

# Ecole Nationale de Protection Judiciaire de la Jeunesse

*Site de Marseille*



**Audit énergétique**



ALTEREA certifié par l'OPQIBI  
Certificat de qualification N°13 06 25 86

### Maîtrise d'ouvrage

**Christophe CONCEICAO**

Chef de département des affaires techniques

T. : 06 20 98 56 53

@ : christophe.conceicao@justice.fr

### Assistant MOA

**ALTEREA – Agence Lille - HdF**

8 rue Anatole France

59000 Lille

T. : 03 59 54 21 08

**Louis BOUREL**

Chef de projets

T. : 07 48 14 36 26

@ : lbourel@alterea.fr

### SUIVI DU DOCUMENT

Indice	Date	Modifications	Rédaction	Vérification	Validation
1	31/10/2024	Rapport d'audit : 1 <sup>ère</sup> version	RRUI	GESN	LBOU

# SOMMAIRE

<b>1. SYNTHÈSE DE L'AUDIT ÉNERGETIQUE .....</b>	<b>3</b>
<b>2. ÉLÉMENTS MÉTHODOLOGIQUES ET CONTEXTUELS .....</b>	<b>7</b>
2.1. Objectifs d'un audit énergétique et étapes méthodologiques .....	7
2.2. Conditions de réalisation de la visite et des relevés techniques du site .....	8
2.3. Documents mis à disposition .....	8
2.4. Hypothèses posées dans le cadre de l'étude .....	9
2.5. Paramètres d'étude .....	9
<b>3. PRÉSENTATION DU SITE .....</b>	<b>10</b>
3.1. Fiche identité .....	10
3.2. Plan du site et périmètre de l'audit énergétique .....	10
3.3. Informations détaillées d'occupation du site .....	11
3.4. Historique des travaux du site .....	11
3.5. Confort des occupants.....	12
<b>4. ANALYSE ÉNERGETIQUE ET CARBONE.....</b>	<b>13</b>
4.1. Usages énergétiques du site .....	13
4.2. Plan de comptage.....	13
4.2.1. Électricité .....	13
4.2.2. Énergie thermique Gaz.....	14
4.3. Analyse des consommations d'énergie .....	15
4.3.1. Consommations d'électricité.....	15
4.3.2. Consommations d'énergie thermique (GAZ).....	17
4.3.3. Synthèse des consommations d'énergie.....	19
<b>5. DESCRIPTION TECHNIQUE DU BATI ET DES SYSTEMES.....</b>	<b>20</b>
5.1. Enveloppe du bâti.....	21
5.2. Systèmes énergétiques .....	23
5.2.1. Décret BACS .....	23
5.2.2. Schéma de principe de la chaufferie .....	24
5.2.3. Analyse de la conformité de la chaufferie.....	24
5.2.4. Chauffage .....	25
5.2.5. Climatisation .....	26
5.2.6. Ventilation .....	27
5.2.7. Eau Chaude Sanitaire.....	27
5.2.8. Éclairage.....	27
5.2.9. Autres usages.....	28
5.3. Synthèse état des lieux techniques .....	29

<b>6. MODELISATION ENERGETIQUE DU SITE .....</b>	<b>30</b>
6.1. Analyse des déperditions thermiques.....	30
6.2. Analyse des consommations énergétiques simulées .....	32
<b>7. OPPORTUNITE D'INTEGRATION DES ENERGIES RENOUVELABLES SUR LE SITE .....</b>	<b>33</b>
<b>8. PRECONISATIONS D'AMELIORATION DES PERFORMANCES .....</b>	<b>37</b>
<b>9. GISEMENTS DES POTENTIELS D'ECONOMIE D'ENERGIE .....</b>	<b>39</b>
9.1. Interventions de pilotage .....	39
9.2. Interventions sur le bâti .....	39
9.3. Interventions sur les systèmes .....	40
9.4. Interventions sur les énergies renouvelables .....	41
<b>10. SCENARIOS DE TRAVAUX.....</b>	<b>42</b>
10.1. Scénario 1 « Optimisation énergétique » .....	43
10.2. Scénario 2 « Maximisation énergétique » .....	44
10.3. Analyse comparative des scénarios de travaux .....	45
<b>11. CONCLUSION.....</b>	<b>48</b>

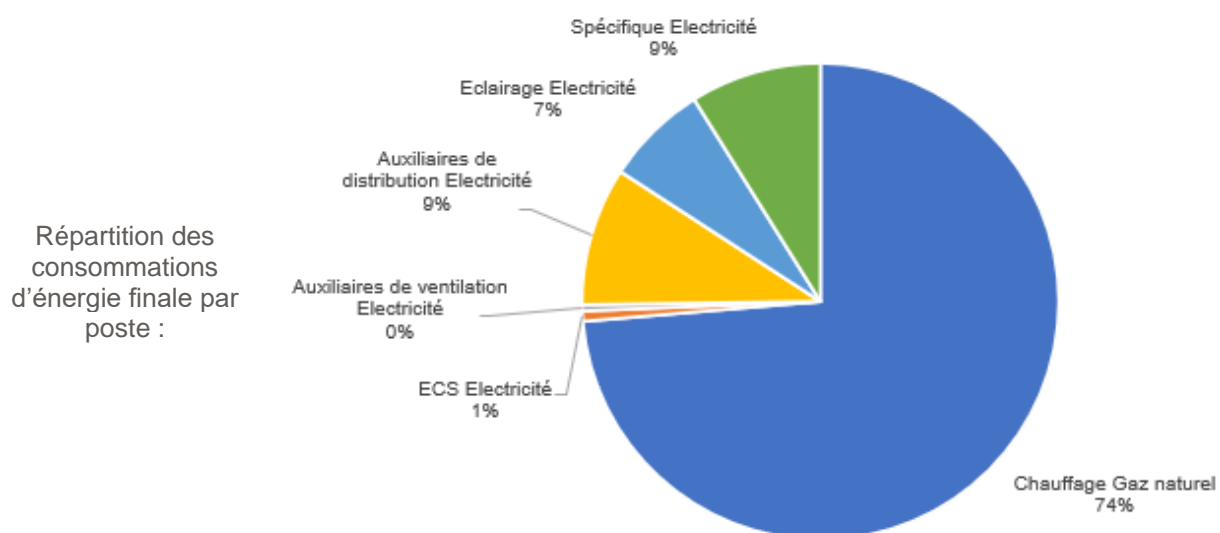
## 1. SYNTHÈSE DE L'AUDIT ÉNERGETIQUE

IDENTITÉ DU SITE		
	Nom du site :	Pôle Territorial de Formation
	Adresse :	7 impasse Sylvestre, 13013 Marseille
	Année de construction :	Estimée avant 1950
	Année de rénovation :	-
	Nombre de bâtiments :	1
	Nombre de niveaux :	3
	Surface de plancher (SDP) :	698 m <sup>2</sup> <sub>SDP</sub>
	Usage du site :	Bureaux
	Effectifs du site :	Variable selon évènement 5 à 8 personnes en permanence
	Horaires d'ouverture :	Du lundi au vendredi de 7h30 à 19h

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DE L'ENVELOPPE ET DES SYSTÈMES		
Poste technique	Points forts	Points faibles
Enveloppe du bâti	-	Les murs sur extérieur et les planchers hauts ne sont pas isolés. Les menuiseries sont en partie en simple vitrage.
Systèmes thermiques	Réseaux relativement bien calorifugés.	Chaudière au gaz et vieillissante. Robinets manuels sur les radiateurs
Systèmes de ventilation	VMC simple flux dans les sanitaires.	Ventilation naturelle pour les autres locaux.
Pilotage énergétique	Présence d'une loi d'eau sur horloge	Absence de GTC

### ANALYSE ENERGETIQUE ET CARBONE DE L'ETAT INITIAL

Années considérées :	2023				
Consommation d'énergie :	94 465	<i>kWh EF/PCI</i>			
	135	<i>kWh EF/PCI/m²SP .an</i>			
Emission carbone :	25,0	<i>kgCO2/m²SP .an</i>			
Dépenses énergétiques (P1) :	13 205	€ <i>TTC/an</i>	Dont électricité	5 473	€ <i>TTC/an</i>
			Dont gaz	7 732	€ <i>TTC/an</i>
Dépenses de maintenance (P2) : <sup>1</sup>	0	€ <i>TTC/an</i>			
Dépenses de renouvellement (P3) :	0	€ <i>TTC/an</i>			

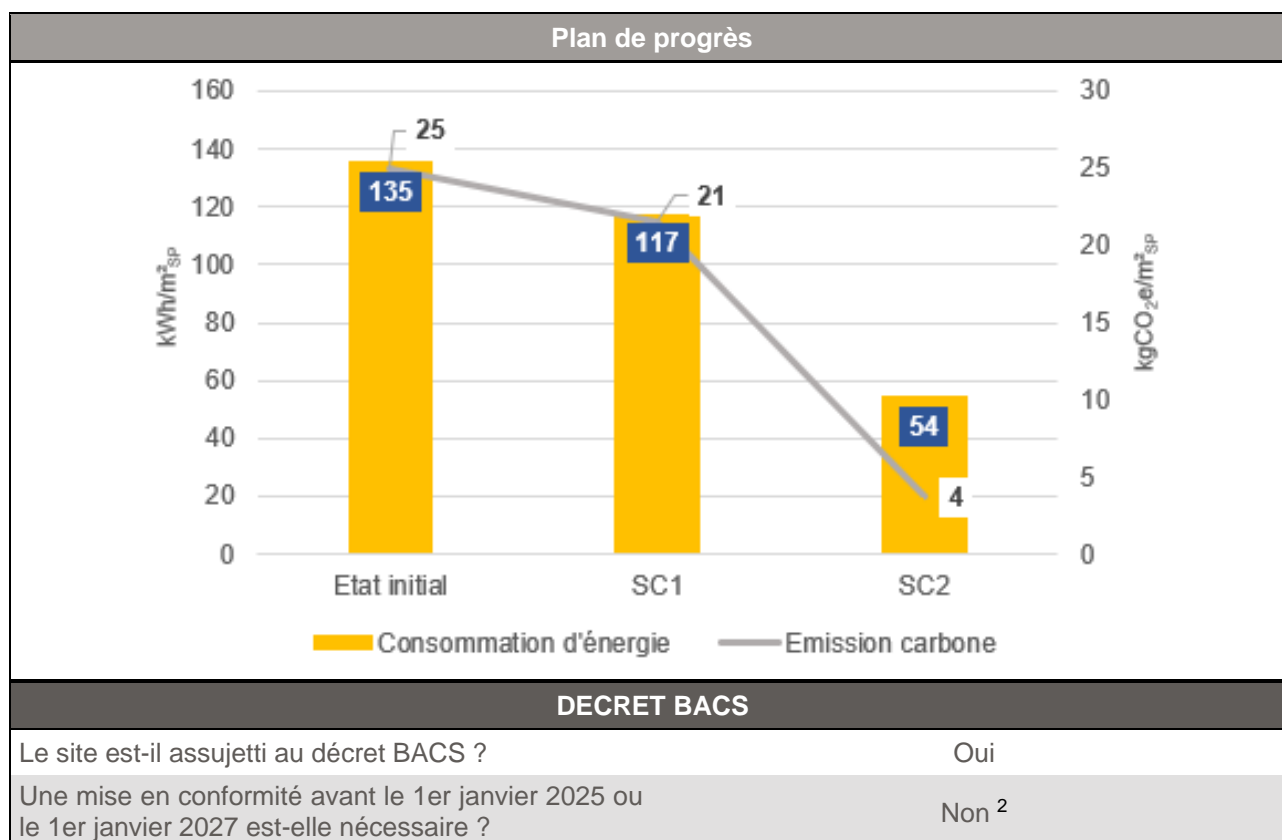


<sup>1</sup> Les dépenses de maintenance (P2) et de renouvellement (P3) n'ont pas été communiquées pour la réalisation de nos études.

PRECONISATIONS D'AMELIORATION, SCENARIOS DE TRAVAUX ET INDICATEURS DE PERFORMANCEG				
Programmes de travaux		SC1	SC2	
<b>ACTIONS DE PILOTAGE</b>	1	Mise en place d'un plan de comptage énergétique	X	X
<b>ACTIONS DE PILOTAGE</b>	2	Reprise des paramètres de régulation	X	X
<b>ACTIONS DE PILOTAGE</b>	3	Mise en place d'une coupure centralisée	X	X
<b>TRAVAUX SUR LE BATI</b>	4	Isolation des murs par l'intérieur		X
<b>TRAVAUX SUR LE BATI</b>	5	Remplacement des menuiseries extérieures		X
<b>TRAVAUX SUR LE BATI</b>	6	Isolation des planchers hauts		X
<b>TRAVAUX SUR LES SYSTEMES</b>	7	Mise en place d'une ventilation double flux		X
<b>TRAVAUX SUR LES SYSTEMES</b>	8	Mise en place de robinets thermostatiques	X	X
<b>TRAVAUX SUR LES SYSTEMES</b>	9	Mise en place d'une chaufferie biomasse		
<b>TRAVAUX SUR LES SYSTEMES</b>	10	Mise en place d'une pompe à débit variable	X	X
<b>ENERGIES RENOUVELABLES</b>	11	Mise en place d'une pompe à chaleur air/eau & Mise en place de radiateurs basse température		
<b>ENERGIES RENOUVELABLES</b>	12	Mise en place d'une pompe à chaleur géothermique & Mise en place de radiateurs basse température		X

Indicateurs de performance		Etat initial	SC1	SC2
Consommation d'énergie	$kWh_{EF}/m^2_{SP}$	135	117	54
	<i>Ecart annuel %</i>		-13%	-60%
Emission carbone	$kg_{CO2e}/m^2_{SP}$	25	21	4
	<i>Ecart annuel %</i>		-14%	-85%
Coûts travaux	$€^{HT} \text{ travaux}$		13 000	548 000
Dépenses énergie (P1)	$€^{TTC}/an$	13 205	11 516	8 311
	<i>Ecart annuel %</i>		-13%	-37%
Retour sur investissement	<i>Années Evolution P1 4%/an</i>		7	>30
	<i>Années Evolution P1 10%/an</i>		6	>30





CONCLUSION
<p>Le Pôle Territorial de Formation date d'avant les années 1950. Le bâtiment possède des murs et planchers hauts non isolés. Les menuiseries sont pour certaines en simple vitrage, occasionnant de fortes déperditions.</p> <p>La production de chauffage est assurée par une ancienne chaudière gaz peu performante. Son remplacement par un système plus moderne et décarboné sera préconisé.</p> <p>La plupart des locaux sont équipés de radiateur à eau chaude avec des robinets manuels, entraînant de fortes consommations énergétiques.</p> <p>Les autres systèmes électriques (éclairage, ECS, équipements scéniques, ...) représentent une part plus faible des consommations.</p> <p>Dès lors, le scénario 1 comprend les interventions urgentes, à faible temps de retour. Il s'agit notamment des interventions de régulation et de pilotage énergétique.</p> <p>Le scénario 2 quant à lui, reprend les interventions du scénario 1 en y ajoutant entres autres l'isolation de l'enveloppe, un système de chaleur décarboné et une ventilation performante.</p>

<sup>2</sup> Avec la réduction des déperditions du bâtiment le site ne sera plus forcément soumis au Décret BACS.



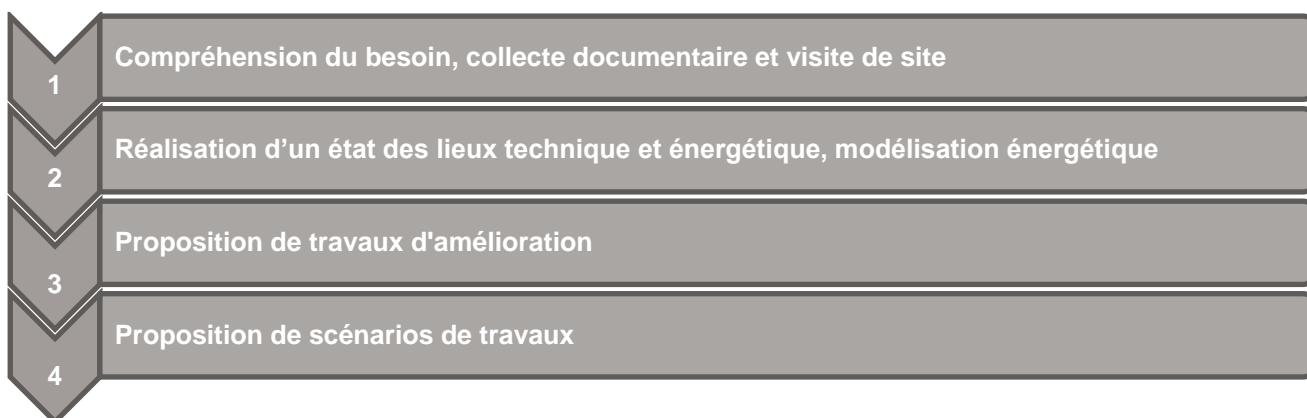
## 2. ELEMENTS METHODOLOGIQUES ET CONTEXTUELS

### 2.1. Objectifs d'un audit énergétique et étapes méthodologiques

L'audit énergétique est une étude technique d'aide à la décision, préalable à un projet de rénovation, permettant d'orienter la maîtrise d'ouvrage dans les travaux à réaliser pour réduire l'empreinte carbone et énergétique et assurer la pérennité de l'ouvrage à moyen et long terme. Les objectifs de ce diagnostic sont les suivants :

- Identifier les points forts et les axes d'amélioration sur les volets énergétique et carbone ;
- Caractériser et quantifier la performance réelle actuelle du site, et identifier les principaux gisements d'économie ;
- Etablir une liste de préconisations chiffrées et argumentées ;
- Proposer des programmes de travaux (aussi appelés scénarios de travaux, ou encore bouquets de travaux) adaptés au site, aux enjeux et contraintes de la maîtrise d'ouvrage.

Le diagnostic se décompose en 4 étapes distinctes et successives :



Les annexes de ce document détaillent la méthodologie, les outils utilisés, les limites de prestations et propose une aide à la lecture.

## 2.2. Conditions de réalisation de la visite et des relevés techniques du site

Visite technique du site	
Date de la visite :	07/10/2024
Auditeur ALTEREA :	Romain Ruiz
Accompagnateur(s) :	BELFERAGUI Imane
Conditions climatiques :	Text. = 23°C, ensoleillé
Chauffage en fonctionnement lors de l'intervention :	Non
Climatisation en fonctionnement lors de l'intervention :	-
Difficultés et anomalies rencontrées lors de la visite :	-

## 2.3. Documents mis à disposition

Le tableau ci-dessous présente les documents demandés pour la réalisation de cette étude et l'état de la transmission documentaire :

Documents mis à disposition		
<b>Plans et surfaces</b>	Plans (niveaux)	X
<b>Consommations et dépenses d'énergie</b>	Factures de gaz mensuelles – période juillet 2018 - août 2024	X
	Factures d'électricité mensuelles – période août 2022 – août 2024	X
<b>Exploitation / Maintenance</b>	Contrats d'exploitation maintenance et annexes Fiche chaufferie	
<b>Divers documents</b>	Horaires d'ouvertures du site	X
	Dossiers techniques des travaux antérieurs : DOE / Etudes de sols / études préalables / diagnostics structure / ...	
	Audit énergétique	

## 2.4. Hypothèses posées dans le cadre de l'étude

Certaines informations non disponibles, mais nécessaires à la réalisation de l'étude, ont fait l'objet d'hypothèses retranscrites ci-après :

Informations manquantes	Hypothèses considérée	Source
Occupation précise	Occupation continue de 7h30-19h	Selon échange avec l'accompagnateur de la visite
Régulation chauffage	T° consigne en occupation : 20°C T° réduit nuit : 15°C	Selon échange avec l'accompagnateur de la visite

## 2.5. Paramètres d'étude

Le tableau ci-dessous détaille les hypothèses prises en compte par ailleurs dans le cadre de l'étude :

Donnée	Paramètres	Source
Station météo considérée	Station Marignane	DJU Costic
Outil de simulation utilisé	Outil de simulation thermique dynamique	Atlas
Prix unitaire de valorisation des CEE	8,01 €/MWh <sub>CUMAC</sub>	Registre National des Certificats d'Economies d'Energie (EMMY), indice M-1 du coût moyen pondéré CEE classiques du dernier mois, à date de réalisation de l'étude
Prix de l'énergie considéré préconisations et les scénarios	22 cts€/kWh <sub>EF</sub> (électricité) 10 cts€/kWh <sub>PCS</sub> (gaz)	Prix moyen de la dernière année (2023)
Evolution du prix de l'énergie pour le calcul en coût global – Hypothèse basse	4%	Moyenne constatée sur les dernières années
Evolution du prix de l'énergie pour le calcul en coût global – Hypothèse haute	10%	Moyenne constatée sur les dernières années
Evolution du prix maintenance/renouvellement	2%	Moyenne constatée sur les dernières années

### 3. PRESENTATION DU SITE

#### 3.1. Fiche identité

IDENTITE DU SITE		
	Nom du site :	Pôle Territorial de Formation
	Adresse :	7 impasse Sylvestre, 13013 Marseille
	Année de construction :	Estimée avant 1950
	Année de rénovation :	-
	Nombre de bâtiments :	1
	Nombre de niveaux :	3
	Surface de plancher (SDP) :	698 m <sup>2</sup> <sub>SDP</sub>
	Usage du site :	Bureaux
	Effectifs du site :	Variable selon évènement 5 à 8 en permanence
	Horaires d'ouverture :	Du lundi au vendredi de 7h30 à 19h

#### 3.2. Plan du site et périmètre de l'audit énergétique



### 3.3. Informations détaillées d'occupation du site

Catégorie	Effectifs	Commentaires
Personnel	5 à 8 occupants	L'occupation varie énormément selon les formations planifiées.
Participants aux formations	15 à 20 par formation	

		Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
Bureaux	Ouverture	07h30	07h30	07h30	07h30	07h30	-	-
	Fermeture	19h00	19h00	19h00	19h00	19h00	-	-

Eléments d'explication et d'analyse
Le bâtiment, est occupé du lundi au vendredi par du personnel de bureau. Par contre, les salles de formations ne sont pas occupées chaque semaine.

### 3.4. Historique des travaux du site











Le tableau ci-dessous recense les principales étapes d'évolution du site, depuis sa construction jusqu'au travaux programmés à court/moyen terme, avec des informations comme les années de construction / travaux connus et transmises :

Travaux réalisés ou programmés :	Année de réalisation
Construction du site	Estimée avant 1950
Réfection de la toiture à cause de fuites	2024 (en cours)
Relamping des locaux	2023

Eléments d'explication et d'analyse
Suite aux intempéries survenues quelques semaines avant la visite du site, la toiture a fait l'objet d'une réfection partielle pour empêcher de nouvelles fuites. Une réfection de la toiture sera à envisager pour palier définitivement à ce problème.

### 3.5. Confort des occupants

Le tableau ci-dessous caractérise le niveau de confort ressenti par les occupants. Ces éléments sont issus des interviews réalisées lors de la visite du site. Il est à noter qu'aucune mesure ou étude spécifique de confort n'a été réalisée dans le cadre de cette étude.

Confort	Ressenti des occupants / Note	Commentaires	
Hivernal		Le bâtiment est soumis à des infiltrations d'air lors de la période hivernale. Les occupants ne sont pas satisfaits du confort hivernal, en raison de la performance moyenne de l'enveloppe.	
Estival		Les locaux sont soumis aux chaleurs estivales dès les premières heures d'ouvertures. Cela provient de la faible performance de l'enveloppe ainsi que de l'orientation du bâtiment.	
Lumineux		Le confort lumineux est bon puisqu'un relamping a récemment été effectué. Cela rend les locaux confortables à ce niveau.	
Acoustique		Le site se situe en retrait de la zone urbaine bruyante. Toutefois, les occupants sont gênés par les nuisances sonores lorsque certaines sont présentes à proximité.	
Renouvellement d'air (ventilation)		Certains sanitaires sont équipés de ventilation mécanique. Les autres locaux ne disposent pas de ventilation mécanique, le renouvellement d'air est effectué par l'ouverture des fenêtres.	
Étanchéité à l'air		L'étanchéité des ouvrants à l'air et à l'eau est faible. Des courants d'air sont ressentis au niveau du cadre des menuiseries.	
Légende :			
			
Confort très bon	Confort bon	Confort moyen	Confort faible

## 4. ANALYSE ENERGETIQUE ET CARBONE

### 4.1. Usages énergétiques du site

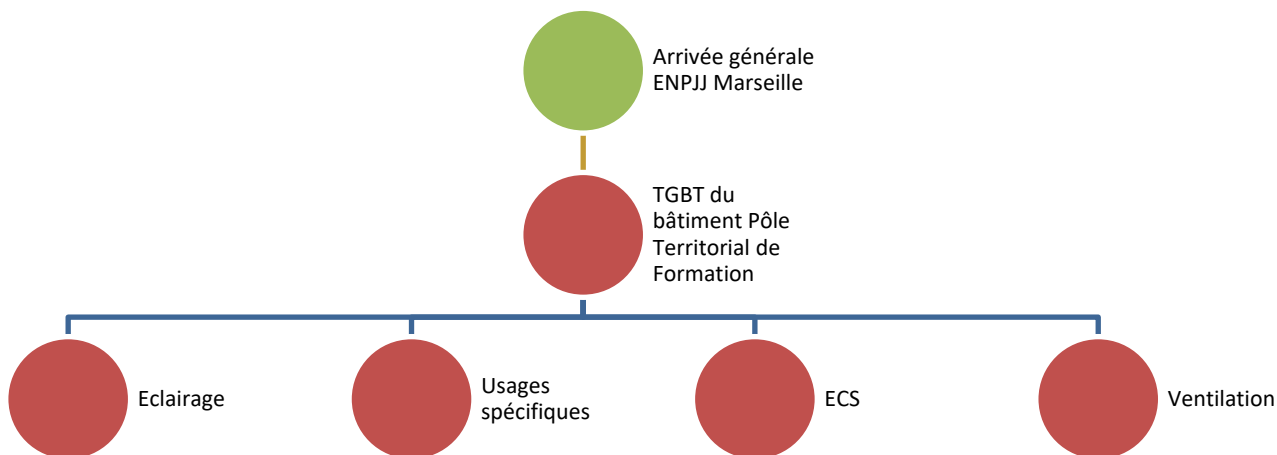
Usage	Gaz	Electricité
Chauffage	X	
ECS		X
Auxiliaires		X
Eclairage		X
Usages spécifiques		X

### 4.2. Plan de comptage

Ce chapitre présente, pour chaque vecteur énergétique, les architectures des réseaux existants (plan de comptage) : l'objectif est d'analyser l'opportunité / l'intérêt de compléter le plan de comptage, afin de répondre aux différentes réglementations et d'assurer un suivi pragmatique des flux énergétiques. Notamment, ce plan de sous-comptage permettra d'identifier les dérives de consommations pour mettre en œuvre des actions correctives.

#### 4.2.1. Electricité

##### Architecture et Plan de comptage



##### Légende :



Compteur  
concessionnaire  
existant



Sous-compteurs  
existants



Sous-compteur à poser en  
vue d'une maîtrise complète  
des consommations  
d'électricité du site

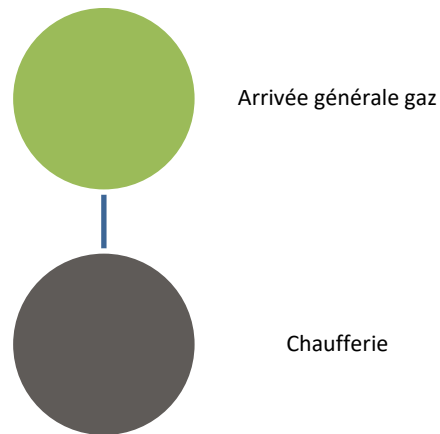
##### Éléments d'explication et d'analyse

Le site dispose d'un seul compteur général qui dessert l'ensemble des bâtiments du site, sans aucune présence de sous-compteur pour l'électricité. La mise en place de sous-compteurs électriques permettrait d'identifier précisément les consommations et de limiter le risque de dérives énergétiques. De plus, cela permettrait de connaître la consommation de ce bâtiment par rapport aux autres bâtiments du site.



#### 4.2.2.Énergie thermique Gaz

##### Architecture et Plan de comptage



##### Légende :



Compteur  
concessionnaire  
existant



Sous-compteurs  
existants



Sous-compteur à poser en  
vue d'une maîtrise complète  
des consommations de gaz  
du site

##### Éléments d'explication et d'analyse

Le site dispose d'un compteur général qui dessert l'ensemble du bâtiment. Le gaz permettant d'alimenter uniquement la chaufferie, il n'est pas nécessaire d'installer des sous-compteurs thermiques. De plus, il sera dans l'avenir sûrement mis en place une production de chauffage permettant de sortir de l'usage du gaz naturel.

### 4.3. Analyse des consommations d'énergie

Les consommations d'énergie historiques du site sont présentées dans ce chapitre, sur la base des données transmises par la MOA dans le cadre de cette étude. Elles sont complétées par plusieurs indicateurs, avec par exemple les émissions carbone ou encore les dépenses énergétiques.

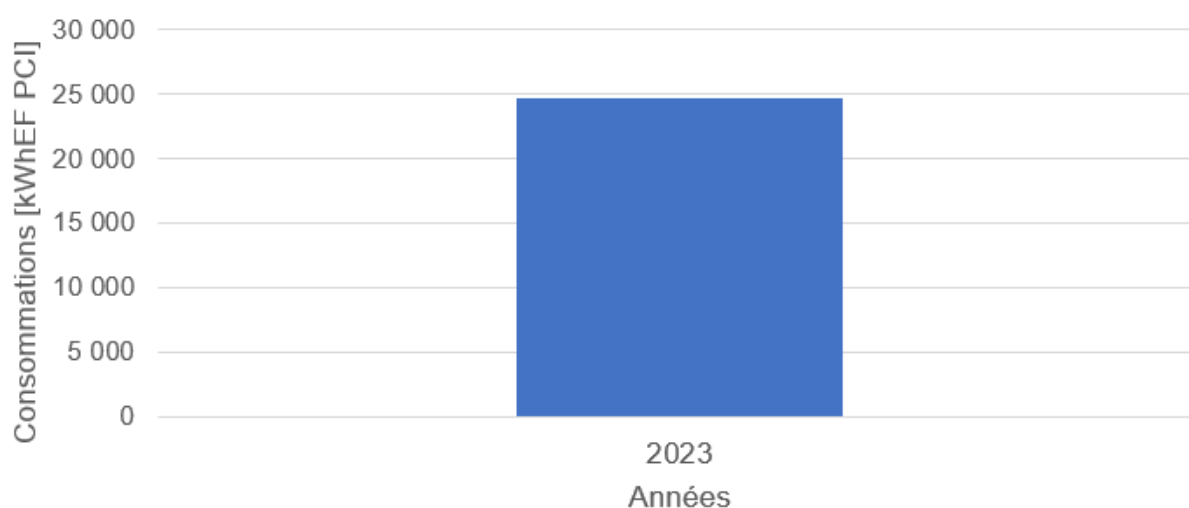
Dans la plupart des cas, les consommations d'énergie sont présentées brutes, c'est-à-dire telles qu'elles apparaissent sur les factures énergétiques. Elles n'ont pas été corrigées des variations climatiques. Pour quelques situations particulières (par exemple pour le bois-énergie), les données d'entrée transmises ont été transformées en kWh<sub>EF</sub> à partir des coefficients de conversion présentés en annexe.

#### 4.3.1. Consommations d'électricité

	Consommations énergétiques réelles	2023	Moyenne classique
<b>Électricité</b>	Consommations [kWh <sub>EF</sub> PCS]	24 615	<b>24 615</b>
	Consommations [kWh <sub>EF</sub> PCI]	24 615	<b>24 615</b>
	Ratio surfacique de consommation [kWh <sub>EF</sub> PCI/m <sup>2</sup> SDP]	35	<b>35</b>
	Emissions de CO <sub>2</sub> (kg <sub>éq</sub> -CO <sub>2</sub> )	1 575	<b>1 575</b>
	Dépenses (€ <sup>TTC</sup> )	5 464 €	<b>5 464 €</b>
	Coût unitaire (€TTC/kWh <sub>PCI</sub> )	0,22 €	<b>0,22 €</b>

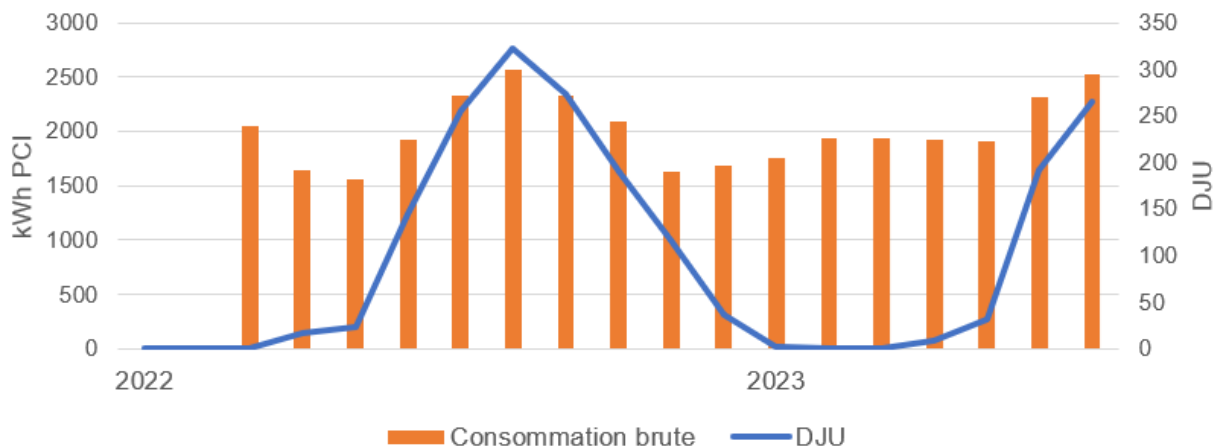
#### Evolution historique des consommations énergétiques réelles annuelles

##### Evolution annuelle des consommations - Électricité



## Evolution historique des consommations mensuelles

### Evolution des consommations mensuelles - Électricité



## Eléments d'explication et d'analyse

L'analyse des consommations a été réalisée sur l'année 2023 afin de comprendre le comportement consommateur du bâtiment. Il s'agit de la seule année où les consommations mensuelles ont été transmises en totalité.

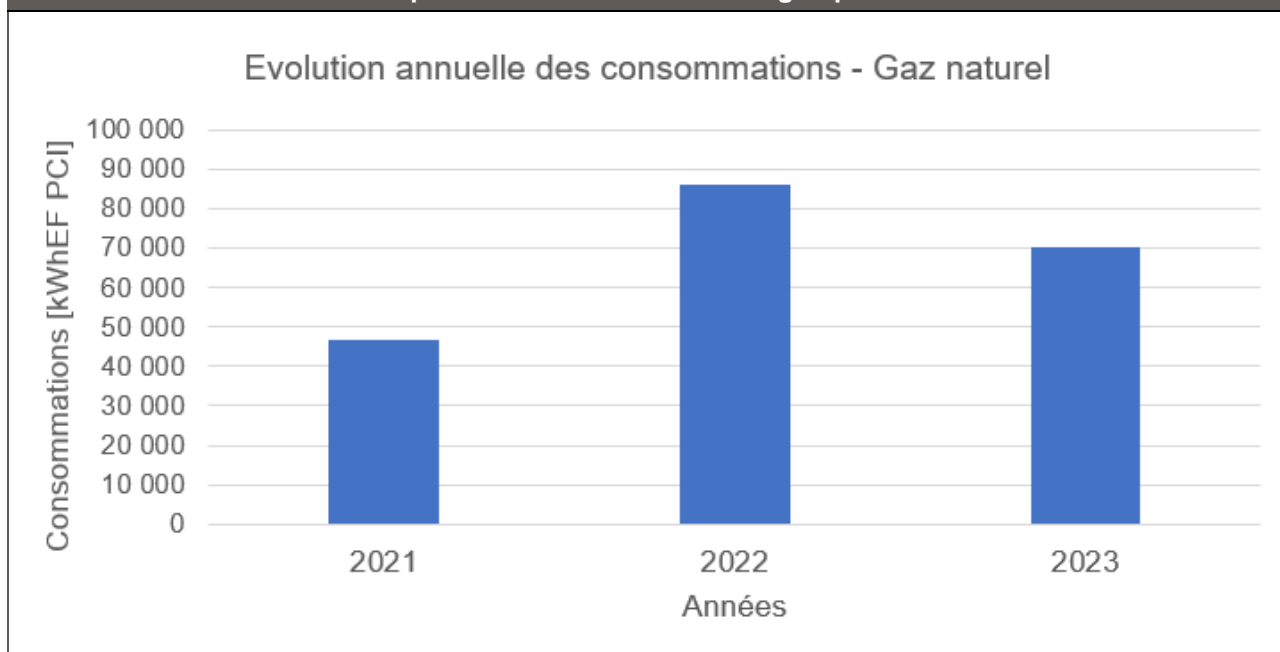
Le ratio de consommation, d'environ 35 kWhEF/m².an, est dans la norme basse de ce type d'usage de bâtiment. Cela provient du fait que de nombreuses salles sont utilisées uniquement lors de formation et non quotidiennement.

Les données de consommations mensuelles permettent de constater que les consommations ne sont pas stables d'un mois à un autre. Cela s'explique facilement par l'occupation variable du site avec des consommations plus élevées durant la période hivernale.

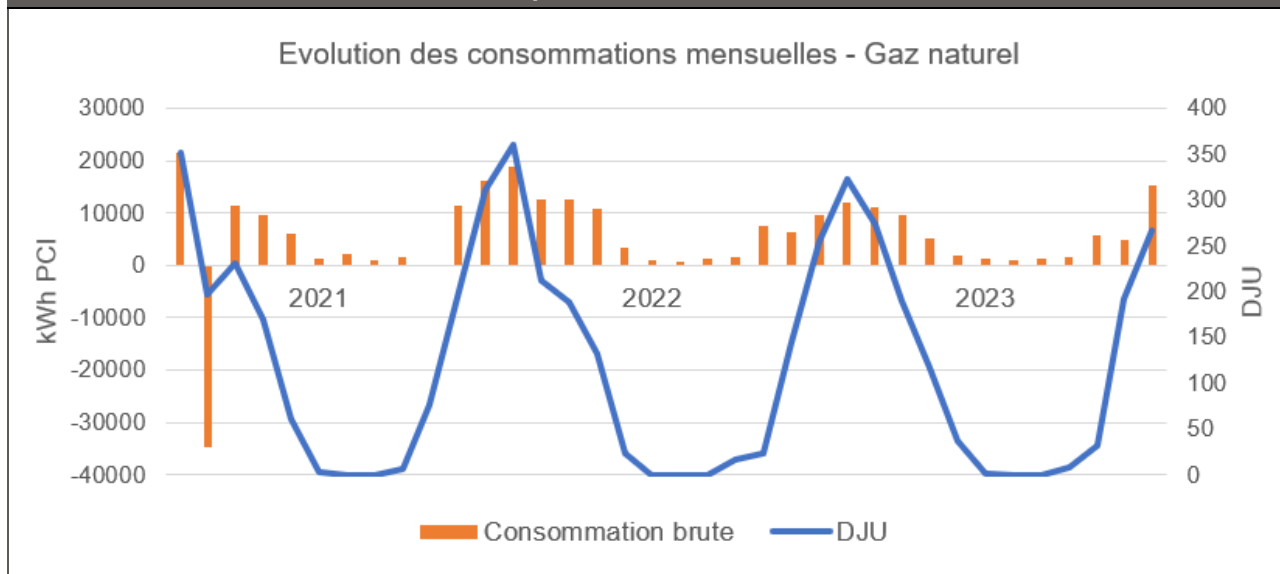
#### 4.3.2. Consommations d'énergie thermique (GAZ)

	Consommations énergétiques réelles	2021	2022	2023	Moyenne classique
<b>Gaz naturel</b>	Consommations [kWh <sub>EF</sub> PCS]	51 897	95 784	77 872	<b>75 184</b>
	Consommations [kWh <sub>EF</sub> PCI]	46 707	86 206	70 085	<b>67 666</b>
	Ratio surfacique de consommation [kWh <sub>EF</sub> PCI/m <sup>2</sup> <sub>SDP</sub> ]	67	124	100	<b>97</b>
	Emissions de CO <sub>2</sub> (kg <sub>éq</sub> -CO <sub>2</sub> )	11 781	21 743	17 677	<b>17 067</b>
	Dépenses (€ <sup>TTC</sup> )	3 444 €	5 726 €	6 846 €	<b>5 339 €</b>
	Coût unitaire (€TTC/kWh <sub>PCI</sub> )	0,07 €	0,07 €	0,10 €	<b>0,08 €</b>

#### Evolution historique des consommations énergétiques réelles annuelles



### Evolution historique des consommations mensuelles



### Éléments d'explication et d'analyse

L'analyse des consommations a été réalisée sur les années 2021 à 2023 afin de comprendre le comportement consommateur du bâtiment.

Les consommations varient entre ces trois années, avec un ratio de consommation d'environ 97 kWhEF/m².an. Ce ratio est dans la norme de ce type d'usage de bâtiment.

Les données de consommations mensuelles permettent de constater que les consommations ne sont pas stables d'un mois à un autre selon les années. Des mises à jour de factures ont aussi été effectuées en 2021. Cela s'explique facilement par l'occupation variable du site. Nos études se sont basées sur l'année 2023 qui présente des consommations proches de la moyenne de ces trois années.

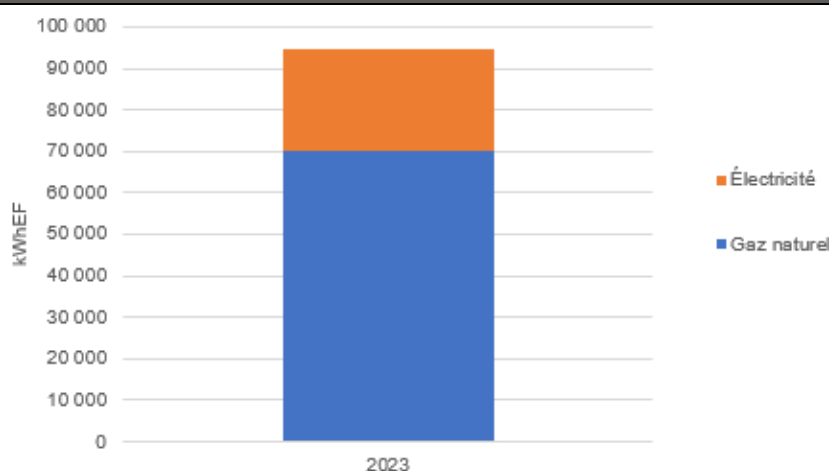
### 4.3.3. Synthèse des consommations d'énergie

Ce chapitre présente une synthèse de l'ensemble des consommations d'énergie réelles exprimée en PCI, ainsi que des indicateurs complémentaires comme la consommation par unité de surface, les émissions carbone et les dépenses énergétiques (P1).

Les consommations réelles sont également présentées avec une correction climatique (DJU – définition précise en annexe), c'est-à-dire en tenant compte de la rigueur climatique de chaque année étudiée. Cet indicateur permet d'effectuer une comparaison annuelle des consommations d'énergie, à intensité climatique neutralisée.

Consommations énergétiques réelles [kWh <sub>EF PCI</sub> ]	2023	Moyenne classique
Consommations réelles de Gaz naturel	70 085	70 085
Consommations réelles d'Électricité	24 615	24 615
Consommations corrigées du climat (kWh <sub>EF PCI</sub> )	99 950	99 950
Emissions de CO <sub>2</sub> (kg <sub>éq-CO2</sub> )	19 252	19 252
Dépenses (€ <sup>TTC</sup> )	12 311 €	12 311 €
Coût unitaire (€TTC/kWh <sub>PCI</sub> )	0,13 €	0,13 €

#### Evolution historique des consommations énergétiques annuelles réelles et corrigées du climat



#### Éléments d'explication et d'analyse

Le gaz représente la majorité des consommations. Cela provient des consommations importantes de chauffage dues à une mauvaise enveloppe thermique et des systèmes de chauffage peu performants et vieillissants.

## 5. DESCRIPTION TECHNIQUE DU BATI ET DES SYSTEMES

Ce chapitre présente la description technique des différents éléments bâtis et des systèmes présents au sein du site. L'objet de ce descriptif n'est pas de dresser un listing parfaitement exhaustif de l'ensemble des parois et équipements consommateurs (notamment les systèmes d'éclairage, les prises de courant ...), mais de fournir une vision globale et synthétique des éléments techniques qui influent sur les consommations énergétiques, en caractérisant leur état et leur performance, et de poser une analyse sur les points forts et les axes d'amélioration.

Les échelles de notation de la performance et de la vétusté sont présentées dans la grille ci-dessous. Une annexe au présent document détaille les notations adaptées à chaque item (10.4.2 Légende de notation).

ECHELLE DE NOTATION PERFORMANCE ET VETUSTE					
Performance	NC	0 Très peu performant	1 Peu performant	2 Performant	3 Très performant
Vétusté	NC	0 A remplacer	1 Etat d'usage	2 Bon état	3 Etat neuf

Référentiel de cotation de l'état de vétusté :

**3** : Le matériel ou matériau est considéré comme neuf.

**2** : Le matériel ou matériau est fonctionnel et dans un bon état. Un remplacement à moyen terme sera à programmer.


**1** : Le matériel ou matériau est dans un état d'usage mais présente des signes d'usure liés à son âge ou à un défaut d'entretien, pouvant altérer sa fonctionnalité ponctuellement ou de manière temporaire. Un remplacement à court terme est à prévoir.



**0** : Le matériel ou matériau est considéré comme hors service et nécessite un remplacement immédiat.

La vétusté et la performance sont évaluées en fonction des informations connues à date de réalisation de l'étude, notamment les documents techniques transmis et les constatations visuelles réalisées lors de l'intervention sur site. Aucun sondage destructif ou test / mesure n'a été réalisé dans le cadre de cette étude. Ainsi, en l'absence d'informations détaillées, des hypothèses ont pu être prises afin d'estimer les performances des matériaux et des équipements. Ces hypothèses sont synthétisées au paragraphe 2.4 *Hypothèses posées dans le cadre de l'étude*.





## 5.1. Enveloppe du bâti

Paroi opaque					
Mur sur extérieur		Surface	R	P	V
	Type :	Pierre	630 m²	0,36	1
	Épaisseur :	50 cm			
	Année :	1950			
	Présence d'une isolation :	Non			
	Pathologies :	Absence de pathologie			
	Garde-fou RT existant 2023 (R) :	3.2			

Menuiserie					
Fenêtre sur extérieur - Double vitrage		Surface	Uw	P	V
	Matériau et vitrage :	PVC / Double vitrage lame d'air 16 mm	106 m²	1.40	2
	Étanchéité :	Faible			
	Remplissage :	Information non disponible			
	Occultation :	Volet roulant, Volet battant, Store intérieur			
	Matériau occultation :	PVC, Bois			
	Position :	Nu extérieur			
	Fermeture :	Battante			
	Pathologies :	Présence de défauts d'étanchéité à l'air généralisés au niveau du cadre			
Garde-fou RT existant 2023 (Uw) :		1.9			
Fenêtre sur extérieur - Simple vitrage		Surface	Uw	P	V
	Matériau et vitrage :	Bois / Simple vitrage	12 m²	4.70	0
	Étanchéité :	Mauvaise			
	Remplissage :	Sans objet			
	Occultation :	Aucune			
	Position :	Nu extérieur			
	Fermeture :	Battante			
Pathologies :		Présence de défauts d'étanchéité à l'air généralisés au niveau du cadre, Serrurerie			

Menuiserie					
	comportant des défauts				
	Garde-fou RT existant 2023 (Uw) :	1.9			

Plancher haut						
Combles perdus			Surface	R	P	V
	Type :	Charpente bois	242 m²	0,35	0	1
	Épaisseur :	10 cm				
	Ventilation des combles perdus :	Local peu ventilé				
	Présence d'une isolation :	Non				
	Pathologies :	Charpente comportant des défauts, Mauvaise évacuation des eaux de pluies				
	Étanchéité :	Tuile sans-pare-pluie				
	Garde-fou RT existant 2023 (R) :	5.2				

Plancher bas						
Plancher bas sur terre-plein			Surface	R	P	V
	Type :	Dalle béton	247 m²	0,11	1	1
	Epaisseur :	20 cm				
	Présence d'une isolation :	Non				
	Pathologies :	Absence de pathologie				
	Garde-fou RT existant 2023 (R) :	Sans objet				

## 5.2. Systèmes énergétiques

### 5.2.1. Décret BACS

Le décret BACS, dispositif réglementaire présenté en annexe du document, impose l'installation d'un système d'automatisation et de contrôle (GTC) pour les bâtiments existants respectant les conditions suivantes :

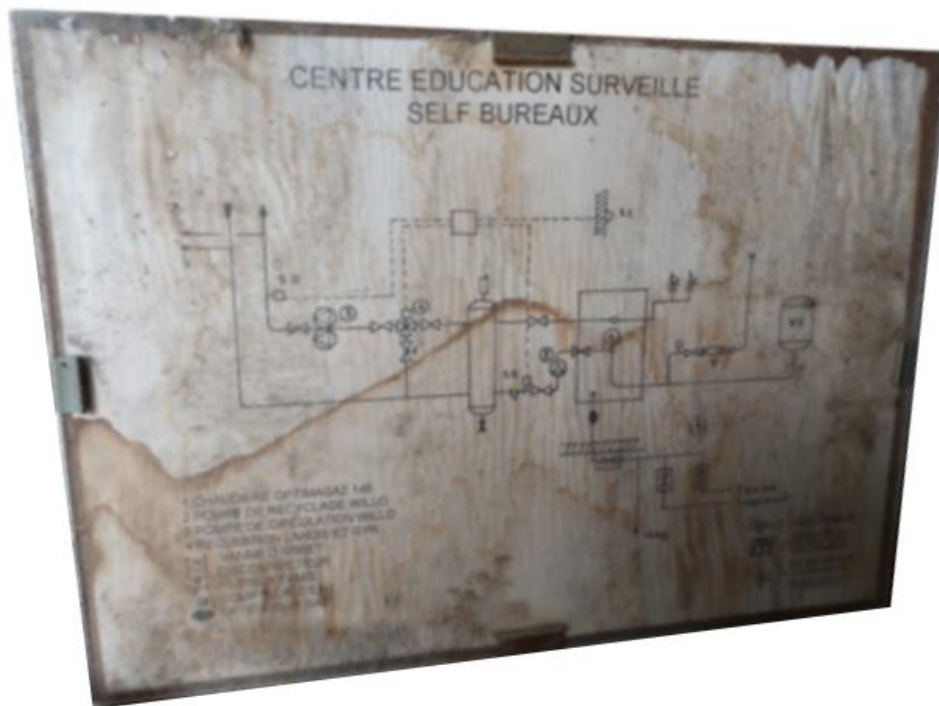
- Bâtiments non résidentiels dans lesquels sont exercées des activités tertiaires marchandes ou non-marchandes y compris ceux appartenant à des personnes morales du secteur primaire ou secondaire
- Bâtiments équipés d'un système de chauffage ou de climatisation, dont la puissance nominale utile est supérieure à 290 kW (dans le cas d'un RCU chaud ou froid, c'est la puissance de la station d'échange qui est à prendre en compte) : Les bâtiments assujettis au décret doivent être équipés d'une GTC le 1er janvier 2025.
- Bâtiments équipés d'un système de chauffage ou de climatisation, dont la puissance nominale utile est supérieure à 70 kW (dans le cas d'un RCU chaud ou froid, c'est la puissance de la station d'échange qui est à prendre en compte) : Les bâtiments assujettis au décret doivent être équipés d'une GTC le 1er janvier 2027.

Un système d'automatisation et de contrôle est composé des éléments de la chaîne de GTB ou GTC, depuis l'automate (contrôlant une CTA par exemple) jusqu'à la supervision centralisée ou déportée, permettant le contrôle à distance des installations techniques. Un suivi énergétique doit également être assuré par le système.

Décret BACS	
Assujettissement	
Le système de chauffage ou de climatisation, combiné ou non à un système de ventilation, a une puissance nominale >70kW	Oui
Le site est-il assujetti au décret BACS ?	Oui
Mise en conformité	
Action à réaliser avant le 1er janvier 2025 ou le 1er janvier 2027 :	Mise en place d'une GTC

### 5.2.2. Schéma de principe de la chaufferie

Un schéma de principe est présent en chaufferie. Celui-ci est vétuste mais toujours d'actualité, il conviendra d'en installer un nouveau si des interventions sont effectuées en chaufferie.





### 5.2.3. Analyse de la conformité de la chaufferie


Les principaux points de conformité suivants de la chaufferie ont été vérifiés durant la visite :

Conformité réglementaire Chaufferie	
Nom du local	Chaufferie
Situation	RDC (extérieur)
Barre anti-panique	Absent
Ferme-porte	Absent
Balayage du local (ventilation)	Absent
Éclairage du local	Absent
Etat du bloc autonome d'éclairage de sécurité (BAES)	Absent
Porte coupe-feu	Non
Nombre d'extincteur(s)	0
Etat de l'armoire électrique	Etat moyen
Etat du coffret de coupure extérieure combustible	Etat moyen
Etat du coffret de coupure extérieure électrique	Etat moyen


#### 5.2.4. Chauffage


Production de chaleur				
Chaudière			P	V
	Energie :	Gaz naturel	1	1
	Technologie :	Standard		
	Fonction :	Chaudière principale		
	Marque :	Guillot		
	Modèle :	optimagaz 145		
	Nombre :	1		
	Nombre de brûleur :	1		

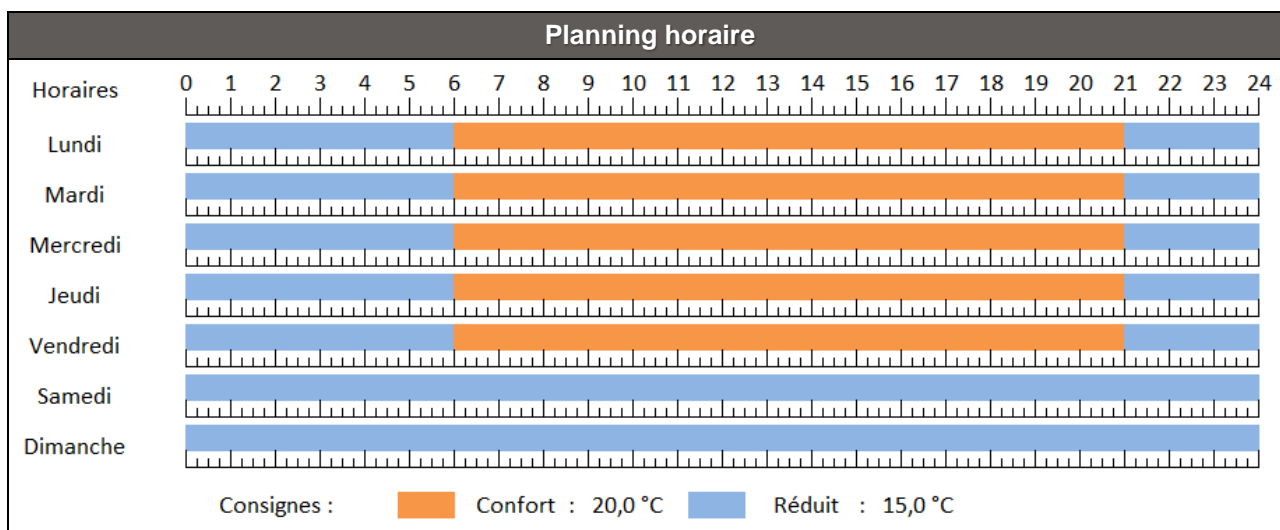
Auxiliaire de chauffage				
Pompe de circulation			P	V
	Technologie :	Pompe à débit constant	1	1
	Type :	Pompe simple		
	Fonction :	Recyclage chaudière		
	Marque :	DAB		
	Nombre :	1		
Pompe chauffage			P	V
	Technologie :	Pompe à débit constant	1	1
	Type :	Pompe double		
	Fonction :	Départ constant		
	Marque :	WILO		
	Nombre :	1		

Distribution de chaleur				
Réseaux de chauffage			P	V
	Technologie :	Présence de calorifuge avec quelques défauts	2	1
	Mise en œuvre de l'isolation :	Laine de verre revêtue d'une coque PVC		
	Epaisseur :	3 cm		
	Localisation :	En locaux technique		
	Longueur :	10 ml		

Emission de chaleur				
Radiateur			P	V
	Energie :	Hydraulique	3	1
	Technologie :	Radiateur		
	Matériau :	Acier		
	Pathologies :	Présence de trace/fuites d'eau sur l'équipement		

Régulation terminale chauffage			
Régulation terminale		P	V
	Technologie :	Robinetts manuels	
		1	1



Régulation centrale chauffage			
Régulation centrale		P	V
	Technologie :	Loi d'eau avec horloge	
	Programmation :	Hebdomadaire	
	Nombre de départs régulés :	1	
	Température de confort :	20 °C	
	Température de réduit :	15 °C	
	Adéquation de la régulation :	Optimisable	
	Marque :	LANDIS & STAefa	
		1	1




### 5.2.5. Climatisation

Aucun système de climatisation n'est actuellement installé dans le bâtiment.



### 5.2.6. Ventilation

Équipement de ventilation			
Aucun (ventilation naturelle)		P	V
	Technologie :	Ventilation par ouverture des fenêtres	
	Conduit :	Sans objet	0
	Pathologies :	Présence d'odeurs localisées dans les salles	0
Extracteurs simple flux		P	V
	Technologie :	Autoréglable basse consommation	
	Pathologies :	Absence de pathologie	2
	Locaux desservis :	Sanitaires	



### 5.2.7. Eau Chaude Sanitaire

Production ECS			
Ballon électrique		P	V
	Nombre :	2	
	Type de production :	Production décentralisée	
	Puissance électrique unitaire :	2 kW	
	Volume :	15 L	
	Technologie :	Adaptée à l'usage	
	Locaux desservis :	Sanitaires / Tisanerie	1





### 5.2.8. Eclairage

Source d'éclairage			
Eclairage ponctuel LED - Sanitaires & Circulations		P	V
	Année :	2023	
	Technologie :	Luminaires LED	
	Type de luminaire :	Ponctuelle	3
	Position :	Encastrée	
	Type d'éclairage :	Eclairage direct	
Dalle LED		P	V
	Année :	2023	
	Technologie :	Luminaires LED	
	Type de luminaire :	Dalle	
	Nombre de lampe(s) par luminaire :	1	
	Position :	Encastrée	
	Type d'éclairage :	Eclairage direct	3



Pilotage terminal éclairage			
Détection de présence - Sanitaires RDC		P	V
	Technologie :	Détection de présence	
	Locaux desservis :	Sanitaires RDC	
		3	3
Interrupteur manuel		P	V
	Technologie :	Interrupteur manuel par zone	
	Marque :	Legrand	
		1	3

### 5.2.9. Autres usages

Autres usages			
Bureautique		P	V
	Type :	Vidéoprojecteur, Télévision, PC fixe, Imprimante, PC portable, Photocopieur	
	Extinction hors utilisation :	Fréquente	
	Nombre :	15	
		2	2
Serveur		P	V
	Type :	Baie de brassage, Serveur informatique	
	Extinction hors utilisation :	Fréquente	
	Durée de fonctionnement :	Permanente	
	Nombre :	1	
		2	1
Distributeurs de boissons		P	V
	Energie :	Electricité	
	Type d'équipement :	Lave-vaisselle	
	Durée de fonctionnement :	Permanente	
		1	1
Équipements de cuisine		P	V
	Energie :	Electricité	
	Type d'équipement :	Micro-onde, Réfrigérateur	
	Marque :	Selecline, SAMSUNG, Whirlpool	
	Nombre :	4	
		1	1

### 5.3. Synthèse état des lieux techniques

#### Synthèse

Le bâtiment présente une faible performance thermique. En effet, les murs ne sont pas isolés et les menuiseries sont en partie en simple vitrage. Il sera préconisé un renforcement de l'isolation de l'enveloppe et le remplacement des menuiseries.

La production de chaleur est assurée par une chaudière gaz vieillissante. Son remplacement par un système émettant moins de gaz à effet de serre sera proposé.

La mise en place de robinets thermostatiques sera également proposée afin d'assurer une meilleure régulation terminale des émetteurs de chauffage.

Les locaux sont ventilés naturellement. La mise en place d'un système de ventilation mécanique telle qu'une ventilation double flux sera préconisée afin d'assurer un bon renouvellement d'air.

L'éclairage du bâtiment est assuré dans l'ensemble du bâtiment par des luminaires LED performants avec détection de présence dans les locaux à occupation passagère. Ces systèmes sont performants aucune intervention ne sera proposée concernant l'éclairage du bâtiment.

Les usages spécifiques représentent une faible part des consommations électriques du bâtiment, et proviennent d'un usage nécessaire au bon fonctionnement du bâtiment. La mise en place d'une coupure centralisée permettra de réguler tout de même ces consommations.

La mise en place d'un sous-comptage par usage permettrait également de mieux identifier les consommations et limiter le risque de dérives énergétiques.

## 6. MODELISATION ENERGETIQUE DU SITE

Ce chapitre présente les résultats de la modélisation thermique et énergétique réalisée dans le cadre de cette étude. La méthodologie est présentée en annexe du présent document.

Les objectifs de ce calcul sont les suivants :

- Construire un modèle énergétique rapproché du réel pour estimer la répartition des flux thermiques (déperditions et transferts de chaleur) et des flux énergétiques (décomposition des consommations) par poste
- Utiliser ce modèle pour estimer les gains énergétiques et économiques envisageables liés aux préconisations d'amélioration (comportement / régulation et travaux)

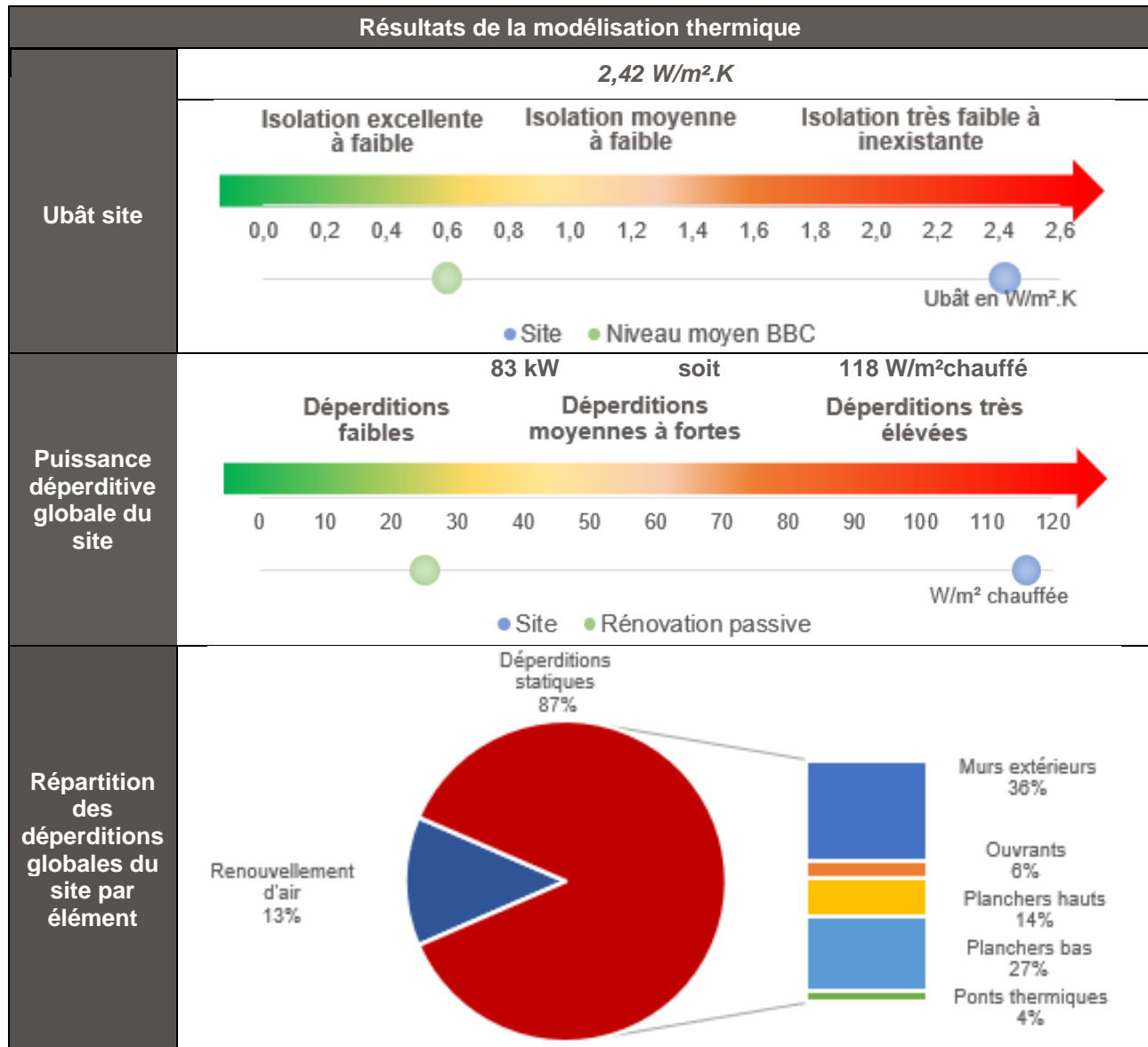
Cette modélisation intègre les caractéristiques techniques (bâti et système) collectées et relevées lors de la visite du site ainsi que l'usage du site décrits dans les précédents chapitres.

### 6.1. Analyse des déperditions thermiques

Les caractéristiques thermiques de chaque paroi sont décrites dans le chapitre précédent. Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques complémentaires prises en compte dans la modélisation thermique :

Caractéristiques thermiques de l'enveloppe		
Surface chauffée	698 m <sup>2</sup>	La surface chauffée représente 100% de la surface de plancher
Volume chauffé	2 536 m <sup>3</sup>	Hauteurs sous plafond élevées
Inertie thermique	Forte	Bonne inertie liée aux murs en pierre
Ratio surface vitrée / façade	16%	Le bâti est faiblement vitré
Étanchéité à l'air	Faible	La performance de l'étanchéité à l'air est faible en raison de la mauvaise étanchéité des fenêtres extérieures.
T° de chauffage	19 °C	Le calcul de déperdition prend en compte : $\Delta T = T_{\text{chauffage}} - T_{\text{base}}$
T° de base	-5 °C	

Le tableau ci-dessous présente les résultats du calcul thermique effectué :



#### Eléments d'explication et d'analyse

La performance thermique globale du bâtiment est faible, notamment du fait qu'aucune paroi n'est isolée. En regardant dans le détail les postes déperditifs, la priorité devra être mise sur les murs extérieurs et les planchers hauts. Le renouvellement d'air doit également être traité.

## 6.2 Analyse des consommations énergétiques simulées

Ce modèle a été calibré par rapport à la moyenne des consommations de l'année 2023 pour refléter l'état initial (avec un écart maximal admissible de  $\pm 5\%$  par rapport aux consommations réelles corrigées du climat). Le coût de l'énergie pris en compte pour la suite de l'étude est de 0,10 €TTC /kWhPCS pour le gaz et 0,22 €TTC /kWh pour l'électricité. Ces coûts correspondent aux coûts de l'année 2023.

Le tableau ci-dessous présente la répartition des consommations énergétiques modélisées :

Résultats de la modélisation énergétique : répartition des consommations par poste					
Usage	Energie	kWh EF/PCI	kWh EF/PCI/m²SDP	kg CO <sub>2</sub>	€TTC
Chauffage	Gaz naturel	69 586	100	15 796	7 732
ECS	Electricité	662	1	43	146
Auxiliaires de ventilation	Electricité	394	1	25	87
Auxiliaires de distribution	Electricité	8 870	13	568	1 951
Eclairage	Electricité	6 558	9	453	1 443
Spécifique	Electricité	8 394	12	537	1 847
TOTAL		95 599	94 465	135	17 422

### Eléments d'explication et d'analyse

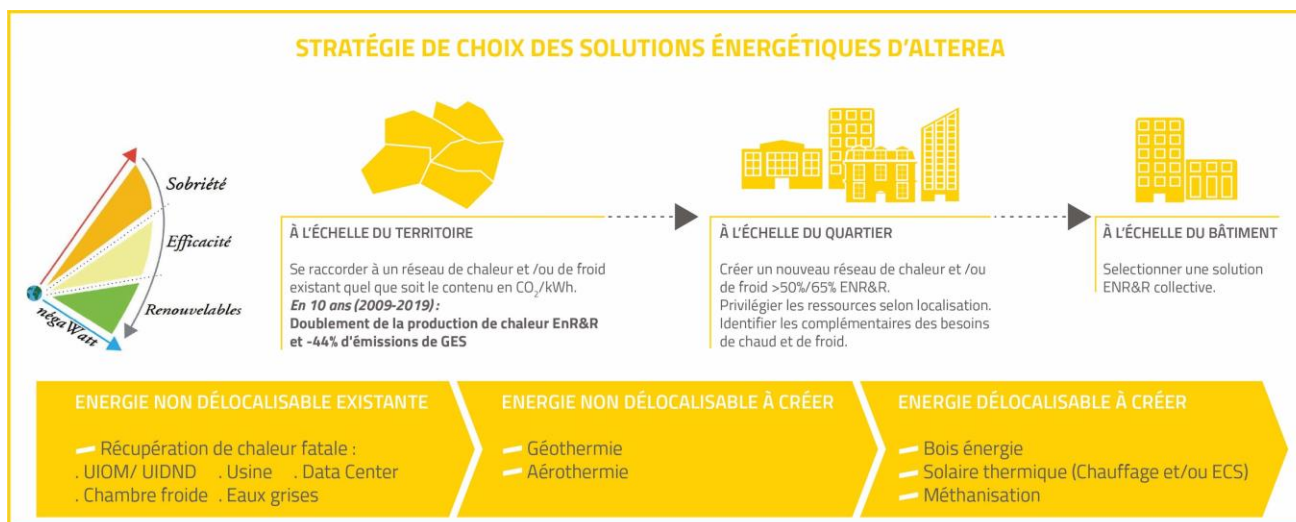
#### La part la plus importante de consommations est liée au chauffage.

Dès lors, une reprise de l'isolation de certaines parois ainsi que le changement des systèmes de production et d'émission sera préconisé. La reprise de la régulation est également à faire, afin d'éviter un chauffage en-dehors des heures d'occupation des locaux.

La ventilation est assurée par les ouvertures de fenêtres ainsi que les infiltrations pour l'ensemble des locaux, ce qui ne permet pas la maîtrise du renouvellement d'air des locaux. Si l'enveloppe du bâtiment est traitée thermiquement, il sera important de mettre en œuvre un système de ventilation mécanique double-flux avec récupération d'énergie.

## 7. OPPORTUNITÉ D'INTÉGRATION DES ÉNERGIES RENOUVELABLES SUR LE SITE

La philosophie générale de mise en place d'énergies renouvelables, promue par ALTEREA, s'appuie sur la démarche Négawatt, telle que décrite avec l'infographie suivante :



Ainsi, à l'échelle d'un bâtiment, le choix d'une énergie renouvelable se priorise comme suit :

- Énergie non délocalisable existante, avec récupération de chaleur fatale d'usine d'incinération d'ordures ménagères (UIOM), data center, usine, eaux grises, etc
- Énergie non délocalisable à créer : géothermie et aérothermie
- Énergie délocalisable à créer : biomasse, solaire thermique et méthanisation

Par ailleurs, le décret n°2022-666 du 26/04/2022 relatif au classement des réseaux de chaleur et de froid rend obligatoire le raccordement à un RCU classé (la quasi-totalité des RCU sont classés), pour les bâtiments situés à moins de 60 mètres du réseau existant ou de sa zone de développement prioritaire, en cas de remplacement d'un système de chauffage collectif.

Dans le cadre du présent audit énergétique, l'opportunité de mise en place d'énergies renouvelables est étudiée en première approche sommaire. Les conclusions sont synthétisées dans le tableau ci-dessous.

Evaluation du potentiel EnR	
Biomasse	
Capacité de livraison	Envisageable
Compatibilité avec le système de chauffage existant	Oui
Surface disponible en chaufferie/pour la création de la chaufferie	Oui
Surface disponible pour le silo	Oui
Adéquation au besoin	Oui
Potentiel	Fort
Commentaires	Actuellement, il n'y a pas d'espace suffisamment grand pour abriter une chaudière et un silo. Toutefois, de l'espace est disponible dans les locaux RDC ainsi qu'en extérieur pour créer une chaufferie avec un silo.
Réseau de Chaleur Urbain	
Proximité d'un réseau existant	Non
Site situé dans une zone de développement prioritaire (ZDP)	-
Compatibilité avec le système de chauffage existant	Oui
Surface disponible en chaufferie/pour la création de la sous-station	Oui
Adéquation au besoin	Oui
Potentiel	Inexistant
Commentaires	Aucun réseau de chaleur ne passe à proximité du bâtiment.
Géothermie (PAC)	
Compatibilité avec le système de chauffage existant	Oui, compatible car on a déjà un réseau hydraulique
Surface disponible en chaufferie/pour la création de la chaufferie	Oui
Surface disponible au sol	Oui
Adéquation du régime basse température	Bâti non isolé
Potentiel	Favorable hors nappe
Commentaires	Le site est localisé dans une zone favorable pour la mise en place d'une pompe à chaleur géothermique sur sonde. Afin d'optimiser le fonctionnement de la PAC, un remplacement des radiateurs par des modèles fonctionnant à basse température devra être préconisé.



<b>Aérothermie (PAC)</b>	
Surface disponible en chaufferie/pour la création de la chaufferie	Oui
Surface extérieure disponible (sol, toiture)	Oui
Zone climatique favorable	Oui
Compatibilité avec le système de chauffage existant	Oui, compatible car on a déjà un réseau hydraulique
Potentiel	Fort
Commentaires	La zone climatique est favorable pour la mise en place de cette solution. Afin d'optimiser le fonctionnement de la PAC, un remplacement des radiateurs par des modèles fonctionnant à basse température devra être préconisé.
<b>Solaire thermique</b>	
Présence d'une production d'ECS au sein du bâtiment	Oui
Besoin d'ECS en période estivale	Faibles
Potentiel	Inexistant
Commentaires	Les besoins du bâtiment en eau chaude sanitaire sont faibles. Cette solution n'est pas envisageable.
<b>Solaire photovoltaïque</b>	
Type de toiture/de pan envisagé	Toiture inclinée
Orientation de la toiture/du pan envisagé	Sud-Ouest
Inclinaison de la toiture/du pan envisagé	< 30°
Masques solaires	Faible
Surface de captage disponible	33 m²
Puissance associée à la surface de captage	6,8 kWc
Potentiel	Fort
Commentaires	La toiture en pente dispose d'une faible surface pour la mise en place de panneaux photovoltaïques. Des éléments techniques (sorties de cheminée) sont présent en toiture ce qui ne permet pas d'installer une surface importante de panneaux photovoltaïques.
<b>Eolien</b>	
Potentiel	Inexistant
Commentaires	L'environnement urbain ne permet pas la mise en place d'une éolienne.
<b>Récupération de chaleur sur Eaux grises</b>	
Présence d'une production d'ECS au sein du bâtiment	Oui
Présence d'un stockage ECS	Non
Type de captage du système	-
Etat des appareils sanitaires (douches/baignoires)	-
Potentiel	Inexistant
Commentaires	Les besoins en ECS sont faibles. La mise en place d'un système de récupération de chaleur n'est pas pertinente

Récupération de chaleur sur groupe froid	
Présence d'une chambre froide au sein du bâtiment	Non
Zone d'implantation de la production de froid accessible	-
Surface disponible à proximité de la production de froid	-
Etat de la production de froid	-
Adéquation au besoin	-
Potentiel	Inexistant
Commentaires	Il n'y a pas de chambre froide dans le bâtiment.

Nota : Ces éléments de premier niveau seront à confirmer et consolider par des études complémentaires, à réaliser en amont de l'installation d'une unité de production ENR. Elles viendront préciser les hypothèses, dimensionner les installations et fiabiliser les coûts de travaux.

## 8. PRECONISATIONS D'AMELIORATION DES PERFORMANCES

Les préconisations d'amélioration des performances énergétiques et thermiques visent dans un cadre général plusieurs finalités :

- Assurer la conformité et la pérennité du bâtiment
- Améliorer le confort des occupants
- Optimiser le fonctionnement des équipements
- Réduire les consommations d'énergie
- Mettre en place une solution d'énergie renouvelable

Les préconisations proposées pour le site étudié sont présentées dans le tableau ci-après, de manière synthétique. Des indicateurs énergétiques et économiques sont associés à chacune d'entre elles (gains sur les consommations, économies sur les dépenses d'énergie, ...). Le scénario de travaux auquel est rattaché chaque intervention est également indiqué.

Elles font par ailleurs l'objet d'une description plus détaillée, notamment concernant les caractéristiques techniques et les points de vigilance pour la mise en œuvre des matériaux / équipements. Ces fiches préconisations sont présentées en annexe de ce rapport.

Les préconisations sont classifiées en 6 catégories :



Les « **ACTIONS REGLEMENTAIRES** » visent la mise en conformité du bâtiment d'un point de vue réglementaire, par exemple la mise en place de garde-corps en toiture. Elles n'impactent pas les conclusions de l'étude sur ces aspects thermiques/énergétiques.

Les « **ACTIONS URGENTES** » concernent des interventions à réaliser à très court terme pour maintenir le bâti dans un contexte d'utilisation correct (par exemple le remplacement d'une chaudière ne fonctionnant plus), ou encore des préconisations à très faible temps de retour sur investissement (optimisation des équipements de régulation pour réduire la température de consigne, par exemple).

Les « **ACTIONS DE PILOTAGE** » portent sur l'entretien des systèmes énergétiques et de équipements de ventilation : optimisation et pilotage des systèmes, nettoyage des bouches de ventilation, remplacement des filtres, etc.

Les « **TRAVAUX SUR LE BATI** » comprennent les interventions sur l'enveloppe du bâtiment (parois opaques et vitrées : isolation des murs ou de la toiture, remplacement des menuiseries, ...)

Les « **TRAVAUX SUR LES SYSTEMES** » pointent les préconisations relatives aux systèmes de chauffage, ventilation, éclairage, ...

Les « **ENERGIES RENOUVELABLES** » concernent la production ENR : géothermie, biomasse, solaire thermique ou photovoltaïque, ...

			INDICATEURS ENERGIE ET CARBONE				INDICATEURS ECONOMIQUES			INDICATEURS FINANCIERS	SCENARIOS	
			Economie annuelle Énergie FINALE kWh EF/PCI		CO <sub>2</sub> évité annuellement kgco <sub>2</sub>		Coût des travaux €HT	Valori sation CEE €	Dépense énergie (Impact sur les charges annuelles) Ecart à l'état initial €TTC	Retour sur investissement années	SC1	SC2
ACTIONS DE PILOTAGE	1	Mise en place d'un plan de comptage énergétique	-	-	-	-	2 000	0	0	-	X	X
	2	Reprise des paramètres de régulation	2 721	3%	618	4%	1 000	0	302	3	X	X
	3	Mise en place d'une coupure centralisée	1 392	1%	72	0%	1 000	0	317	3	X	X
TRAVAUX SUR LE BATI	4	Isolation des murs par l'intérieur	23 306	25%	5 290	30%	48 000	7 125	2 590	14		X
	5	Remplacement des menuiseries extérieures	1 207	1%	274	2%	78 000	151	134	>30		X
	6	Isolation des planchers hauts	10 125	11%	2 298	13%	16 000	1 474	1 125	11		X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	7	Mise en place d'une ventilation double flux	226	0%	1 208	7%	76 000	1 368	-1 467	>30		X
	8	Mise en place de robinets thermostatiques	7 412	8%	1 682	10%	3 000	328	824	3	X	X
	9	Mise en place d'une chaufferie biomasse	1 834	2%	13 763	79%	85 000	2 332	-3 143	>30		
	10	Mise en place d'une pompe à débit variable	1 170	1%	75	0%	6 000	153	257	17	X	X
ENERGIES RENOUVELABLES	11	Mise en place d'une pompe à chaleur air/eau & Mise en place de radiateurs basse température	29 358	31%	12 618	72%	113 000	1 767	-1 768	>30		
	12	Mise en place d'une pompe à chaleur géothermique & Mise en place de radiateurs basse température	38 867	41%	13 369	77%	317 000	1 767	74	>30		X

## 9. GISEMENTS DES POTENTIELS D'ECONOMIE D'ENERGIE

### 9.1. Interventions de pilotage

<b>Mise en place d'un plan de comptage énergétique</b>	<u>Localisation :</u> Chaufferie et TGBT	<u>Nombre :</u> 5
Mise en place de 5 sous-compteurs électriques afin de suivre l'évolution des consommations par usages et repérer facilement tout problème de surconsommation.		
<b>Reprise des paramètres de régulation</b>	<u>Localisation :</u> Chaufferie	<u>Surface concernée :</u> 698 m <sup>2</sup>
La régulation actuelle possède un réduit de programmé mais celui-ci peut être adapté aux besoins réels du bâtiment et des usagers par rapport aux zones qui sont réellement utilisés. L'abaissement de la température de consigne à 19°C durant les périodes d'occupation est donc préconisé.		
<b>Mise en place d'une coupure centralisée</b>	<u>Localisation :</u> TGBT	<u>Surface concernée :</u> 698 m <sup>2</sup>
Actuellement, aucun système de coupure centrale ne permet un arrêt complet des équipements informatiques. Les équipements de bureautique restent fréquemment en fonctionnement permanent ou en veille. Diminution de la consommation d'électricité des équipements de bureautique.		

### 9.2. Interventions sur le bâti

<b>Isolation des murs par l'intérieur</b>	<u>Localisation :</u> Ensemble des façades	<u>Surface concernée :</u> 630 m <sup>2</sup>
Réalisation d'une isolation par l'intérieur avec un matériau possédant un $R = 3,70 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ – correspond à 12 à 16 cm suivant le choix d'isolant. Cette intervention doit être réalisée en même temps que le remplacement des menuiseries afin de garantir une continuité de l'isolation et de diminuer le plus possible les ponts thermiques.		
<b>Remplacement des menuiseries extérieures</b>	<u>Localisation :</u> Ensemble des menuiseries	<u>Surface concernée :</u> 118 m <sup>2</sup>
Cette intervention doit être combinée avec la mise en place d'isolation afin de mutualiser l'échafaudage et de limiter les ponts thermiques à la jonction menuiseries / murs. Les nouvelles menuiseries installées seront sans entrée d'air. Le remplacement des surfaces vitrées existantes est réalisé avec des menuiseries avec un <b>double-vitrage peu émissif avec remplissage argon</b> , respectant une <b>performance thermique de <math>U_w = 1,30 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}</math></b> .		

<b>Isolation des planchers hauts</b>	<u>Localisation :</u> Rampants	<u>Surface concernée :</u> 242 m <sup>2</sup>
L'isolation de la toiture doit se faire en prenant en compte la potentielle installation d'équipements sur la toiture nécessitant des points de fixation, afin de limiter les ponts thermiques ponctuels. L'isolant possède un $R = 7,50 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ .		

### 9.3. Interventions sur les systèmes

<b>Mise en place d'une ventilation double flux</b>	<u>Localisation :</u> Bâtiment	<u>Débit :</u> 2 600 m <sup>3</sup> /h
Mise en place d'une ventilation double flux avec échangeur thermique dont le rendement sera <b>supérieur à 80%</b> .		

<b>Mise en place de robinets thermostatiques</b>	<u>Localisation :</u> Sur l'ensemble des radiateurs	<u>Surface concernée :</u> 698 m <sup>2</sup>
La mise en place de robinets thermostatiques sur les radiateurs à eau chaude permet une meilleure régulation terminale. Cela permet d'ajuster la chaleur fournie par les radiateurs en fonction de la température ambiante réelle de chaque local. Les robinets préconisés auront une variation temporelle de <b>0,20 °K</b> .		

<b>Mise en place d'une chaufferie biomasse</b>	<u>Localisation :</u> Chaufferie	<u>Surface concernée :</u> 698 m <sup>2</sup>
La chaudière actuelle est une chaudière énergivore et a une empreinte carbone très élevée. La combustion du gaz est fortement émettrice en CO <sub>2</sub> . L'utilisation d'un combustible biomasse est un moyen de réduire drastiquement les émissions de gaz à effet de serre. L'augmentation annuelle du prix du bois est supposée moins importante que celle du gaz naturel. Le passage au bois pourrait créer des économies sur le long terme. Valorisation d'une énergie renouvelable.		

<b>Mise en place de pompes à débit variable</b>	<u>Localisation :</u> Chaufferie	<u>Nombre :</u> 2
Deux pompes sont actuellement à débit constant en chaufferie : le départ chaudière et la pompe de recyclage. Leur remplacement par des modèles à débit variable permettra d'adapter la puissance en fonction du besoin réel du bâtiment.		

## 9.4. Interventions sur les énergies renouvelables

Mise en place d'une PAC air/eau et de radiateurs basse température	Localisation : Chaufferie, ensemble du bâtiment	Puissance : 40 kW
<p>Mise en place d'une pompe à chaleur Air/Eau desservant l'ensemble du bâtiment, combiné avec la mise en place de radiateurs à basse température pour une meilleure performance énergétique.</p> <p>Il est à noter que la puissance de la PAC pourra être revue à la baisse une fois le bâtiment isolé et la ventilation double flux installée.</p> <p><i>Le chiffrage de cette intervention a été fait avec les déperditions de l'état initial, soit 85 kW. Dans le cas de l'isolation du bâti et de la mise en place de la double flux (et donc du scénario 2), les déperditions ne sont plus que de 35 kW. Une moins-value de 50 000 € dans le chiffrage de la PAC serait alors à valoriser.</i></p>		
Mise en place d'une PAC géothermique et de radiateurs basse température	Localisation : Chaufferie, ensemble du bâtiment	Puissance : 40 kW
<p>Mise en place d'une pompe à chaleur géothermique desservant l'ensemble du bâtiment, combiné avec la mise en place de radiateurs à basse température pour une meilleure performance énergétique.</p> <p>Il est à noter que la puissance de la PAC pourra être revue à la baisse une fois le bâtiment isolé et la ventilation double flux installée.</p> <p><i>Le chiffrage de cette intervention a été fait avec les déperditions de l'état initial, soit 85 kW. Dans le cas de l'isolation du bâti et de la mise en place de la double flux (et donc du scénario 2), les déperditions ne sont plus que de 35 kW. Une moins-value de 60 000 € dans le chiffrage de la PAC serait alors à valoriser.</i></p>		

## 10. SCENARIOS DE TRAVAUX

Les préconisations d'amélioration des performances sont ensuite regroupées en scénarios de travaux (ou bouquets de travaux). Ces scénarios sont construits, d'une part en fonction des spécificités et des caractéristiques du site, et d'autre part en associant une approche technique et énergétique cohérente. Ils sont cumulatifs (c'est-à-dire que le scénario 2 est constitué de toutes les préconisations du scénario 1, complété par de nouvelles) et prennent en compte l'ensemble des postes de consommation d'énergie.

Les deux scénarios de travaux poursuivent les objectifs suivants :

- **Scénario 1 « Optimisation énergétique »** : préconisations permettant d'assurer la pérennité des bâtiments et d'optimiser les installations techniques, mais également de réduire les consommations d'énergie pour des coûts travaux et/ou retour sur investissement faibles, tout en améliorant le confort thermique
- **Scénario 2 « Maximisation énergétique »** : rénovation énergétique globale de l'enveloppe et des systèmes, réfléchi et cohérent, permettant une réduction de consommations d'énergie conséquente par une efficacité énergétique maximisée.



## 10.1. Scénario 1 « Optimisation énergétique »

		PRECONISATIONS	COUT TRAVAUX
ACTIONS DE PILOTAGE	1	Mise en place d'un plan de comptage énergétique	2 000 €HT
ACTIONS DE PILOTAGE	2	Reprise des paramètres de régulation	1 000 €HT
ACTIONS DE PILOTAGE	3	Mise en place d'une coupure centralisée	1 000 €HT
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	4	Mise en place de robinets thermostatiques	3 000 €HT
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	5	Mise en place d'une pompe à débit variable	6 000 €HT
COUTS TRAVAUX TOTAUX			13 000 €HT
COUTS TRAVAUX SURFACIQUES			19 €HT/m <sup>2</sup>

INDICATEURS ENERGIE ET CARBONE					
		Etat initial		Scénario 1	Ecart
Consommation d'énergie	kWhEF/an	94 465	►	81 872	-13%
	kWhEF/m <sup>2</sup> SP	135		117	
Emissions de gaz à effet de serre	kgCO <sub>2</sub> /an	17 422	►	14 997	-14%
	kgCO <sub>2</sub> /an/m <sup>2</sup> SP	25		21	

## 10.2. Scénario 2 « Maximisation énergétique »

		PRECONISATIONS	COUT TRAVAUX
ACTIONS DE PILOTAGE	1	Mise en place d'un plan de comptage énergétique	2 000 €HT
ACTIONS DE PILOTAGE	2	Reprise des paramètres de régulation	1 000 €HT
ACTIONS DE PILOTAGE	3	Mise en place d'une coupure centralisée	1 000 €HT
TRAVAUX SUR LE BATI	4	Isolation des murs par l'intérieur	48 000 €HT
TRAVAUX SUR LE BATI	5	Remplacement des menuiseries extérieures	78 000 €HT
TRAVAUX SUR LE BATI	6	Isolation des planchers hauts	16 000 €HT
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	7	Mise en place d'une ventilation double flux	76 000 €HT
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	8	Mise en place de robinets thermostatiques	3 000 €HT
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	9	Mise en place d'une pompe à débit variable	6 000 €HT
ENERGIES RENOUVELABLES	10	Mise en place d'une pompe à chaleur géothermique & Mise en place de radiateurs basse température	317 000 €HT
COUTS TRAVAUX TOTAUX			548 000 €HT
COUTS TRAVAUX SURFACIQUES			785 €/m <sup>2</sup>

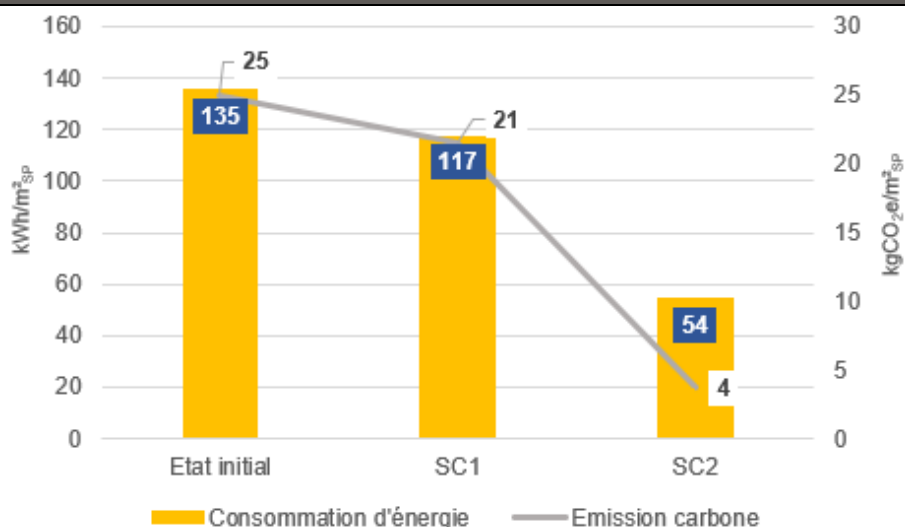
INDICATEURS ENERGIE ET CARBONE					
		Etat initial		Scénario 2	Ecart
Consommation d'énergie	kWhEF/an	94 465	►	37 777	-60%
	kWhEF/m <sup>2</sup> SP	135		54	
Emissions de gaz à effet de serre	kgCO <sub>2</sub> /an	17 422	►	2 578	-85%
	kgCO <sub>2</sub> /an/m <sup>2</sup> SP	25		4	

### 10.3. Analyse comparative des scénarios de travaux

CONSTITUTION DES SCENARIOS DE TRAVAUX		SC1	SC2
ACTIONS DE PILOTAGE	1 Mise en place d'un plan de comptage énergétique	X	X
ACTIONS DE PILOTAGE	2 Reprise des paramètres de régulation	X	X
ACTIONS DE PILOTAGE	3 Mise en place d'une coupure centralisée	X	X
TRAVAUX SUR LE BATI	4 Isolation des murs par l'intérieur		X
TRAVAUX SUR LE BATI	5 Remplacement des menuiseries extérieures		X
TRAVAUX SUR LE BATI	6 Isolation des planchers hauts		X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	7 Mise en place d'une ventilation double flux		X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	8 Mise en place de robinets thermostatiques	X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	9 Mise en place d'une chaufferie biomasse		
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	10 Mise en place d'une pompe à débit variable	X	X
ENERGIES RENOUVELABLES	11 Mise en place d'une pompe à chaleur air/eau & Mise en place de radiateurs basse température		
ENERGIES RENOUVELABLES	12 Mise en place d'une pompe à chaleur géothermique & Mise en place de radiateurs basse température		X

INDICATEURS ENERGIE ET CARBONE		Etat initial	SC1	SC2
Consommation d'énergie	$kWh_{EF}/m^2_{SP}$	135	117	54
	<i>Ecart annuel %</i>		-13%	-60%
Emission carbone	$kgCO_2e/m^2_{SP}$	25	21	4
	<i>Ecart annuel %</i>		-14%	-85%

### PLAN DE PROGRES

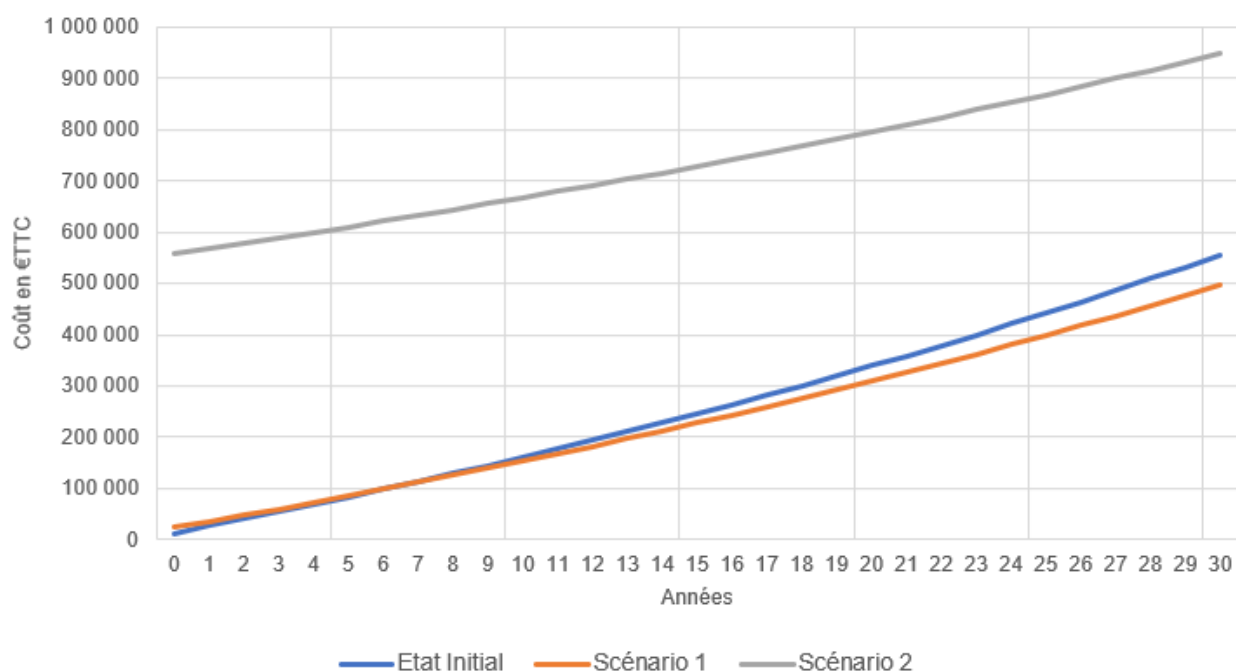


INDICATEURS ECONOMIQUES		Etat initial	SC1	SC2
Coûts travaux	€HT travaux	-	13 000	548 000
CEE mobilisables	kWhcumac	-	66 350	1 705 821
	€	-	481	12 366
Dépenses énergie (P1)	€TTC/an	13 205	11 516	8 311
	Ecart à l'état initial %	-	13%	37%
Dépenses maintenance (P2)	€TTC	0	0	0
Dépenses renouvellement (P3)	€TTC	0	0	0

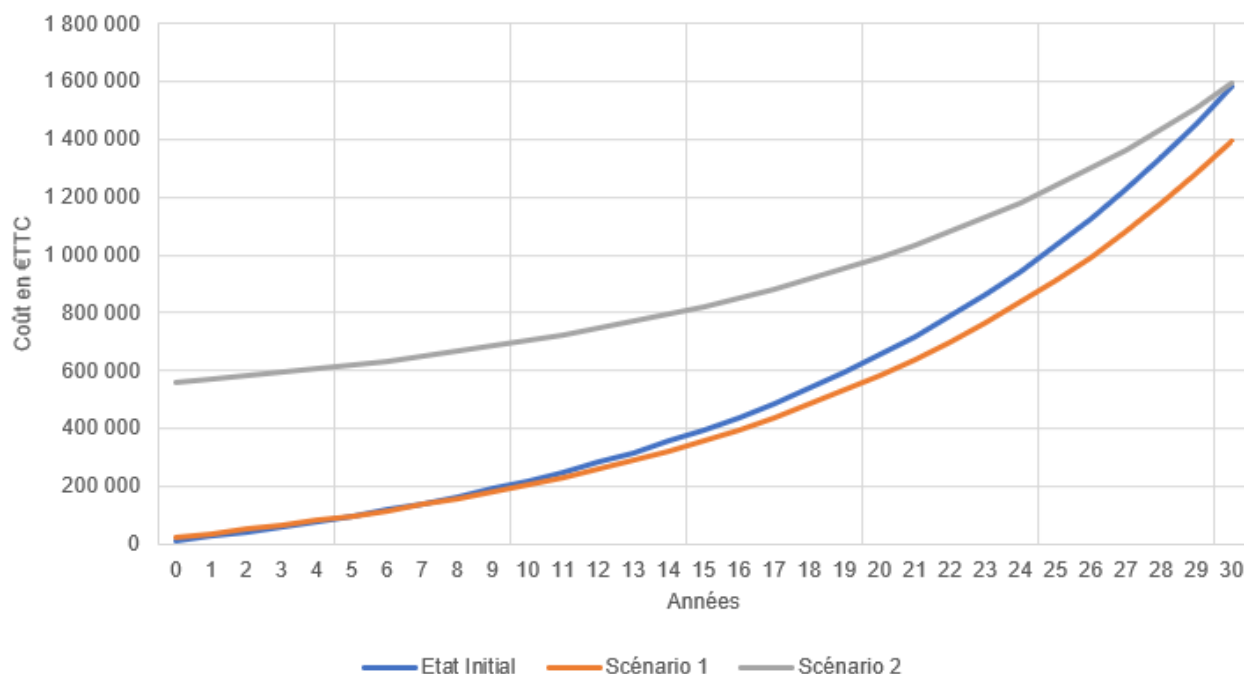
INDICATEURS FINANCIERS		Etat initial	SC1	SC2
Dépenses énergie (P1)	€TTC sur 30 ans	783 440	683 215	493 079
	Evolution P1 4%/an			
	€TTC sur 30 ans	2 402 590	2 095 230	1 512 136
	Evolution P1 10%/an			
Dépenses maintenance (P2) et renouvellement (P3)				
	€TTC sur 30 ans	0	0	68 655
Coût global actualisé y compris coûts travaux	€TTC sur 30 ans	556 075	497 937	948 201
	Evolution P1 4%/an			
	€TTC sur 30 ans	1 580 762	1 391 537	1 593 115
	Evolution P1 10%/an			
Retour sur investissement actualisé	Années	-	7	>30
	Evolution P1 4%/an			
	Années	-	6	>30
	Evolution P1 10%/an			

INDICATEURS D'EFFICIENCE		Etat initial	SC1	SC2
Coût de l'énergie économisée	€HT travaux / kWh	-	1	10
Coût du carbone évité	€HT travaux / kgCO2	-	5	37

### COUT GLOBAL SUR 30 ANS, AVEC UN TAUX D'EVOLUTION DU COUT DE L'ENERGIE CLASSIQUE



### COUT GLOBAL SUR 30 ANS, AVEC UN TAUX D'EVOLUTION DU COUT DE L'ENERGIE EXTREME



## 11. CONCLUSION

L'audit énergétique du Pôle Territorial de Formation de Marseille a mis en évidence la **faible performance thermique** du bâti. Les travaux d'isolation et de remplacement des menuiseries permettront de réduire considérablement les besoins en chauffage du bâtiment. En effet, les murs, les menuiseries et les planchers hauts du bâtiment principal représentent le gisement d'économies d'énergies le plus significatif du site.

Dans l'immédiat, nous recommandons de reprendre **les paramètres de régulation** ainsi que la mise en place **d'un plan de comptage** précis sur l'ensemble du bâtiment. Cela permettra une gestion et une optimisation plus précise des consignes de température ainsi que de la ventilation.

Les radiateurs actuels disposent uniquement de robinets manuels, la mise en place de **robinets thermostatiques** permettra d'ajuster la chaleur fournie par les radiateurs en fonction de la température ambiante réelle de chaque local. La chaufferie est une chaudière gaz vieillissante. Son remplacement permettra de réduire considérablement les consommations du bâtiment pour sa production de chauffage. De nombreuses solutions peuvent être envisagées au vu de la situation du bâtiment et de la chaufferie. La solution la plus vertueuse est la mise en place d'une **pompe à chaleur géothermique** sur sonde associée avec des radiateurs basse températures adaptés.

Le **renouvellement d'air** est naturel et ne permet pas de respecter le code du travail. Afin d'assurer un renouvellement d'air satisfaisant, la mise en place d'une ventilation mécanique double flux avec récupération de chaleur est préconisée. Cette intervention n'engendre pas de gain énergétique mais permet d'améliorer grandement le confort des occupants. Il est à noter que le remplacement de l'ensemble des menuiseries du site va diminuer grandement les infiltrations d'air et par conséquent le renouvellement d'air global du bâtiment, il est donc nécessaire de mettre en place une solution durable pour le confort des usagers.