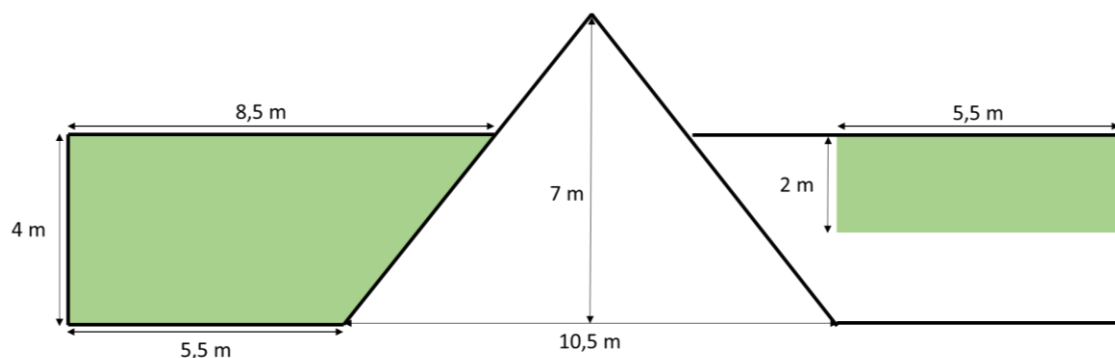


Figure 45 – Surface à installer

#### Aides :

Il est considéré dans les gains de l'année 1 la prime de 280 €/kWc.


#### Investissements :

L'investissement est estimé à 22 000 €TTC. Il comprend :

- L'installation des panneaux solaires sur la toiture,
- Le raccordement des panneaux,
- Le compteur de revente,

#### Gains :

La production annuelle estimée de l'installation est de 10,3 MWh/an. Avec un tarif de revente de l'électricité à 151,2 €/MWh, les gains de revente annuels estimés sont de 1 560 €TTC.

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
|  | Audit énergétique – Mairie d’Allaire |
|  | Indice B – 07 Juin 2021              |

## 11 Aides et subventions

### 11.1.1 Certificats d’économie d’énergie (C2E)

Le dispositif des C2E est détaillé en annexe de ce rapport. Les primes associées sont détaillées dans chaque solution.

## 12 Scénarios

Nous avons étudié différents scénarios. Nous obtenons au final 3 cas :

Scénario -30% incluant les actions suivantes :


- Action 1
- Action 2
- Action 3
- Action 4
- Action 7
- Action 9
- Action 10
- Action 11

|                          |   |
|--------------------------|---|
| Investissement brut      | 61 000 €TTC   |
| C2E                      | 3 010 €   |
| Investissement net       | 57 990 €TTC   |
| Gains                    | 1 675 €TTC  |
| ROI net                  | > 20 ans  |
| Ratio avant              | 170 kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .an             |
| Ratio avant              | 119 kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .an             |
| Gain en énergie primaire | -51,7 kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .an<br>-30,4% |
| Taux d'ENR               | 0%  |

Scénario -40% incluant les actions précédentes ainsi que :

- Action 5
- Action 8

|                          |   |
|--------------------------|---|
| Investissement brut      | 111 000 €TTC  |
| C2E                      | 3 810 €   |
| Investissement net       | 107 200 €TTC  |
| Gains                    | 2 225 €TTC  |
| ROI net                  | > 20 ans  |
| Ratio avant              | 170 kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .an             |
| Ratio avant              | 101 kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .an             |
| Gain en énergie primaire | -68,9 kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .an<br>-40,4% |
| Taux d'ENR               | 0%  |

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
|  | Audit énergétique – Mairie d'Allaire |
|  | Indice B – 07 Juin 2021              |

Scénario -40% avec énergie renouvelable incluant le PV.

|                          |   |
|--------------------------|---|
| Investissement brut      | 133 000 €TTC  |
| C2E                      | 3 810 €   |
| Investissement net       | 129 190 €TTC  |
| Gains                    | 3 785 €TTC  |
| ROI net                  | > 20 ans  |
| Ratio avant              | 170 kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .an             |
| Ratio avant              | 101 kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .an             |
| Gain en énergie primaire | -68,9 kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .an<br>-40,4% |
| Taux ENR                 | >100% sur l'élec<br>16% sur l'énergie finale          |

### 13 Conclusion

Il est possible avec le scénario 3 d'atteindre un gain sur le bâtiment supérieur à 40% en énergie primaire tout en produisant l'équivalent de la totalité de la consommation électrique annuelle de la Mairie via du photovoltaïque.

Cela nécessite cependant un ambitieux programme de rénovation incluant des travaux sur l'enveloppe ainsi que les systèmes énergétiques dont l'aspect économique s'apprécie uniquement sur une vision patrimoniale et long terme.

## 14 Annexes

### 14.1 Définition des différentes notations d’énergie

#### Energie finale :

Energie livrée au consommateur pour sa consommation finale (gaz, électricité, fioul, bois...). Elle correspond à l’énergie payée par le consommateur à son fournisseur en kWh<sub>PCI</sub>. Elle s’exprime en kWh<sub>EF</sub>.

#### Energie utile ou énergie thermique :

Energie réellement disponible pour le consommateur. Elle correspond à l’énergie disponible en sortie de chaudière et est exprimée en kWh<sub>th</sub>.

Energie utile = Energie finale x Rendement de production

#### Energie primaire :

Energie disponible directement dans la nature avant toute transformation. Elle est calculée selon les règles suivantes (arrêté du 15 sept. 2006) :

- Electricité : kWh<sub>EP</sub> = 2,58 x kWh<sub>EF</sub> (tient compte de la production et du transport de l’électricité),
- Autres énergies : kWh<sub>EP</sub> = 1 x kWh<sub>EF</sub>.

### 14.2 Notations

Notations utilisées pour les énergies :

- |  |                     |
|--|---------------------|
| • Energie utile sortie chaudière (énergie thermique) : | kWh <sub>th</sub>   |
| • Energie combustible PCI :                            | kWh <sub>PCI</sub>  |
| • Energie combustible PCS :                            | kWh <sub>PCS</sub>  |
| • Energie électrique :                                 | kWh <sub>elec</sub> |
| • Energie Primaire :                                   | kWh <sub>EP</sub>   |
| • Energie Finale                                       | kWh <sub>EF</sub>   |

#### **Abréviations :**

ECS : Eau Chaude Sanitaire

EP : Energie Primaire


PCI : Pouvoir calorifique inférieur

PCS : Pouvoir calorifique supérieur

GES : Gaz à effet de serre

### 14.3 DJU

La différence entre la température intérieure et la température extérieure moyenne d’une journée s’appelle degrés-jours. Les degrés-jours s’additionnent sur une saison de chauffe et sont proportionnels à la quantité de chaleur à apporter au bâtiment. On parlera de degrés-jours unifiés (DJU) lorsque la température intérieure est considérée à 18°C. La température extérieure de référence est de -4°C (température la plus basse envisagée).

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
|  | Audit énergétique – Mairie d’Allaire |
|  | Indice B – 07 Juin 2021              |

Nous considérons une période de chauffe du 1er octobre au 1er mai.

#### 14.4 Rappel sur les besoins thermiques

En chauffage ou en climatisation, le besoin thermique dépend des échanges thermiques avec l’extérieur qui sont fonction de la température extérieure.

Le bilan thermique prend également en compte les éléments suivants :

- Les apports internes :
  - Les personnes présentes,
  - La puissance dissipée due aux équipements électriques (éclairage, bureautique),
- Les apports externes : les apports solaires.

Les apports gratuits (internes ou externes) peuvent avoir une influence importante sur le bilan thermique, il est donc important de bien les définir et les prendre en compte.

#### 14.5 Les menuiseries

Les caractéristiques énergétiques d’une menuiserie sont au nombre de trois :

- Son coefficient de transmission thermique  $U_w$  en  $W/(m^2.K)$ ,
- Son facteur solaire  $S_w$  compris entre 0 et 1,
- Son facteur de transmission lumineuse  $T_{lw}$  compris également entre 0 et 1.

La composition de la menuiserie (simple, double, triple vitrage), l’épaisseur et les caractéristiques du verre utilisé, l’épaisseur de la lame d’air ou de gaz sont autant de facteurs modifiant ces caractéristiques.

Le coefficient de transmission thermique  $U_w$  influence la déperdition de chaleur hivernale. Plus il est faible, plus la menuiserie est performante d’un point de vue isolation.


Le facteur solaire  $S_w$  représente la capacité de la menuiserie à transmettre la chaleur. Plus il est élevé, plus la menuiserie transmet le rayonnement solaire.

Le facteur de transmission lumineuse  $T_{lw}$  représente la capacité à laisser entrer la lumière naturelle. Plus il est élevé, plus les apports lumineux seront importants.

#### 14.6 Les C2E, mode d’emploi

**Définition :** Le certificat d’économie énergie est un bien meuble immatériel délivré par l’Etat à un demandeur qui a effectué une action d’économie d’énergie répondant à certains critères d’éligibilité. Il est inscrit sur un registre national. Le C2E s’exprime en kWh cumac (cumulé et actualisé). Il est négociable selon les règles habituelles du droit commercial.

Lancé en 2006 par la loi POPE, le dispositif permet de subventionner des actions de maîtrise de l’énergie. La loi ENE de 2010 prolonge le dispositif pour 3 ans.

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
|  | Audit énergétique – Mairie d'Allaire |
|  | Indice B – 07 Juin 2021              |

Les fournisseurs d'énergie doivent obtenir une quantité déterminée de certificats sur une période de 3 ans sous peine de devoir payer une pénalité par kWh cumac non obtenu fixée à 2c€. Ainsi lorsqu'une personne entreprend des actions de maîtrise de l'énergie éligibles au dispositif, elle obtient des certificats qu'elle pourra ensuite vendre aux fournisseurs d'énergie.

Pour faciliter le calcul des C2E, des fiches standardisées ont été publiées. Elles donnent une valeur conventionnelle de C2E potentiels en fonction du type d'action mise en œuvre. Si aucune fiche n'existe un dossier peut être déposé pour justifier du caractère exemplaire du projet et ainsi valoriser les économies réalisées sous forme de C2E.