



# Office Français de la Biodiversité

---

*2 Rue de Strasbourg, 60200 Compiègne*

AUDIT ENERGETIQUE

V1 - Date de diffusion 13/02/2024

---



**Audit énergétique du bâtiment VNF de la  
Ville de Compiègne**

## MAITRISE D'OUVRAGE :



2 Rue de Strasbourg,  
60200  
Compiègne  
T 03 44 90 07 01

Virginie LENGRAND  
Gestionnaire Financière et logistique  
T 07 61 32 83 51  
@ virginie.lengrand@ofb.gouv.fr

## ASSISTANT MOA :



**ALTEREA AGENCE NORD**  
8 rue Anatole France  
59 000 Lille  
T 03 59 54 21 08

Arthur GAROFOLI  
Chef de projets  
T 07 48 14 36 23  
@ agarofoli@alterea.fr

## SUIVI DU DOCUMENT :

Indice	Date	Modifications	Rédaction	Vérification	Validation
1	13/02/2024	Version initiale	WAMO/SRAN	JSAU	AGAR

Agence Ouest (siège)  
26 bd Vincent Gâche  
CS 17502  
44275 Nantes Cedex 2  
T 02 40 74 24 81

Agence de Paris - Idf  
23 avenue d'Italie  
75013 Paris  
T 01 46 28 31 89

Agence Nord  
8 rue Anatole France  
59800 Lille  
T 03 69 24 12 43

Agence Sud-Ouest  
Immeuble Perspective  
2 rue du Jardin de l'Ars  
33800 Bordeaux  
T 05 54 52 92 23

Agence Sud-Est  
Immeuble Le Constellation  
19 rue de la Villette  
69003 Lyon  
T 04 87 24 90 74

Agence Est  
3 quai Kléber  
67000 Strasbourg  
T 03 69 24 37 99

Agence Sud  
Newton Joliette  
113 rue de la République – CS 10491  
13235 Marseille 02  
T 04 13 35 01 67

Agence Occitanie  
10 Pl. Alfonse Jourdain  
31000 Toulouse  
T 05 54 52 92 23

# SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>PRESENTATION DU SITE</b>	<b>5</b>
1.1	COORDONNEES DU SITE	5
1.2	VUE AERIENNE	5
1.3	VISITE TECHNIQUE DU SITE	5
1.4	PROBLEMATIQUES ENERGETIQUES	6
1.5	ANALYSE DU CONFORT DES USAGERS	6
<b>2</b>	<b>SYNTHESE DE L'ETUDE</b>	<b>7</b>
2.1	VUE GENERALE DE LA PERFORMANCE	7
2.2	HYPOTHESES – DOCUMENTS MOA – CAMPAGNE DE MESURES	9
2.3	SYNTHESE DES GAINS ENERGETIQUES ENVISAGEABLES	10
2.4	PROPOSITION DE SCENARIOS D'AMELIORATION DE LA PERFORMANCE ENERGETIQUE	13
<b>3</b>	<b>LES ENERGIES</b>	<b>16</b>
3.1	USAGES ENERGETIQUES DU SITE	16
3.2	HISTORIQUE DES CONSOMMATIONS	16
3.3	ANALYSE DES CONSOMMATIONS SIMULEES	17
3.4	COMPARAISON DES CONSOMMATIONS REELLES ET SIMULEES	18
<b>4</b>	<b>DESCRIPTION DU BATIMENT</b>	<b>19</b>
4.1	BATI	19
4.1.1	ANALYSE DES DEPERDITIONS	19
4.1.2	LEGENDE	20
4.1.3	COMPOSITIONS DES PAROIS	20
4.2	VENTILATION	23
4.2.1	EQUIPEMENTS	23
4.3	CHAUFFAGE	24
4.3.1	INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE	24
4.4	EAU CHAUDE SANITAIRE	27
4.4.1	INSTALLATIONS D'ECS	27
4.5	ECLAIRAGE	28
4.5.1	INSTALLATIONS D'ECLAIRAGE	28
4.6	CLIMATISATION	28
4.6.1	INSTALLATION DE CLIMATISATION	28
4.7	AUTRES SYSTEMES ELECTRIQUES	29
4.7.1	SYSTEMES INSTALLES	29
4.8	ENERGIES RENOUVELABLES	30
4.8.1	INSTALLATIONS D'ENERGIES RENOUVELABLES EXISTANTES	30

4.8.2	POTENTIELS D'ENR	30
<b>5</b>	<b>GISEMENTS DES POTENTIELS D'ECONOMIE D'ENERGIE</b>	<b>31</b>
5.1	DETAILS DES INTERVENTIONS PRECONISEES	31
5.1.1	INTERVENTIONS DE PILOTAGE	31
5.1.2	INTERVENTIONS SUR LE BATI	34
5.1.3	INTERVENTIONS SUR LES SYSTEMES	37
<b>6</b>	<b>SCENARIOS DE PERFORMANCE ENERGETIQUE</b>	<b>44</b>
6.1	SCENARIO 1 : « RENOVATION ENERGETIQUE »	44
6.1.1	SYNTHESE	44
6.1.1	DONNEES DETAILLEES DES PERFORMANCES DU SCENARIO	45
6.1.2	ANALYSE EN COUT GLOBAL	46
6.2	SCENARIO 2 : « OPTIMUM ENERGETIQUE »	47
6.2.1	SYNTHESE	47
6.2.2	DONNEES DETAILLEES DES PERFORMANCES DU SCENARIO	48
6.2.3	ANALYSE EN COUT GLOBAL	49
6.3	ANALYSE ET COMPARATIF DES SCENARIOS	50
<b>7</b>	<b>ANNEXES</b>	<b>52</b>
7.1	DEBITS REGLEMENTAIRES	52
7.2	GRANDEURS UTILES AU DIAGNOSTIC	54
7.2.1	CONVERSION DES UNITES ENERGETIQUES	54
7.2.2	ÉMISSIONS DE CO <sub>2</sub>	54
7.2.3	DJU	54
7.2.4	LEXIQUE DE QUELQUES ABBREVIATIONS	55
7.2.5	FACTEUR DE CONVERSION ENERGIE FINALE / ENERGIE PRIMAIRE	55
7.3	REGLEMENTATION THERMIQUE	56
7.4	METHODE DE CALCUL POUR LA METHODE REELLE	57
7.5	ELEMENTS DE CALCULS	58
7.5.1	SYNOPTIQUE DES SIMULATIONS ENERGETIQUES	58
7.5.2	CONSOMMATIONS DE CHAUFFAGE	59
7.5.3	DEPERDITIONS DU BATIMENT	60
7.5.4	INFLUENCES	60
7.5.5	APPORTS GRATUITS	60
7.5.6	PERTES PAR TUYAUTERIES	61
7.5.7	RENDEMENT GLOBAL DE L'INSTALLATION DE CHAUFFAGE	61
7.5.8	RENOUVELLEMENT D'AIR	61
7.5.9	CONSOMMATIONS EN EAU CHAUDE SANITAIRE	62
7.5.10	CONSOMMATIONS DE LA VENTILATION MECANIQUE CONTROLEE	62
7.5.11	CONSOMMATIONS D'ECLAIRAGE	62
7.5.12	CONSOMMATIONS DES CIRCULATEURS	63
7.5.13	CONSOMMATIONS LIEES A LA CLIMATISATION	63
7.5.14	CONSOMMATIONS DES AUTRES USAGES SPECIFIQUES	63

# 1 PRESENTATION DU SITE

## 1.1 Coordonnées du site

Bâtiment – VNF Compiègne
2 boulevard Gambetta 60200 Compiègne

## 1.2 Vue aérienne



## 1.3 Visite technique du site





Situation	
Date de la visite :	10/01/2024
Diagnostiqueur :	Simon RANSON sranson@alterea.fr
Accompagnateurs :	Virginie LENGRAND
Conditions climatiques :	T <sub>ext.</sub> = -1°C, temps ensoleillé

## 1.4 Problématiques énergétiques

Problématiques énergétiques du site
<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; La chaufferie du site n'est pas fonctionnelle.</li> <li>&gt; Les murs ne sont pas isolés, ce qui peut générer des difficultés pour chauffer les locaux en hiver.</li> <li>&gt; Absence d'isolation par endroit au niveau du plancher haut</li> <li>&gt; Dans l'ensemble, les menuiseries du bâtiment présentent une faible performance thermique. Certains présentent également des défauts d'étanchéité à l'air.</li> <li>&gt; Les luminaires des locaux sont énergivores.</li> <li>&gt; Le site est ventilé de manière naturelle, ce qui ne permet pas de contrôler les débits.</li> </ul>


## 1.5 Analyse du confort des usagers

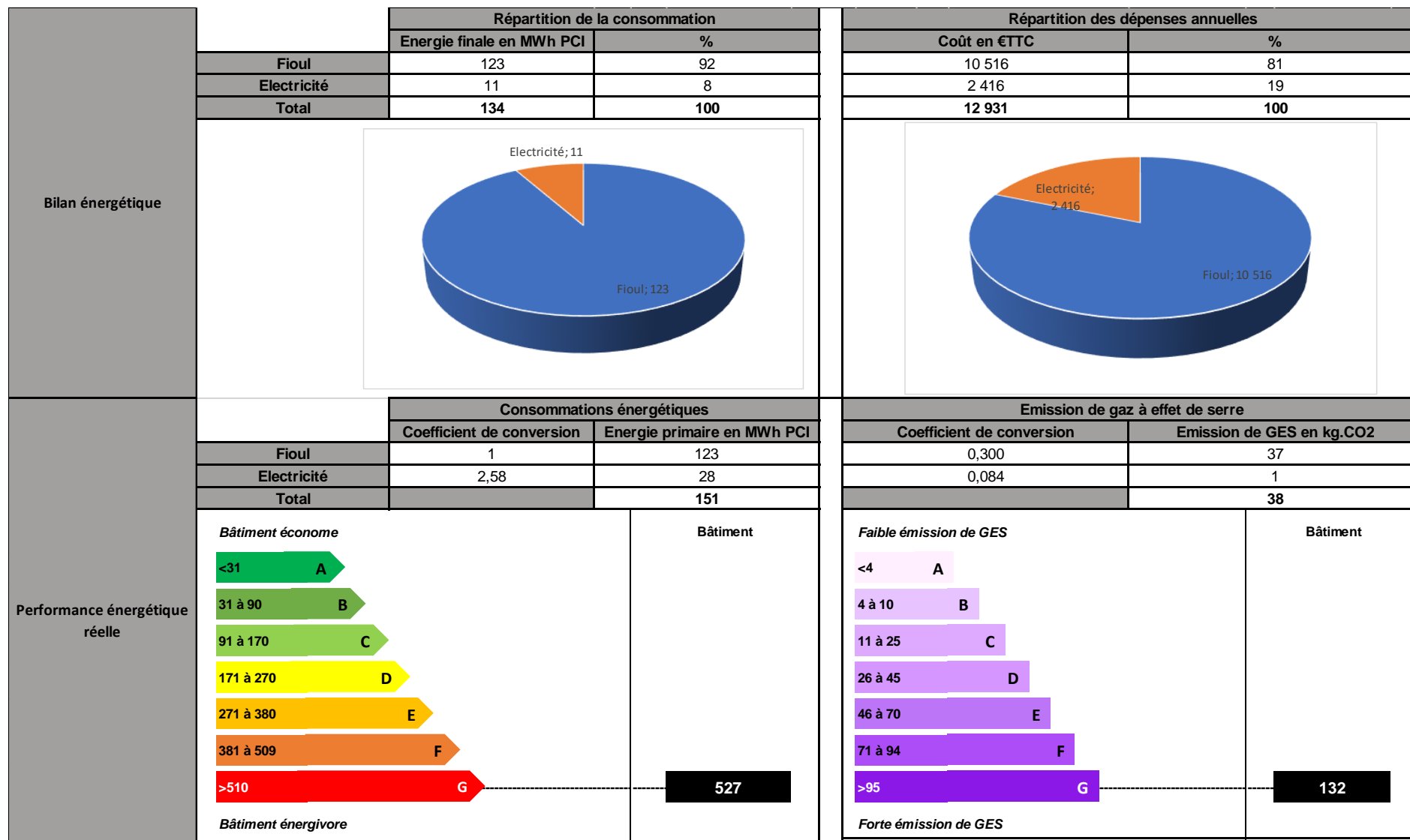
Des usagers ont été questionnés durant la visite, il en résulte les analyses suivantes :

Confort	Ressenti des occupants / Note	Commentaires
Hivernal	+	Le confort hivernal est mauvais en raison de l'absence d'isolation des murs donnant sur l'extérieur et la faible performance des menuiseries. Cela génère un inconfort par effet de parois froides.
Estival	++	L'inertie du bâtiment est moyenne en raison de l'absence d'isolation dans les parois favorisant ainsi la montée en température des locaux en période estivale.
Lumineux	+++	Le confort lumineux est bon grâce aux façades fortement vitrées. L'éclairage artificiel est satisfaisant.
Acoustique	+++	Le site se situe dans une zone résidentielle plutôt calme de la ville de Compiègne, limitant les nuisances sonores.
Renouvellement d'air (ventilation)	+	Le site est principalement ventilé de manière naturelle par ouverture de fenêtre. La cuisine est ventilée mécaniquement grâce à un extracteur mural.
Etanchéité à l'air	++	L'étanchéité des ouvrants à l'air et à l'eau est correcte, néanmoins quelques défauts d'étanchéité ont été constatés sur certains ouvrants.
<p><i>Légende :</i></p> <p>  Confort faible   Confort moyen   Confort bon   Confort très bon </p>		

## 2 SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE

### 2.1 Vue générale de la performance

	Année de construction	<1900						
	Type	Bureaux Catégorie DPE : 6.1						
	Surface de plancher	287 m <sup>2</sup>						
	Surface utile	315 m <sup>2</sup>						
	Nombre de niveaux	2 niveaux chauffés						
	Système thermique	Chauffage par une chaudière fioul standard (non fonctionnelle) Ballon ECS électrique						
	Système de ventilation	Ventilation naturelle dans les bureaux et dans les sanitaires Extracteur mural dans la cuisine						
Effectif du site	Effectifs	15 personnes						
Horaires ouverture	Bureaux	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
	Ouverture	08 h 30	08 h 30	08 h 30	08 h 30	08 h 30	-	-
	Fermeture	17 h 30	17 h 30	17 h 30	17 h 30	17 h 30	-	-
	Fermeture annuelle : Une semaine lors des fêtes de fin d'année.							





## 2.2 Hypothèses – Documents MOA – Campagne de mesures

DOCUMENTS		FORMAT
Plans et surfaces	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Plan du rez-de-chaussée</li> <li>&gt; Plan R+1</li> </ul>	PDF
Consommations énergétiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Sans objet</li> </ul>	-

### Données prises pour la réalisation de l'étude :

Le bâtiment n'étant pas occupé, la simulation a été réalisée en prenant les données d'occupation suivantes fournis par le client :

- 15 personnes avec des horaires de travail conventionnelles (8h/jour du lundi au vendredi) et un taux d'occupation de 70%.
- Chaque poste de travail sera composé d'un ordinateur fixe et d'un écran.
- Présence d'une salle de pause équipée de quelques équipements de cuisine (machine à café, réfrigérateur, micro-onde, four, micro-ondes, bouilloire)
- Durée de fonctionnement de l'éclairage :
  - 8h/jours dans les bureaux
  - 3h/jours dans la salle de pause
  - 4h/jours circulation/accueil.
- Durée de fonctionnement de la bureautique :
  - 8h/jours (extinction non automatique des ordinateurs pas les usagers)
- Durée de fonctionnement des équipements de cuisine :
  - Utilisation ponctuelle des équipements en période d'occupation ;
- Consigne de chauffage :
  - Température de chauffage : 21 °C
  - Température de réduit : 18 °C
  - Programmation horaire suivant le planning d'occupation.

Le coût de l'énergie retenu est de 8,0 c€TTC/kWh pour le fioul (coût unitaire moyen usuel et actuel) et de 22 c€TTC/kWh pour l'électricité.

### Anomalies éventuelles à faire remonter :

Une fissure localisée au niveau du mur extérieur a été constatée lors de la visite. Il est conseillé de réaliser une étude de structure et de mesurer l'évolution de la fissure dans le temps.



### Points bloquants :

Les bureaux faisant partie du périmètre de l'étude sont actuellement inoccupés. **Les consommations réelles du site n'ont pas pu être fournies par le client. L'étude se base sur une utilisation conventionnelle du bâtiment (bureaux).**

### Estimations des quantités pour les différentes prescriptions :

La date de valeur des estimations correspond à la date de notre visite sur site, soit le 10/01/2024.

Les quantités prescrites dans les interventions correspondent à des estimations réalisées à la suite de notre visite sur site.

## 2.3 Synthèse des gains énergétiques envisageables

Nous proposons différentes actions permettant d'améliorer la performance énergétique des ouvrages étudiés. L'objectif principal de ces actions est de réduire les dépenses énergétiques générées pour l'exploitation du site.

Les actions proposées ont pour principaux objectifs :

- De réduire la facture énergétique
- D'améliorer le confort des usagers
- D'optimiser les conditions d'utilisation

Le tableau de synthèse des propositions d'améliorations ci-dessous, s'entend en coût de travaux, exclusion faite des frais d'installation de chantier, des honoraires de maîtrise d'œuvre, de bureau de contrôle, d'organismes certificateurs, des frais de maîtrise d'ouvrage, d'assurances, des aléas, d'expertises, de taxes, ..., cette liste n'étant pas exhaustive et dépendant des choix du maître d'ouvrage sur la nature des opérations à mener et sur la façon dont elles seront réalisées.

		PERF.	ECONOMIE					ENVIRONNEMENT				Scénarios	
		Rentabilité énergétique	TRA	Coût des travaux		Valorisation	Economie annuelle	Economie annuelle		CO <sub>2</sub> évité		SC1	SC2
		kWh <sub>EF</sub> / k€ <sub>investi</sub>	ans	€HT	€HT/m <sup>2</sup>	CEE €	€TTC	Énergie FINALE kWh EF/PCI	%	t <sub>eq</sub> -CO <sub>2</sub>	%		
Action de pilotage	Mise en place d'un plan de comptage	-	-	2 500	9	Action non simulable						X	X
Action de pilotage	Mise en place d'une coupure de bureautique	9 047	1	375	1	0	306	3 392	3%	1.0	3%	X	X
Action de pilotage	Optimisation de la régulation	22 246	1	1 500	5	0	2 754	33 369	25%	10.2	27%	X	X
Travaux sur le bâti	Remplacement des menuiseries extérieures	309	25	37 032	129	1 920	879	11 458	9%	3.6	10%	X	X
Travaux sur le bâti	Isolation thermique par l'intérieur	2 406	5	20 538	72	5 690	4 128	49 415	37%	15.0	40%	X	X
Travaux sur le bâti	Isolation de la toiture-terrasse	1 250	8	26 741	93	2 287	2 759	33 426	25%	10.2	27%	X	X
Travaux sur les systèmes	Mise en place de robinets thermostatiques	6 391	2	2 500	9	270	1 266	15 977	12%	5.0	13%	X	X
Travaux sur les systèmes	Optimisation des performances de l'éclairage	174	28	24 367	85	393	495	4 251	3%	1.1	3%	X	X
Travaux sur les systèmes	Mise en place d'une ventilation simple flux*	-61	>30	21 200	74	360	-410	-1 284	-1%	0	0%	X	
Travaux sur les systèmes	Mise en place d'une ventilation double flux avec récupération de chaleur <sup>1</sup>	65	>30	40 113	140	119	-688	2 618	2%	1	3%		X

<sup>1</sup> Cette intervention intègre la mise en place d'une ventilation simple flux dans les sanitaires

		PERF.	ECONOMIE					ENVIRONNEMENT				Scénarios	
		Rentabilité énergétique	TRA	Coût des travaux		Valorisation CEE	Economie annuelle	Economie annuelle Énergie FINALE		CO <sub>2</sub> évité annuellement		SC1	SC2
		kWh <sub>EF</sub> / k€ <sub>investi</sub>	ans	€HT	€HT/m <sup>2</sup>	€	€TTC	kWh EF/PCI	%	t <sub>eq</sub> -CO <sub>2</sub>	%		
Travaux sur les systèmes	Mise en place d'une pompe à chaleur air/eau <sup>1</sup>	1 328	>30	56 710	198	1 052	-957	75 319	56%	28	75%		
Travaux sur les systèmes	Raccordement au réseau de chaleur <sup>2</sup>	108	>30	250 000	872	1 187	1 275	27 020	20%	18	47%	X	X
ENR	Mise en place de panneaux photovoltaïques	494	>30	15 370	54	0	229	7 588	6%	1	4%		X

<sup>1</sup> Cette intervention intègre la rénovation complète de la chaufferie (mise en conformité, calorifugeage des réseaux, mise en place de circulateurs à débit variable, etc.).

<sup>2</sup> Cette intervention intègre la rénovation complète de la chaufferie (mise en conformité, calorifugeage des réseaux, mise en place de circulateurs à débit variable, etc.).

## 2.4 Proposition de scénarios d'amélioration de la performance énergétique

### Objectif des scénarios proposés :

Les scénarios sont basés sur une approche technique mêlant besoins énergétiques et fonctionnels. L'ensemble des postes de consommation est considéré.

- Scénario 1 : « **Rénovation énergétique** » : L'objectif qui est visé par ce scénario est la rénovation complète du site afin de garantir un usage de bureaux.
- Scénario 2 : « **Optimum énergétique** » : Ce scénario présente l'optimum énergétique du bâtiment.

APPROCHE ECONOMIQUE								
Scénario	Economie annuelle d'énergie					Coût (€ <sup>TTC</sup> )	TRI	
	kWh EP/PCI	€TTC	%EP	%EF	%CO <sub>2</sub>			
Scénario 1	116 566	7 384	77%	84%	92%	386 753	29	
Scénario 2	130 932	6 986	87%	89%	94%	421 035	31	

APPROCHE ENERGETIQUE								
Scénario	Consommation énergétique simulée	Emissions de CO <sub>2</sub>	Optimisation	Amélioration des systèmes		Traitement du bâti		EnR
	kWh EP/PCI/m <sup>2</sup> .SHON	kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .SHON		léger	lourd	léger	lourd	
Scénario 1	C	C	✓		✓		✓	✓
	121	11						
Scénario 2	B	B	✓		✓		✓	✓
	71	9						

### Constats et analyses :

Les scénarios proposés permettent d'atteindre une meilleure performance énergétique.

Le scénario 1 prévoit les actions suivantes :

- Mise en place d'un plan de comptage énergétique
- Mise en place d'une coupure de bureautique
- Optimisation de la régulation
- Remplacement des menuiseries extérieures
- Isolation thermique par l'intérieur
- Isolation de la toiture-terrasse
- Mise en place de robinets thermostatiques
- Optimisation des performances de l'éclairage
- Mise en place d'une ventilation simple flux
- Raccordement au réseau de chaleur

Le scénario 2 prévoit les actions ci-dessous, en plus de celles du scénario 1 :

- Mise en place d'une ventilation double flux avec récupération de chaleur (en remplacement de l'intervention concernant la ventilation simple-flux)
- Mise en place de panneaux photovoltaïques

Désignation	Unité	Etat initial	Scénario 1	Scénario 2
<b>Investissements</b>	€HT	0	366 223	421 705
Economie annuelle d'énergie primaire	%	0	53%	91%
Economie annuelle d'énergie finale	%	0	61%	77%
Emissions de CO <sub>2</sub> évitées	%	0	76%	81%
Impact sur les coûts énergétiques la première année (P1)	€TTC	0	-7 505	-12 424
Impact sur la maintenance (P2)	€TTC	0	2 500	3 550
Impact sur les coûts de renouvellement des équipements (P3)	€TTC	0	130	847
<b>CEE Mobilisables</b>	kWh CUMAC	0	1 500 735	1 515 929
<b>Valorisation CEE</b>	€	0	11 766	11 885
Temps de retour sur investissement actualisé	années	0	35	29
Dépenses annuelles énergétiques	€TTC	12 931	5 427	507
Dépenses annuelles de maintenance	€TTC	523	3 023	4 073
Dépenses annuelles de renouvellement	€TTC	167	297	1 013
Dépenses énergétiques sur 30 ans (Actualisation des coûts d'énergie de 4%)	€TTC	767 194	321 946	30 098
Dépenses de maintenance sur 30 ans (P2)	€TTC	22 143	128 092	172 590
Dépenses de renouvellement des équipements sur 30 ans (P3)	€TTC	7 063	12 573	42 944
<b>Coût global (avec investissements)</b>	€TTC	<b>796 401</b>	<b>828 833</b>	<b>667 338</b>

### 3 LES ENERGIES

#### 3.1 Usages énergétiques du site

<b>Chauffage</b>	Production de chauffage par une chaudière standard fioul.
<b>ECS</b>	Production ECS par un ballon électrique

Energie	PDL / PCE	Localisation	Nom du circuit	Type de sous compteur	Etat
Fioul	-	Chaufferie	Départ Radiateur	Absence de compteur	-

Electricité	PDL : Inconnue	Bâtiment VNF	Existant	TD	ECS	Electrique	A créer
				TD	Eclairage	Electrique	A créer
				TD	Ventilation	Electrique	A créer
				TD	Usages spécifiques	Electrique	A créer
				TD	Auxiliaire de chauffage	Electrique	A créer

Commentaires
<p>Le site ne dispose pas de compteur thermique pour le chauffage puisqu'il était assuré par une production de fioul. Le suivi des consommations était réalisé grâce aux factures de livraison. Lors de la mise en place de la nouvelle production, il sera nécessaire de mettre en place un compteur thermique afin de suivre les consommations. Il y a un seul départ de chauffage pour l'ensemble du bâtiment. La mise en place d'un sous-compteur thermique n'est donc pas nécessaire.</p> <p>Le site dispose d'un compteur électrique général. La mise en place d'un sous-comptage sera préconisée afin d'assurer le suivi des consommations par usage.</p>

#### 3.2 Historique des consommations

Les consommations de fioul et d'électricité du site n'ont pas pu être fournies par la MOA.

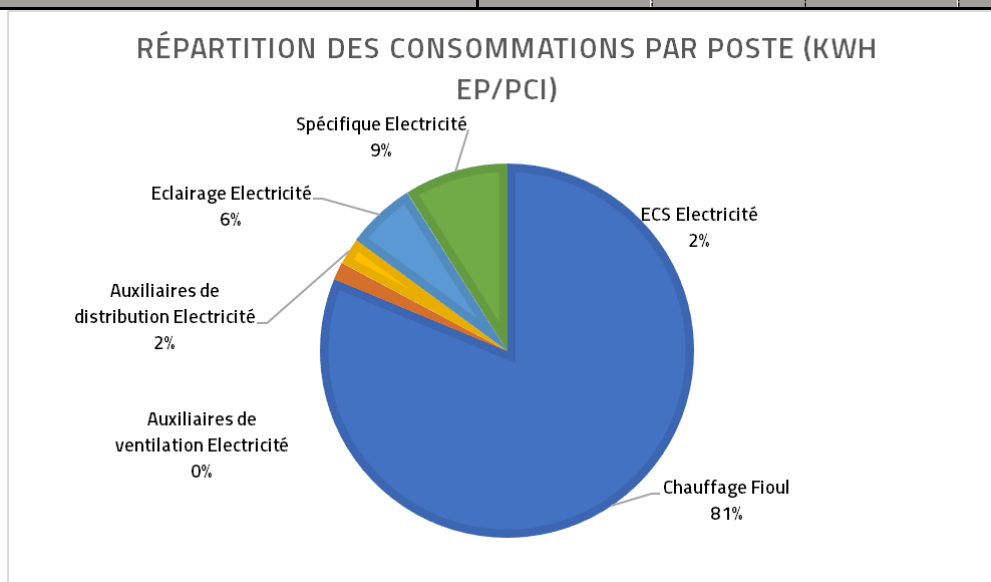
Le coût de l'énergie retenu est de 8,0 c€TTC le kWh pour le fioul (coût unitaire moyen usuel et actuel) et de 22 c€TTC/kWh pour l'électricité.



### 3.3 Analyse des consommations simulées

Le récapitulatif des simulations est présenté dans le tableau suivant :

Répartition des consommations		kWh EF/PCI	kWh EP/PCI	kg CO <sub>2</sub>	€TTC
Usage	Energie				
Chauffage	Fioul	122 847	122 847	36 854	10 516
ECS	Electricité	895	2 308	36	197
Auxiliaires de ventilation	Electricité	10	27	1	2
Auxiliaires de distribution	Electricité	1 358	3 505	114	299
Eclairage	Electricité	3 466	8 942	291	763
Spécifique	Electricité	5 251	13 547	441	1 155
<b>TOTAL</b>		<b>133 827</b>	<b>151 176</b>	<b>37 737</b>	<b>12 931</b>



Bâtiment VNF Compiègne	Etiquette Energie (kWh <sub>EP PCI</sub> /m <sup>2</sup> <sub>SHON</sub> )	Etiquette Climat (kg <sub>CO2</sub> /m <sup>2</sup> <sub>SHON</sub> )
	527 <b>E</b>	132 <b>G</b>

Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Le chauffage au fioul représente une part significative de la consommation énergétique du bâtiment. En effet, le bâtiment présente une faible performance thermique et les équipements en chaufferie sont peu performants.</li> <li>&gt; Les autres postes de consommation tel que l'eau chaude sanitaire, l'éclairage, les auxiliaires de distributions et les usages spécifiques représentent des parts plus modestes de la consommation.</li> </ul>

### 3.4 Comparaison des consommations réelles et simulées

Les consommations simulées ont été obtenues à partir du logiciel ATLAS développé chez ALTEREA. Il prend en compte l'usage réel du bâtiment en appliquant divers scénarios (chauffage, occupation, éclairage, puissance dissipée, ...) qui reflètent davantage la réalité.

La station météo prise en compte pour l'étude est celle de Beauvais. La position géographique de cette station a déterminé son utilisation. Ces données permettent d'influencer le calcul selon la rigueur climatique de la zone en la restreignant.

N'ayant pas les sous-consommations spécifiques au périmètre étudié, nous ne calons pas le modèle avec le réel. Ainsi, nous nous basons sur les notes et observations lors de la visite pour déterminer le modèle et nous prendrons ces valeurs pour déterminer des axes d'amélioration.

## 4 DESCRIPTION DU BATIMENT

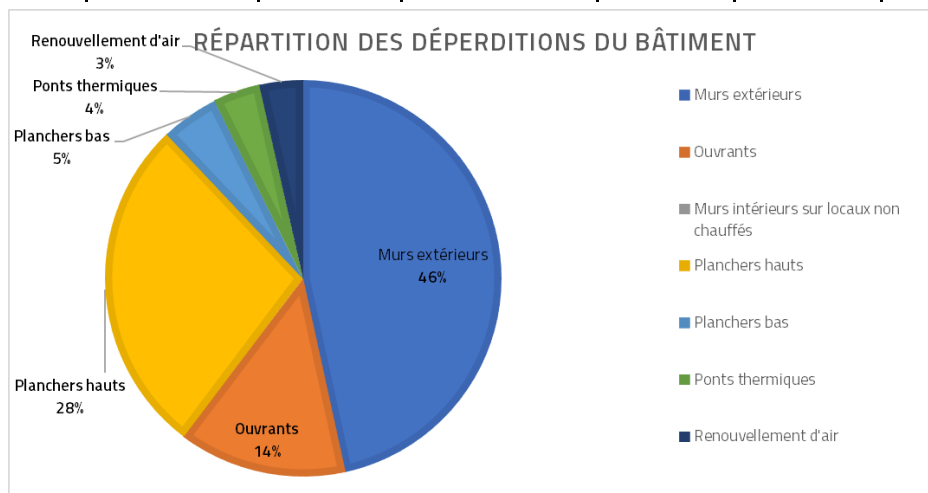
### 4.1 Bâti

#### 4.1.1 Analyse des déperditions

A partir des relevés effectués sur le bâti, une étude des déperditions a été réalisée, aboutissant aux résultats suivants :

Ubat ( $W.m^{-2}.K^{-1}$ )	2.12	Le bâtiment n'est pas isolé, il est fortement déperditif
S <sub>vitrage</sub> / S <sub>façade</sub>	29 %	Le bâtiment est fortement vitré.
Inertie	Moyenne	
Etanchéité à l'air	Mauvaise	Infiltration d'air par les menuiseries extérieures
Déperditions statiques	-	W/K.

Déperditions en kW							Pertes totales en kW
Murs extérieurs	Ouvrants	Murs intérieurs sur locaux non chauffés	Planchers hauts	Planchers bas	Ponts thermiques	Renouvellement d'air	
18 47%	5 14%	0 0%	11 28%	2 5%	1 4%	1 4%	38



#### Commentaires




- > Les murs extérieurs sont l'une des sources principales de déperditions du bâtiment. L'isolation des parois est nécessaire pour limiter au maximum les déperditions liées aux parois extérieurs.
- > De même, la mise en place de menuiseries plus performante permettra de limiter les déperditions de ce poste.
- > Les planchers hauts ne sont pas isolés. Un réfection de la toiture sera donc préconisée.
- > Le plancher bas donne sur terre-plein, limitant ainsi les déperditions issues de ce poste.
- > L'amélioration de ces postes sera présentée dans la suite de l'audit.



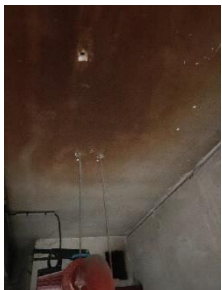

#### 4.1.2 Légende


Les différents éléments de description sont qualifiés par une légende caractérisant la performance (notée **P**) et la vétusté (notée **V**). Cette légende sera utilisée pour l'ensemble du rapport.

Légende	3	2	1	0	Ø
Performance	Très performant	Performant	Basique	Energivore	Sans objet
Vétusté	Neuf	Bon état	Etat d'usage	A remplacer	Sans objet

#### 4.1.3 Compositions des parois

Paroi opaque						
Mur sur extérieur			Surface	U	P	V
	Type :	Pierre/béton	175m²	3,41	0	1
	Epaisseur :	21 cm				
	Présence d'une isolation :	Non				
	Garde-fou RT existant 2023 (R) :	3.2				
	Localisation :		Ensemble du bâtiment			
Mur sur local non chauffé			Surface	U	P	V
	Type :	Béton plein	27m²	2,04	1	1
	Epaisseur :	20 cm				
	Nature du local non chauffé :	Local technique				
	Présence d'une isolation :	Non				
	Garde-fou RT existant 2023 (R) :	2.5				
	Localisation :		Chaufferie			
Menuiserie						
Fenêtre sur extérieur			Surface	Uw	P	V
	Matériau et vitrage :	PVC / Double vitrage lame d'air 10 mm	77m²	2.15	1	1
	Etanchéité :	Moyenne				
	Occultation :	Store intérieur				
	Position :	Nu intérieur				
	Fermeture :	Battante				
	Garde-fou RT existant 2023 (Uw) :	1.9				
Localisation :		Ensemble du bâtiment				



Porte sur extérieur		Surface	Uw	P	V	
	Matériau et vitrage :	Bois / Simple vitrage	5m²	4.70	0	1
	Etanchéité :	Mauvaise				
	Remplissage :	Sans objet				
	Occultation :	Aucune				
	Position :	Nu intérieur				
	Garde-fou RT existant 2023 (Uw) :	Sans objet				
Localisation :		Rez-de-chaussée				
Plancher bas						
Plancher bas sur terre-plein		Surface	U	P	V	
	Type :	Dalle béton	286m²	0,65	1	1
	Epaisseur :	20 cm				
	Présence d'une isolation :	Non				
	Garde-fou RT existant 2023 (R) :	Sans objet				
	Localisation :					
Plancher bas sur local non chauffé		Surface	U	P	V	
	Type :	Dalle béton	42m²	1,36	0	2
	Epaisseur :	20 cm				
	Présence d'une isolation :	Non				
	Position :	Local technique				
	Ventilation du local non chauffé :	Local ventilé				
	Garde-fou RT existant 2023 (R) :	3				
	Localisation :					
Toiture-terrasse isolée		Surface	U	P	V	
	Type :	Dalle béton	42m²	0,36	1	1
	Epaisseur :	20 cm				
	Présence d'une isolation :	Oui				
	Mise en œuvre de l'isolation :	Isolation en sous face				
	Isolant :	Laine de verre				
	Epaisseur d'isolation :	10 cm				
	Garde-fou RT existant 2023 (R) :	4.5				
Localisation :		R+1				

Toiture-terrasse non isolée		Surface	U	P	V
	Type :	Dalle béton	103 m²	3,23	0
	Epaisseur :	20 cm			
	Présence d'une isolation :	Non			
	Garde-fou RT existant 2023 (R) :	4.5			
	Localisation :	R+1			

Commentaires et préconisations
<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Les locaux situés dans le périmètre d'étude donnent sur un plancher sur terre-plein. Le plancher est supposé non isolé d'après l'année de construction du bâtiment.</li> <li>&gt; Le planchers hauts des locaux sont partiellement isolés et donnent sur une toiture terrasse non accessible. L'isolation du plancher haut sera alors préconisée.</li> <li>&gt; Les murs sont déperditifs et génèrent de l'inconfort en période hivernale (effet de parois froides). La mise en place d'une isolation par l'intérieur sera proposée afin d'améliorer la performance du bâtiment. La mise en place d'une isolation par l'extérieur ne sera pas proposée car le bâtiment est mitoyen avec un autre.</li> <li>&gt; Les menuiseries sont en PVC avec une lame d'air de 10mm ce qui implique une faible performance thermique. Des défauts d'étanchéité ont également été constatés au niveau de certaines menuiseries. Le remplacement de ces dernières sera préconisé.</li> </ul>

## 4.2 Ventilation




### 4.2.1 Equipements

Equipement de ventilation			
Aucun (ventilation naturelle)		P	V
-	Technologie : Ventilation par ouverture des fenêtres	0	NC
	Localisation : Ensemble du bâtiment		
Extracteur mural simple flux		P	V
	Technologie : Ventilation naturelle assistée (hybride)	1	1
	Type de conduit : Conduit maçonné		
	Marque : Vortice		
	Nombre : 1		
	Localisation : Cuisine		
Régulation terminale ventilation			
Régulation terminale - Ventilation naturelle		P	V
-	Technologie : Absence de régulation	1	NC
	Localisation : Ensemble du bâtiment		
Régulation terminal – Extracteur mural		P	V
	Technologie : Registre modulant	1	1
	Localisation : Cuisine		


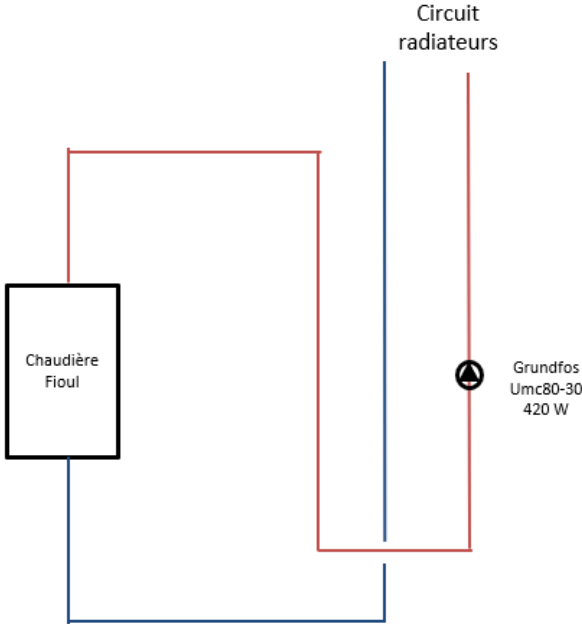









Commentaires et préconisations
<p>&gt; Les bureaux ne disposent d'aucun système de ventilation. Ils sont ventilés de manière naturelle. La ventilation dans les sanitaires est également naturelle. La cuisine est raccordée à une extraction murale. Dans un premier temps, la mise en place d'une ventilation simple flux dans les bureaux sera proposée. Dans un second temps, la mise en place d'une ventilation double-flux avec récupération de chaleur sera proposée. Dans les deux cas, il sera proposé de mettre en place une ventilation simple-flux dans les sanitaires.</p>



## 4.3 Chauffage

### 4.3.1 Installations de chauffage

Production de chaleur			
Chaudière		P	V
	Locaux desservis :	Ensemble du bâtiment	
	Energie :	Fioul	
	Puissance thermique totale :	NC	
	Classement ICPE :	NC	
	Technologie :	Standard	
	Fonction :	Chaudière principale	
	Mode d'évacuation :	Conduit de fumées	
	Position :	Au sol	
	Marque :	DE DIETRICH	
	Modèle :	NC	
	Nombre :	1	
	Brûleur intégré :	Non	
	Technologie brûleur :	Atmosphérique	
	Nombre de brûleur :	1	
Localisation :		Chaudière	
Auxiliaire de chauffage			
Pompe chauffage		P	V
	Puissance électrique totale :	420 W	
	Technologie :	Pompe à débit constant	
	Type :	Pompe simple	
	Fonction :	Primaire	
	Marque :	Grundfos	
	Modèle :	Umc80-30	
	Nombre :	1	
Localisation :		Chaufferie	
Distribution de chaleur			
Réseaux de chauffage		P	V
	Nature :	Acier noir	
	Technologie :	Absence de calorifuge	
	Mise en œuvre de l'isolation	Non	
	Longueur :	5 ml	
	Localisation :		Chaufferie




Régulation centrale chauffage																									
Régulation centrale		P	V																						
	Technologie :	Aquastat de chaudière																							
	Programmation :	Sans objet																							
	Nombre de départs réglés :	1																							
	Température de confort :	21 °C (hypothèse)																							
	Température de réduit :	18 °C (hypothèse)																							
	Locaux desservis :	Ensemble du site																							
	Nombre :	1																							
Localisation :		Chaufferie																							
Loi d'eau et programmation horaire																									
Schéma de principe de l'installation simplifié																									
																									
Départ radiateur																									
Horaires	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Lundi																									
Mardi																									
Mercredi																									
Jeudi																									
Vendredi																									
Samedi																									
Dimanche																									
Consignes :																									
 Confort : 21,0 °C  Réduit : 18,0 °C																									

Emission de chaleur			
Radiateur		P	V
	Energie :	Hydraulique	
	Technologie :	Radiateur	
	Matériau :	Fonte	
	Température :	Haute	
	Localisation :	Ensemble du bâtiment	
		3	1
Régulation terminale chauffage			
Régulation terminale		P	V
	Technologie :	Robinets manuels	
	Localisation :	Ensemble du bâtiment	
		1	1

Commentaires et préconisations
<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; La production de chaleur se compose d'une chaudière fioul standard alimentant les locaux. Il est à noter que la chaudière n'est plus fonctionnelle. Le remplacement de la production de chaleur sera préconisé, de même qu'une rénovation complète de la chaufferie.</li> <li>&gt; La chaufferie possède un seul circuit de chauffage non calorifugé qui est équipé d'une pompe à débit constant.</li> <li>&gt; Les radiateurs en fonte représentent l'émission principale du site, ils sont équipés de robinets manuels. Le remplacement des robinets manuels par des robinets thermostatiques sera donc proposé.</li> </ul>

## 4.4 Eau Chaude Sanitaire



### 4.4.1 Installations d'ECS

Production ECS			
Ballon électrique		P	V
	Nombre :	1	
	Puissance électrique unitaire :	2 kW	
	Volume :	15 L	
	Technologie :	Adaptée à l'usage	
	Locaux desservis :	Cuisine	
	Localisation :	Cuisine	
		3	2

Commentaires et préconisations
> Le ballon électrique est adapté aux faibles besoins d'ECS. Le remplacement de la production ECS ne sera pas préconisé.

## 4.5 Eclairage

### 4.5.1 Installations d'éclairage

Source d'éclairage			
Source éclairage intérieur		P	V
	Technologie :	Tube fluorescent T8	11
	Type de luminaire :	Tube	
	Nombre de lampe(s) par luminaire :	2 ou 4	
	Puissance électrique unitaire d'une lampe :	56 W ou 18 W	
	Position :	En applique	
	Ballast :	Ferromagnétique	
	Localisation :		
Pilotage terminal éclairage			
Pilotage terminal éclairage intérieur		P	V
	Technologie :	Interrupteur manuel	11
	Localisation :	Ensemble du bâtiment	

Commentaires et préconisations
<p>&gt; Les luminaires sont majoritairement des tubes fluorescents T8 pilotés par des interrupteurs. La mise en place de luminaires LED pour l'ensemble du site sera préconisée, de même que la mise en place de détection de présence dans les circulations.</p>

## 4.6 Climatisation

### 4.6.1 Installation de climatisation

Le site ne comporte aucune installation de climatisation.

## 4.7 Autres systèmes électriques

### 4.7.1 Systèmes installés

Autres usages				
Bureautique (fictif)			P	V
-	Durée de fonctionnement quotidien :	8 h	2	2
	Type :	PC fixe, Ecran, imprimante		
	Extinction hors utilisation :	Généralisée		
	Nombre :	15		
	Localisation :		Bureaux	
Equipement de cuisine (fictif)			P	V
-	Durée de fonctionnement quotidien :	24 h	1	2
	Type :	Réfrigérateur, micro-onde, machine à café, etc.		
	Extinction hors utilisation :	Inexistant		
	Localisation :		Salle de pause	

Commentaires et préconisations
<p>La simulation a été réalisée en prenant les hypothèses d'occupation suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Chaque poste de travail sera composé d'un ordinateur fixe et d'un écran.</li> <li>&gt; Présence d'une salle de pause équipée de quelques équipements de cuisine (machine à café, réfrigérateur, micro-onde, four, plaque de cuisson, bouilloire)</li> <li>&gt; Durée de fonctionnement de la bureautique : <ul style="list-style-type: none"> <li>o 8h/jours (extinction automatique des ordinateurs pas les usagers)</li> </ul> </li> <li>&gt; Durée de fonctionnement de l'équipement de cuisine : <ul style="list-style-type: none"> <li>o Fonctionnement ponctuel (principalement entre 12h et 14h)</li> </ul> </li> <li>&gt; La mise en place d'une coupure centralisée sera préconisée afin de limiter les dérives (équipements de bureautique allumés hors période d'utilisation) ainsi que les apports de chaleur internes.</li> </ul>

## 4.8 Energies renouvelables

### 4.8.1 Installations d'énergies renouvelables existantes

Actuellement, le bâtiment ne dispose pas d'installation d'énergies renouvelables.

### 4.8.2 Potentiels d'ENR

Le tableau ci-dessous permet de déterminer la faisabilité des différentes énergies renouvelables :

Variante	Étudiée	Argumentaire
Réseau de chaleur urbain	✓	Le réseau de chaleur de la ville de Compiègne passe à proximité du site. Le raccordement du bâtiment au réseau de chaleur sera préconisé.
Chauffage biomasse	✗	La positionnement de la chaufferie ne permet pas d'accueillir une chaufferie biomasse.
Pompe à chaleur aéraulique	✓	La mise en place d'une pompe à chaleur air/eau sera proposée. Néanmoins, il est important de noter que cette solution ne peut intervenir qu'après l'isolation complète du bâtiment (parois et fenêtres) afin de garantir un régime basse température.
Pompe à chaleur géothermique	✗	Le site ne dispose pas de surface extérieure suffisante pour envisager la mise en place d'une production de chaleur géothermique sur sondes ou sur nappe.
Eolienne	✗	L'implantation en milieu urbain dense et le faible rendement des technologies actuelles limite l'intérêt d'une production d'électricité éolienne.
Récupération de chaleur sur les eaux usées pour la production d'ECS	✗	L'usage du bâtiment ainsi que les quantités d'eaux usées rejetées ne permettent pas d'envisager la mise en place d'un système de récupération de chaleur sur les eaux usées.
Récupération de chaleur sur machine thermodynamique pour la production d'ECS	✗	Le site ne dispose pas d'équipement permettant la mise en place d'une récupération de chaleur sur groupe froid.
Production d'ECS solaire	✗	Les besoins ECS du site sont faibles, cette intervention n'est donc pas retenue.
Capteurs photovoltaïques	✓	Le bâtiment dispose d'espace exploitable en toiture, il est donc envisageable de mettre en place des panneaux photovoltaïques.

## 5 GISEMENTS DES POTENTIELS D'ECONOMIE D'ENERGIE

### 5.1 Détails des interventions préconisées

#### 5.1.1 Interventions de pilotage

Mise en place d'un plan de comptage énergétique
<p><u>Problématique traitée et points de vigilance</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; En l'état, le bâtiment ne dispose de compteur comptage de la chaleur,</li> <li>&gt; Au niveau de l'électricité, il n'y a pas de sous-compteur propre aux différents usages.</li> <li>&gt; Cette intervention permet de réaliser une maîtrise complète des flux énergétiques du site.</li> </ul> <p><u>Mise en œuvre proposée</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Mise en place des sous-compteurs électriques dans les armoires électriques afin réaliser de suivi des consommations par usages.</li> <li>&gt; Le suivi des compteurs devra être réalisé mensuellement par un technicien.</li> </ul> <p><u>Remarques</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Une éventuelle mise aux normes de l'armoire électrique</li> <li>&gt; La mise en place de sous-compteurs thermiques sera possible, seulement si une séparation des réseaux hydrauliques est réalisée.</li> </ul> <p><u>Chiffrage</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Le chiffrage comprend les prestations suivantes : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Fourniture et pose des compteurs électriques.</li> </ul> </li> <li>&gt; Le chiffrage ne comprend pas les prestations suivantes : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Relevé des compteurs</li> <li>○ Mise aux normes des armoires électriques</li> </ul> </li> </ul>

## Mise en place d'une coupure centrale pour le matériel de bureautique

### Problématique traitée et points de vigilance

- > Actuellement, aucun système de coupure centrale ne permet un arrêt complet des équipements informatiques.
- > Diminution de la consommation d'électricité des équipements de bureautique.

### Mise en œuvre proposée

- > Les imprimantes, PC et photocopieurs sont concernés par ce type de dispositif.
- > Deux solutions principales existent :
  - Utilisation des solutions disponibles sur le marché (horloges, applications réseau, etc.)
  - Développement d'une application interne
- > Les coupures peuvent être effectuées via le réseau informatique.
- > Un message préventif peut être envoyé aux utilisateurs pour les prévenir de la coupure à venir de leur poste informatique. Ils peuvent annuler cette coupure s'ils n'ont pas terminé leur travail.
- > Installation de prises équipées d'horloge afin de couper l'alimentation en électricité des moniteurs des ordinateurs (les écrans ne peuvent pas être raccordés sur le réseau).
- > Sensibilisation des utilisateurs pour faire éteindre les ordinateurs après l'utilisation.

### Remarques

- > La coupure des équipements informatiques permet également de réduire les apports internes de chaleur, ce qui limite les surchauffes estivales.
- > L'intervention peut être réalisée en interne en relation avec les services informatiques.

### Chiffrage

- > Le chiffrage comprend les prestations suivantes :
  - Mise en place d'une coupure centrale pour le matériel de bureautique
- > Le chiffrage ne comprend pas les prestations suivantes :
  - Une éventuelle mise en conformité de l'armoire électrique



## Optimisation de la régulation

### Problématique traitée et points de vigilance

- > Le chauffage fonctionne donc majoritairement de manière permanente durant la période de chauffe avec des dérives importantes.
- > Le chauffage peut fonctionner en dehors des périodes d'occupation.
- > La mise en place d'une régulation centrale permettrait de réaliser d'importantes économies d'énergie.

### Mise en œuvre proposée

- > Mise en place d'une régulation permettant une programmation horaire et un pilotage en fonction de la température intérieure par la mise en place de thermostats d'ambiance (ou la mise en place de thermostats d'ambiance programmables). Plusieurs thermostats peuvent être mis en place en fonction du zonage existant.
- > Programmation des paramètres de régulation (consignes de température de réduit et de confort, planning horaire, etc.) en fonction des utilisations réelles du bâtiment.
- > Mise en place de paramètres optimisés :
  - Température de confort : 19°C.
  - Température de réduit : 17°C.
  - Horaires :
    - Application d'un réduit la nuit de 18h00 à 6h00.
    - Coupure du chauffage le vendredi soir et remise en route le lundi matin.
    - Application d'une température de hors-gel durant les absences > 48h : 11°C.
- > Le régulateur ne doit pas être accessible par des tierces personnes et ne doit être géré que par des techniciens de la ville ou par les techniciens de maintenance. Il doit être simple d'utilisation.

### Remarques

- > L'enclenchement du chauffage doit être programmé au moins 2 heures avant l'arrivée des occupants dans le bâtiment, afin que la température intérieure de consigne soit atteinte
- > Pour réaliser des économies d'énergie supplémentaires, il est possible de réaliser des tests sur l'installation de chauffage en réduisant de manière progressive la température de réduit pour déterminer comment le bâtiment réagit et comment les utilisateurs ressentent cette baisse de température
- > Le thermostat d'ambiance devra être judicieusement installé afin de représenter au mieux la température de la pièce. Les températures de consigne ne doivent pas pouvoir être modifiées par les utilisateurs. Dans le cas où cela est nécessaire, il est préférable de ne laisser la possibilité de modifier la température que de plus ou moins 2°C.
- > L'adaptation du planning horaire de chauffage à l'occupation réelle du bâtiment permet de faire des économies d'énergie importantes.

## 5.1.2 Interventions sur le bâti

### Isolation Thermique par l'Intérieur

#### Problématique traitée et points de vigilance

- > Réduction des déperditions par l'enveloppe et diminution des consommations de chauffage.
- > Mise en conformité vis-à-vis de la réglementation thermique dans l'existant.
- > Amélioration du confort thermique par suppression de l'effet de parois froides

#### Mise en œuvre proposée

- > Dépose du doublage existant.
- > Dépose et repose après intervention des radiateurs.
- > Dévoisement des réseaux électriques.
- > L'isolation par l'intérieur des murs de façade est réalisée par la mise en place de panneaux isolants sans pare-vapeur. Les panneaux sont disposés entre des tasseaux de bois et revêtus par des plaques de plâtre. **L'isolant possède un  $R = 3,75 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ .**
- > Mise en place d'un frein-vapeur.
- > Mise en place des plinthes adaptées (carrelage ou bois).

#### Remarque

- > L'isolation par l'intérieur est difficile à mettre en œuvre dans le cas où le site est occupé.
- > La mise en place de l'isolation côté intérieur diminue la surface utile des pièces.
- > L'isolation par l'intérieur des murs en pierre entraîne une baisse de l'inertie du bâtiment et donc une montée en température plus rapide lors de la mise en route du chauffage. Cela peut cependant avoir un impact négatif sur le confort thermique en été.
- > L'isolation par l'intérieur entraîne également une augmentation des ponts thermiques, notamment au niveau des planchers intermédiaires.
- > Afin de limiter au maximum les ponts thermiques au niveau des fenêtres, le remplacement de celles-ci doit être réalisé en même temps que l'isolation par l'intérieur.
- > La surface des murs prise en compte est la surface vide pour plein (en incluant les menuiseries extérieures).

#### Chiffrage

- > Le chiffrage comprend les prestations suivantes :
  - Préparation des surfaces (dépose des doublages, des radiateurs, des coffres de volets roulants et dévoisement des réseaux électriques)
  - Pose d'une nouvelle isolation avec doublage et finition plaque de plâtre
  - Mise en place d'un frein-vapeur
  - Mise en place de plinthes
  - Reprise des revêtements intérieurs (plafonds et sols).
- > Le chiffrage ne comprend pas les prestations suivantes :
  - Un éventuel surcout lié à la présence d'amiante

## Remplacement des menuiseries extérieures

### Problématique traitée et points de vigilance

- > Réduction des déperditions par l'enveloppe et diminution des consommations de chauffage.
- > Amélioration du confort thermique par suppression de l'effet de parois froides.
- > Amélioration de l'étanchéité à l'air.

### Mise en œuvre proposée

- > Le remplacement des menuiseries est réalisé en dépose totale, en changeant la menuiserie complète.
- > Dépose des menuiseries existantes.
- > Le remplacement des surfaces vitrées existantes est réalisé avec des menuiseries avec un **double-vitrage peu émissif avec remplissage argon**, respectant une **performance thermique de  $U_w = 1,30 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$** .
- > Remplacement des portes en bois pleines. Les nouvelles portes devront respecter une **performance thermique de  $U_w = 2,00 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$**

### Remarque

- > Il est impératif de réaliser une parfaite étanchéité à l'air en périphérie de la fenêtre afin de ne pas altérer le confort des occupants.
- > La réalisation conjointe du remplacement des menuiseries avec la pose de l'isolation des murs permet de limiter les ponts thermiques au niveau des cadres de menuiserie et améliore l'étanchéité à l'air.
- > Le remplacement des menuiseries rend indispensable de rénover le système de ventilation du bâtiment car les nouvelles fenêtres seront étanches à l'air. Si la ventilation ne peut pas être modifiée, il sera nécessaire de prévoir des entrées d'air intégrées aux menuiseries afin d'assurer un renouvellement d'air naturel.
- > Une reprise des revêtements intérieurs sera nécessaire

### Chiffrage

- > Le chiffrage comprend les prestations suivantes :
  - La dépose des menuiseries actuelles
  - La mise en place de menuiseries performantes
- > Le chiffrage ne comprend pas les prestations suivantes :
  - La protection et les moyens d'accès
  - Un éventuel surcoût lié à la présence d'amiante

## Reprise de l'isolation des toitures-terrasses

### Problématique traitée et points de vigilance

- > Diminution des déperditions par l'enveloppe, diminution des consommations de chauffage.
- > Mise en conformité vis-à-vis de la réglementation thermique dans l'existant.
- > Amélioration du confort thermique.
- > L'isolation des toitures-terrasses est l'occasion de rénover l'étanchéité de la toiture.

### Mise en œuvre proposée

- > Dépose de l'étanchéité actuelle.
- > Mise en place de panneaux isolants rigides. **L'isolant possède un  $R=7,00 \text{ m}^2.K/W$ .**
- > Mise en place d'une étanchéité de type bitume avec couverture graviers.
- > Réhausse des acrotères par des profilés métalliques.
- > Réalisation des étanchéités des relevés et des couvertines.
- > Dépose et repose des équipements présents en toiture.

### Mise en œuvre proposée

- > Une étude de structure devra être réalisée.
- > Une hauteur d'acrotère minimum de 15 cm devra être conservée après l'ajout de la nouvelle isolation (DTU 43.1).
- > Afin d'améliorer le confort estival, la végétalisation de la toiture peut être envisagée sur les terrasses. Cette solution permettra une meilleure gestion des eaux pluviales et donnera une nouvelle identité architecturale au collège.

### Chiffrage

- > Le chiffrage comprend les prestations suivantes :
  - La dépose et repose des équipements en toiture
  - La dépose de l'étanchéité actuelle
  - L'isolation de la toiture
  - La mise en place d'une nouvelle étanchéité
  - La rehausse des acrotères
- > Le chiffrage ne comprend pas les prestations suivantes :
  - L'étude de structure
  - La mise en place de garde-corps

### 5.1.3 Interventions sur les systèmes

#### Mise en place de robinets thermostatiques

##### Problématiques traitées et points de vigilance :

- > Tous les radiateurs sont équipés de robinets manuels.
- > Ces robinets ne permettent pas de prendre en compte les apports extérieurs de chaleur dans la régulation.
- > Amélioration de la régulation de chauffage et diminution des consommations de chauffage.

##### Mise en œuvre proposée :

- > Les robinets thermostatiques devront avoir une variation temporelle de 0,20 K.
- > Mise en place de vannes de décharge automatique (ou soupape différentielle) en tête de distribution, ainsi qu'un filtre sur le réseau pour préserver le siège des robinets.
- > Les robinets thermostatiques préconisés sont équipés d'une plage de réglage diminuée, afin de réduire l'impact des occupants sur la régulation.
- > Les robinets installés sont équipés de bague antivol avec blocage de la plage de réglage.

##### Remarque :

- > Une attention particulière doit être portée au sens de montage des robinets thermostatiques, afin d'éviter les coups de bélier.
- > Pour garantir une bonne prise en compte de la température ambiante, les têtes thermostatiques ne doivent pas être placées derrière les rideaux.

##### Chiffrage :

- > Le chiffrage comprend les prestations suivantes :
  - Dépose des robinets manuels.
  - Mise en place de robinets thermostatiques avec bague antivol

## Mise en place d'une ventilation simple flux

### Problématiques traitées et points de vigilance :

- > Le site est éventuellement ventilé de manière naturelle.
- > Les débits de ventilation sont insuffisants.
- > Amélioration de la qualité de l'air intérieur.

### Mise en œuvre proposée :

- > Dépose des centrales de ventilation et des réseaux existants.
- > Mise en place de deux VMC simple flux. Un caisson pour les bureaux et un autre pour les sanitaires.
- > Création d'un réseau aéraulique pour l'air extrait et raccordement aux caissons.
- > Mise en place de pièges à son.
- > Mise en place de bouches d'extraction au niveau du plafond.
- > Mise en place de registres d'équilibrage par pièce pilotée par les équipements de régulation.
- > Pose des éléments de pilotage et de contrôle (sondes CO2, détecteur de présence, horloge...) dans les pièces.
- > Mise en place d'une programmation horaire adaptée au fonctionnement du site et modulation des débits en fonction du taux d'occupation des locaux via les sondes CO2.
- > Réalisation et mesure de l'équilibrage de l'installation de renouvellement d'air.

### Remarque :

- > L'intervention pourra être couplée à l'amélioration du système d'éclairage, qui nécessite également la dépose du faux plafond.
- > Les débits de renouvellement d'air à respecter sont précisés dans la réglementation sanitaire départementale.
- > Une augmentation des consommations électriques est à prévoir en raison de l'ajout des caissons de ventilation et/ou en raison de l'augmentation du débit de renouvellement d'air.
- > Il sera nécessaire de prévoir un contrat de maintenance pour l'entretien des VMC.
- > Une étude de structure devra valider la faisabilité du placement des équipements.

### Chiffrage :

- > Le chiffrage comprend les prestations suivantes :
  - La mise en place d'un extracteur simple flux pour les bureaux et d'un autre pour les sanitaires
  - La mise en place de bouches d'extraction
  - La mise en place de détecteur de présence dans les bureaux
  - La mise en place d'une horloge.
- > Le chiffrage ne comprend pas les prestations suivantes :
  - Etude de faisabilité, de structure, etc.
  - Une éventuelle mise en conformité de l'armoire électrique

## Mise en place d'une ventilation double flux avec récupération de chaleur

### Problématiques traitées et points de vigilance :

- > Le site est ventilé majoritairement de manière naturelle.
- > Les débits de ventilation sont insuffisants.
- > Le mode de renouvellement d'air actuel ne permet pas de valoriser les calories de l'air extrait.
- > Amélioration de la qualité de l'air intérieur.

### Mise en œuvre proposée :

- > Mise en place de CTA double flux avec échangeur thermique.
- > La mise en place d'un extracteur simple flux pour les sanitaires
- > Le rendement des échangeurs est **attendu supérieur à 80 %**.
- > Création des réseaux aérauliques et raccordement aux CTA. Pour une ventilation double flux, deux réseaux sont nécessaires : un pour le soufflage et un pour l'extraction.
- > Mise en place de pièges à son.
- > Mise en place de bouches d'extraction et de reprise au niveau du plafond.
- > Le débit de renouvellement d'air à respecter sont de **25 m<sup>3</sup>/h par occupant**.
- > Mise en place de registres d'équilibrage par bureau pilotés par les équipements de régulation.
- > Pose des éléments de pilotage et de contrôle (sondes CO<sub>2</sub>, détecteur de présence, horloge, ...) dans les pièces.
- > Mise en place d'une programmation horaire adaptée au fonctionnement du site et modulation des débits en fonction du taux d'occupation des locaux via les éléments de pilotage.
- > Réalisation et mesure de l'équilibrage de l'installation de renouvellement d'air.

### Remarque :

- > L'intervention pourra être couplée à l'amélioration du système d'éclairage, qui nécessite également la dépose du faux-plafond.
- > Les débits de renouvellement d'air à respecter sont précisés dans la réglementation sanitaire départementale.
- > Une augmentation des consommations électriques est à prévoir en raison de l'ajout des caissons de ventilation.
- > Il sera nécessaire de prévoir un contrat de maintenance pour l'entretien des VMC, notamment pour le remplacement des filtres et le nettoyage des échangeurs.
- > Une étude de structure devra valider la faisabilité du placement des équipements.

### Chiffrage :

- > Le chiffrage comprend les prestations suivantes :
  - La mise en place d'un CTA double flux
  - La mise en place d'un caisson d'extraction simple flux pour les sanitaires.
  - La création d'un réseau aéraulique (extraction et soufflage)
  - La mise en place de bouches d'extraction et de soufflage.
  - La mise en place de sondes CO<sub>2</sub> dans les locaux.
  - La mise en place d'une horloge.
- > Le chiffrage ne comprend pas les prestations suivantes :
  - Un éventuel surcout lié à la présence d'amiante.
  - Etude de faisabilité, de structure, etc.
  - Une éventuelle mise en conformité de l'armoire électrique

## Amélioration de la performance du système d'éclairage

### Problématique traitée et points de vigilance

- > L'éclairage du bâtiment est assuré par des éclairages d'ancienne technologie qui absorbent une grande puissance électrique et est consommatrice.
- > L'éclairage de certains locaux à usage intermittent (circulations) est géré par des interrupteurs manuels, ce qui peut entraîner des surconsommations.
- > Réduction des puissances absorbées et des temps d'allumage, diminution des consommations de l'éclairage.

### Mise en œuvre proposée

- > Remplacement des luminaires existants par des pavés LED avec plaque diffusante.
- > Pilotage de l'éclairage par un interrupteur dans pièces occupées de manière continue, avec mise en place d'une gradation en fonction des apports de lumière naturelle.
- > Pilotage de l'éclairage par détection de présence dans les circulations, sanitaires.
- > Les détecteurs de présence dans les circulations posséderont une couverture rectangulaire. Il faut faire attention à ne pas mettre ces détecteurs dans les coins mais plutôt au milieu de la circulation

### Remarques

- > Une attention particulière doit être portée sur le réglage des seuils de détection, des temporisations et sur le placement des détecteurs.
- > Cette intervention pourra être couplée à la mise en œuvre d'un système de ventilation mécanique pour profiter de la dépose du faux-plafond, qui facilitera la mise en œuvre.
- > La mise en place de LED améliore le confort thermique d'été puisque la LED dissipe très peu de chaleur.

### Chiffrage:

- > Le chiffrage comprend les prestations suivantes :
  - Pose de détecteurs de présence dans les sanitaires, circulations et stockages
  - Mise en place d'un faux-plafond.
  - Remplacement des luminaires existants par des technologies LED
  - Mise en place de gradateurs dans les bureaux.



## Mise en place d'une pompe à chaleur air/eau

### Problématique traitée et points de vigilance

- > Diminution des émissions de gaz à effet de serre
- > Réduction des risques incendie : suppression du gaz naturel
- > Diminution de la consommation d'énergie finale
- > Cette solution ne peut intervenir qu'après l'isolation complète du bâtiment (parois et fenêtres) afin de minimiser les consommations
- > La chaufferie actuelle n'est pas fonctionnelle.

### Mise en œuvre proposée

- > Déterminer la puissance chaude nécessaire au bâtiment ainsi que les températures d'eau chaude nécessaire
- > Dépose des chaudières existantes et de leur réseau gaz
- > Condamnation du conduit de fumées.
- > Réutilisation éventuelle du massif béton de la chaudière
- > Carottage du mur extérieur pour l'amenée et le rejet d'air
- > Branchement de la PAC sur la distribution hydraulique
- > Équilibrage, tests de bon fonctionnement
- > Rénovation complète de la chaufferie :
  - Mise en conformité
  - Calorifugeage des réseaux
  - Mise en place de pompe à débit variable

### Remarques

- > Monitorer l'installation pour suivre la performance : le fonctionnement de la PAC devra être reporté sur une GTC capable de transmettre des alertes.
- > Prendre en compte les dimensions, le poids et le bruit des installations
- > L'entretien de la PAC est indispensable (échangeur externe, filtres internes...), ainsi que le contrôle d'étanchéité obligatoire pour les circuits dont la quantité est supérieure à 2 kg de fluide frigorigène (article R543-75 à R543-123 du code de l'Environnement).
- > L'estimation de prix du scénario 3 ne comprend pas les travaux électriques : amenée de câbles de puissance, réalisation d'une armoire spécifique, travaux de courants faibles.
- > Selon la puissance de la PAC, une augmentation de l'abonnement électrique du collège est à envisager.
- > La production de froid pour le rafraîchissement du réfectoire et/ou de la partie cuisine en période chaude n'est pas envisagée dans cette étude

## Raccordement de la chaufferie à un réseau de chaleur

### Problématique traitée et points de vigilance

- > Un réseau de chaleur passe à proximité du site.
- > Le développement des réseaux de chaleur urbain entraîne la centralisation de la production de chaleur et l'utilisation de systèmes performants, entretenus et surveillés, mais aussi la mobilisation de gisements d'énergie renouvelable plus difficile à exploiter à l'échelle du site : géothermie, bois, incinération.
- > La chaufferie actuelle n'est pas fonctionnelle.

### Mise en œuvre proposée

- > Cette solution prend en compte le raccordement du site par le concessionnaire du réseau de chaleur
- > Vidange des réseaux.
- > Dépose de la chaudière actuelle afin de placer un échangeur.
- > Le dimensionnement de la puissance à installer a été fait à partir du calcul des déperditions et de la réglementation chaufferie (arrêté du 23 juin 1978 et CCTG Marchés Publics Brochure 2015). Une surpuissance de relance de 15 % a été appliquée.
- > Mise en place d'un échangeur d'une puissance.
- > Raccordement de l'échangeur au réseau de distribution.
- > Mise en place d'une armoire électrique permettant la régulation du primaire.
- > Rénovation complète de la chaufferie :
  - Mise en conformité
  - Calorifugeage des réseaux
  - Mise en place de pompe à débit variable

### Remarques

- > Dans la majorité des cas, le coût de raccordement est à la charge du concessionnaire, afin d'inciter les grands sites au raccordement.
- > Les réels coûts de l'utilisateur seront la mise en conformité de la chaufferie, l'éventuelle création du réseau inter bâtiments et la mise en place d'un échangeur.
- > La puissance de l'échangeur devra être revue à la baisse si la performance du bâti est améliorée.
- > Un nouveau contrat d'exploitation est à prévoir, en réduisant fortement les coûts du contrat P2.

### Chiffrage

- > Le chiffrage comprend les prestations suivantes :
  - Raccordement au réseau de chaleur, création du réseau primaire enterré
  - Mise en place d'un échangeur thermique
  - Mise en place d'un régulateur
- > Le chiffrage ne comprend pas les prestations suivantes :
  - Mise en conformité du local chaufferie

## Mise en place d'une installation solaire photovoltaïque

### Problématique traitée et points de vigilance

- > L'ensemble ou une partie de la toiture présente un potentiel intéressant pour la mise en place d'une installation solaire photovoltaïque.
- > Valorisation d'une énergie renouvelable.

### Mise en œuvre proposée

- > Mise en place de panneaux photovoltaïques polycristallins.
- > Mise en place d'un local ventilé permettant d'accueillir les onduleurs.
- > Raccordement au réseau de distribution électrique.

### Remarques

- > La faisabilité de cette intervention pourrait être compromise si le bâtiment est classé ou situé à proximité d'un bâtiment classé.
- > Le site n'étant pas utilisé en été, il n'est pas possible de consommer localement l'électricité produite. Il est donc préconisé de raccorder l'installation au réseau de distribution pour une revente totale.
- > Si le site est utilisé en été, il est envisageable de créer une installation en autoconsommation. Dans ce cas, il n'est pas nécessaire de raccorder l'installation au réseau de distribution électrique.
- > Les prix de rachat sont fixés chaque trimestre par la CRE (Commission de Régulation de l'Énergie), suivant l'arrêté du 4 mars 2011. Le coût de rachat du kWh est de 12,07 c €<sup>TTC</sup> pour une puissance comprise entre 9 et 36 kWc.
- > Une attention particulière devra être portée à l'espace entre les panneaux.
- > Un surcoût de maintenance est à prévoir.

### Chiffrage

- > Le chiffrage comprend les prestations suivantes :
  - Fourniture et pose des panneaux photovoltaïques et d'un onduleur
  - Création d'un local dédié à l'accueil de l'onduleur
  - Raccordement au réseau de distribution
- > Le chiffrage ne comprend pas les prestations suivantes :
  - Sans objet

## 6 SCENARIOS DE PERFORMANCE ENERGETIQUE

### 6.1 Scénario 1 : « Rénovation énergétique »

#### 6.1.1 Synthèse

Type d'action	Dénomination	Coût
Action de pilotage	Mise en place d'un plan de comptage énergétique	2 500 €HT
Action de pilotage	Mise en place d'une coupure de bureautique	375 €HT
Action de pilotage	Optimisation de la régulation	1 500 €HT
Travaux sur le bâti	Remplacement des menuiseries extérieures	37 032 €HT
Travaux sur le bâti	Isolation thermique par l'intérieur	20 538 €HT
Travaux sur le bâti	Isolation de la toiture-terrasse	26 741 €HT
Travaux sur les systèmes	Mise en place de robinets thermostatiques	2 500 €HT
Travaux sur les systèmes	Optimisation des performances de l'éclairage	24 367 €HT
Travaux sur les systèmes	Mise en place d'une ventilation simple flux	21 200 €HT
ENR	Raccordement au réseau de chaleur	250 000 €HT
Coût des travaux		386 753 €HT

Evolution des consommations d'énergie finale - Résultat selon la méthode réelle			Ecart
Evolution de la consommation en énergie finale (kWh)	133 827	►	21 066
			84%

Evolution des consommations d'énergie primaire - Résultat selon la méthode réelle					Ecart
Evolution de la classe énergie (kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> <sub>SHON</sub> )	527	G	►	121	C
					77%
Evolution de la classe climat (kg <sub>CO2</sub> /m <sup>2</sup> <sub>SHON</sub> )	132	G	►	11	C
					92%

### 6.1.1 Données détaillées des performances du scénario

Performance environnementale	
Economie annuelle d'énergie primaire	77% soit 116 566 kWh EP/PCI
Economie annuelle d'énergie finale	84% soit 112 761 kWh EF/PCI
Emissions de CO <sub>2</sub> évitées	92% soit 35 Tonnes
Performance économique	
Impact sur les coûts énergétiques la première année (P1)	-10 183 €TTC
Impact sur la maintenance (P2)	2 605 €TTC
Impact sur les coûts de renouvellement des équipements (P3)	195 €TTC
CEE Mobilisables	1 544 137 kWh <sub>CUMAC</sub>
Valorisation CEE	12 106 €
Temps de retour sur investissement actualisé	29 années
Efficience	
Coût du kWh économisé	3.3 €HT investi/kWhEP
Coût de la tonne de CO <sub>2</sub> évité	11 189 €HT investi/tCO <sub>2</sub>
Dépenses annuelles	
Dépenses énergétiques	2 748 €TTC
Dépenses de maintenance	3 128 €TTC
Dépenses de renouvellement	361 €TTC

## 6.1.2 Analyse en coût global

Performance environnementale	
Economie annuelle d'énergie primaire sur 30 ans	3 496 981 kWh EP/PCI
Economie annuelle d'énergie finale sur 30 ans	3 382 828 kWh EF/PCI
Emissions de CO2 évitées sur 30 ans	1 037 Tonnes
Performance économique	
Dépenses énergétiques sur 30 ans	163 029 €TTC
Dépenses de maintenance sur 30 ans (P2)	132 542 €TTC
Dépenses de renouvellement des équipements sur 30 ans (P3)	15 315 €TTC
Coût global (avec investissements)	697 638 €TTC

## 6.2 Scénario 2 : « Optimum énergétique »

### 6.2.1 Synthèse

Type d'action	Dénomination	Coût
Action de pilotage	Mise en place d'un plan de comptage énergétique	2 500 €HT
Action de pilotage	Mise en place d'une coupure de bureautique	375 €HT
Action de pilotage	Optimisation de la régulation	1 500 €HT
Travaux sur le bâti	Remplacement des menuiseries extérieures	37 032 €HT
Travaux sur le bâti	Isolation thermique par l'intérieur	20 538 €HT
Travaux sur le bâti	Isolation de la toiture-terrasse	26 741 €HT
Travaux sur les systèmes	Mise en place de robinets thermostatiques	2 500 €HT
Travaux sur les systèmes	Optimisation des performances de l'éclairage	24 367 €HT
ENR	Mise en place d'une ventilation double flux avec récupération de chaleur	40 113 €HT
ENR	Raccordement au réseau de chaleur	250 000 €HT
ENR	Mise en place de panneaux photovoltaïques	15 370 €HT
Coût des travaux		421 035 €HT

Evolution des consommations d'énergie finale - Résultat selon la méthode réelle			Ecart
Evolution de la consommation en énergie finale (kWh)	133 827	►	14 536
			89%

Evolution des consommations d'énergie primaire - Résultat selon la méthode réelle					Ecart
Evolution de la classe énergie (kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> <sub>SHON</sub> )	527	<b>G</b>	►	71	<b>B</b>
					87%
Evolution de la classe climat (kg <sub>CO2</sub> /m <sup>2</sup> <sub>SHON</sub> )	132	<b>G</b>	►	9	<b>B</b>
					94%

## 6.2.2 Données détaillées des performances du scénario

Performance environnementale	
Economie annuelle d'énergie primaire	87% soit 130 932 kWh EP/PCI
Economie annuelle d'énergie finale	89% soit 119 291 kWh EF/PCI
Emissions de CO <sub>2</sub> évitées	94% soit 35 Tonnes
Performance économique	
Impact sur les coûts énergétiques la première année (P1)	-11 383 €TTC
Impact sur la maintenance (P2)	3 550 €TTC
Impact sur les coûts de renouvellement des équipements (P3)	847 €TTC
CEE Mobilisables	1 513 463 kWh <sub>CUMAC</sub>
CEE Mobilisables	11 866 €
Temps de retour sur investissement actualisé	31 années
Efficience	
Coût du kWh économisé	3.2 €HT investi/kWhEP
Coût de la tonne de CO <sub>2</sub> évité	11 930 €HT investi/tCO <sub>2</sub>
Dépenses annuelles	
Dépenses énergétiques	1 548 €TTC
Dépenses de maintenance	4 073 €TTC
Dépenses de renouvellement	1013 €TTC

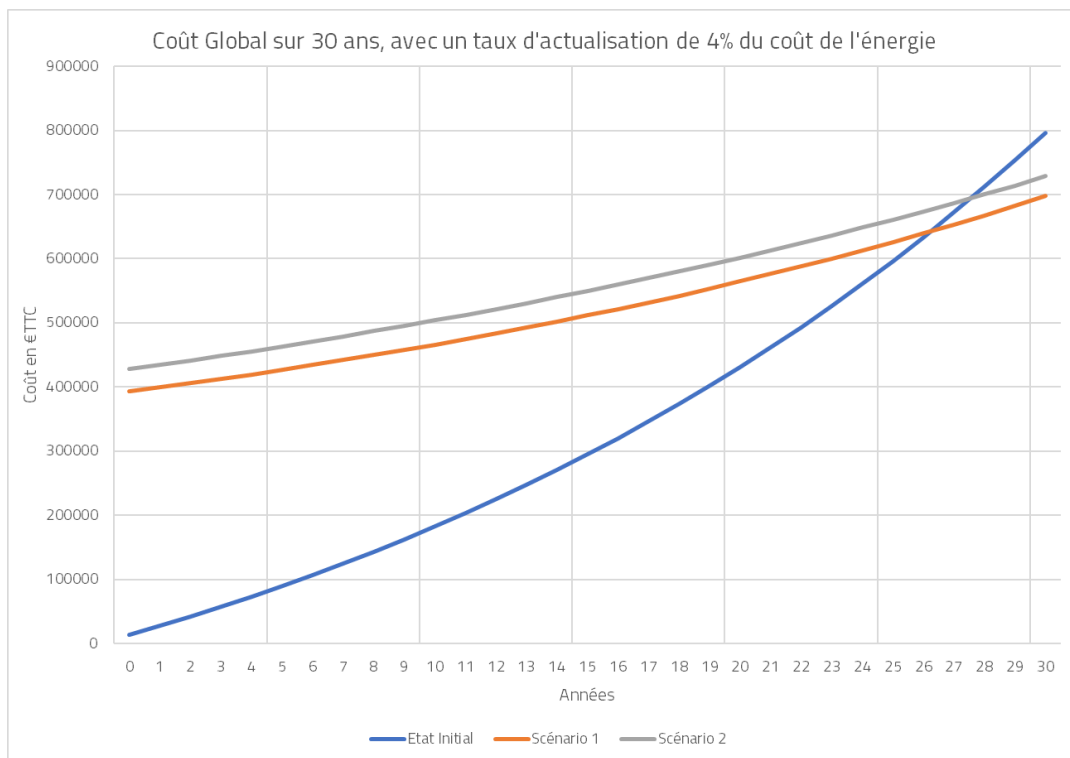


### 6.2.3 Analyse en coût global

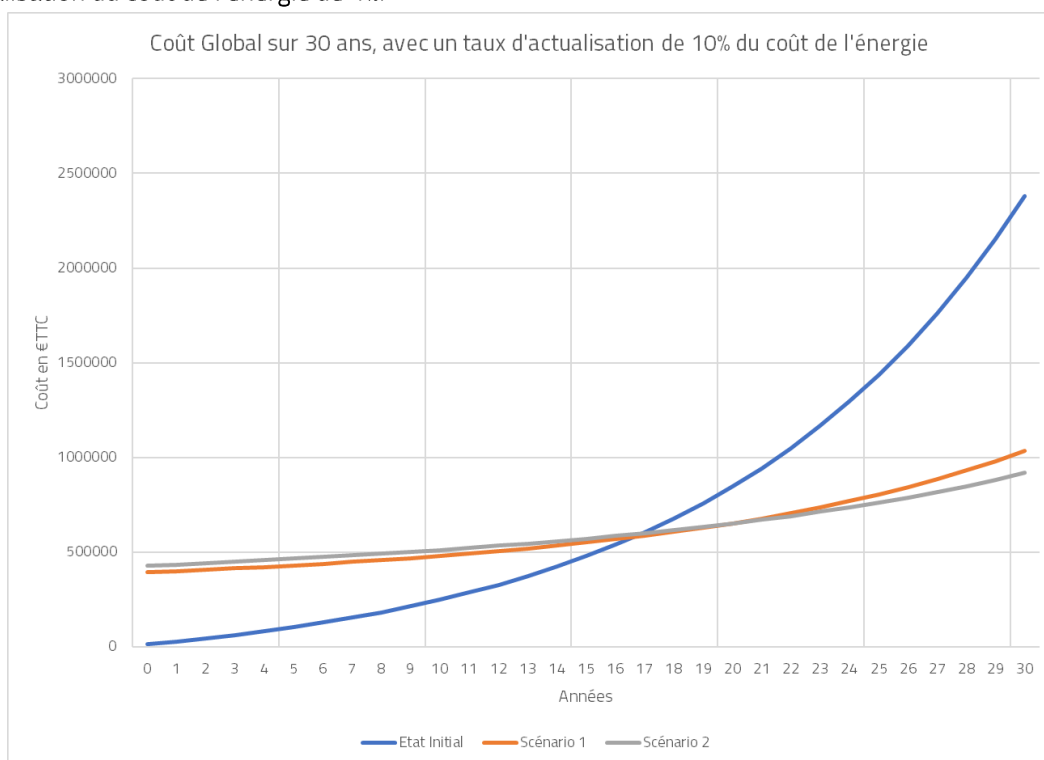
Performance environnementale	
Economie annuelle d'énergie primaire sur 30 ans	3 927 975 kWh EP/PCI
Economie annuelle d'énergie finale sur 30 ans	3 578 729 kWh EF/PCI
Emissions de CO2 évitées sur 30 ans	1 059 Tonnes
Performance économique	
Dépenses énergétiques sur 30 ans	91 865 €TTC
Dépenses de maintenance sur 30 ans (P2)	172 590 €TTC
Dépenses de renouvellement des équipements sur 30 ans (P3)	42 944 €TTC
Coût global (avec investissements)	728 435 €TTC

### 6.3 Analyse et comparatif des scénarios

Désignation	Unité	Etat initial	Scénario 1	Scénario 2
<b>Investissements</b>	€HT	0	386 753	421 035
Economie annuelle d'énergie primaire	%	0	77%	87%
Economie annuelle d'énergie finale	%	0	84%	89%
Emissions de CO <sub>2</sub> évitées	%	0	92%	94%
Impact sur les coûts énergétiques la première année (P1)	€TTC	0	-10 183	-11 383
Impact sur la maintenance (P2)	€TTC	0	2 605	3 550
Impact sur les coûts de renouvellement des équipements (P3)	€TTC	0	195	847
<b>CEE Mobilisables</b>	kWh CUMAC	0	1 544 137	1 513 463
<b>Valorisation CEE</b>	€	0	12 106	11 866
Temps de retour sur investissement actualisé	Années	0	29	31
Dépenses annuelles énergétiques	€TTC	12 931	2 748	1 548
Dépenses annuelles de maintenance	€TTC	523	3 128	4 073
Dépenses annuelles de renouvellement	€TTC	167	361	1 013
Dépenses énergétiques sur 30 ans (Actualisation des coûts d'énergie de 4%)	€TTC	767 194	163 029	91 865
Dépenses de maintenance sur 30 ans (P2)	€TTC	22 143	132 542	172 590
Dépenses de renouvellement des équipements sur 30 ans (P3)	€TTC	7 063	15 315	42 944
<b>Coût global (avec investissements)</b>	€TTC	796 401	697 638	728 435



On remarque que les scénarios ont un retour sur investissement avoisinant les 30 ans sur la base d'une actualisation du coût de l'énergie de 4%.



Avec un taux d'actualisation de 10% les scénarios sont amortis avant 20 ans. Il est néanmoins à noter que cette hypothèse semble moins probable que celle d'une actualisation de 4%.

## 7 ANNEXES

### 7.1 Débits réglementaires

Les paramètres ci-dessous sont issus de la réglementation sanitaire départementale (circulaire du 20 janvier 1983).

DESTINATION DES LOCAUX (air à 1,2 kg/m <sup>3</sup> )	Débit minimal d'air neuf en mètres cubes/heure et par occupant	
	Locaux avec interdiction de fumer	sans
Locaux d'enseignement : - classes, salles d'études, laboratoire (à l'exclusion de ceux à pollution spécifique) : - Maternelles, primaires et secondaire du 1 <sup>er</sup> cycle - Secondaires du 2 <sup>e</sup> cycle et universitaires - Ateliers	15 18 18	" 25 25
Locaux d'hébergement : - chambres collectives (plus de trois personnes <sup>(1)</sup> , dortoirs, cellules, salles de repos)	18	25
Bureaux et locaux assimilés : - locaux d'accueil, bibliothèques, bureaux de postes, banques	18	25
Locaux de réunions : - tels que salles de réunions, de spectacles, de culte, clubs, foyers	18	30
Locaux de vente : - tels que boutiques, supermarchés	22	30
Locaux de restauration : - cafés, bars, restaurants, cantines, salles à manger	22	30
Locaux à usage sportif : - par sportif : - dans une piscine - dans les autres locaux - par spectateur	22 25 18	" 30 30

<sup>(1)</sup> Pour les chambres de moins de trois personnes, le débit minimal à prévoir est de 30 m<sup>3</sup>/h par local.

DESTINATION DES LOCAUX	Débit minimal d'air neuf en m <sup>3</sup> /heure
<i>Pièces à usage individuel</i>	
Salle de bains ou de douches	15 par local
Salle de bains ou de douches commune avec cabinets d'aisances	15 par local
Cabinets d'aisances	15
<i>Pièces à usage collectif</i>	
Cabinets d'aisances isolés	30
Salle de bains ou de douches isolées	45
Salle de bains ou de douches communes avec cabinets d'aisances	60
Bains, douches et cabinets d'aisances groupés	30+15 N*
Lavabos groupés	10+5 N*
Salle de lavage, séchage et repassage du linge	5 par m <sup>2</sup> de surface de local <sup>(1)</sup>
<i>Cuisines collectives</i>	
Office relais	15/repas
Moins de 150 repas servis simultanément	25/repas
De 151 à 500 repas servis simultanément <sup>(2)</sup>	20/repas
De 501 à 1.500 repas servis simultanément <sup>(3)</sup>	15/repas
Plus de 1.500 repas servis simultanément <sup>(4)</sup>	10/repas

N\* : Nombre d'équipement dans le local.

<sup>(1)</sup> Compte tenu des contraintes techniques, les débits retenus seront de préférence arrondis au multiple supérieur de 15.

<sup>(2)</sup> Avec un minimum de 3.750 mètres cubes/heure.

<sup>(3)</sup> Avec un minimum de 10.000 mètres cubes/heure.

<sup>(4)</sup> Avec un minimum de 22.500 mètres cubes/heure.

## 7.2 Grandeurs utiles au diagnostic

### 7.2.1 Conversion des unités énergétiques

L'ensemble des unités énergétiques sont ramenées en kWh<sub>EF</sub> dans l'étude afin de pouvoir les comparer :

Énergie	Unité d'origine	Facteur de conversion en kWh <sub>EF</sub>
Bois, Biomasse	1 T	3 000 à 5 000 (selon type : granulé, pellet...)
Electricité	1 kWh	1
Gaz naturel	1 kWh <sub>PCS</sub>	0,9
Gaz propane	1 kg	12,8
Fioul domestique	1 litre	9,97
Réseau de chaleur	1 kWh	1

### 7.2.2 Émissions de CO<sub>2</sub>

Les facteurs de conversion des émissions de gaz à effet de serre suivant l'arrêté du 27 octobre 2014 modifiant l'annexe 4 de l'arrêté du 15 septembre 2006 sont présentés dans le tableau suivant :

Énergie	Conversion [kg <sub>CO2</sub> /kWh <sub>EF</sub> ]
Bois, biomasse	0,013
Gaz naturel	0,234
Fioul domestique	0,300
Gaz propane ou butane	0,274
Charbon	0,342
Électricité ( <i>chauffage</i> )	0,180
Électricité ( <i>ECS, refroidissement</i> )	0,040
Électricité ( <i>valeur moyenne</i> ) autres usages	0,084
Réseau de chaleur	Selon le réseau (0,342 si non référencé)

En ce qui concerne les réseaux de chaleur, l'arrêté du 27 octobre 2014 modifiant l'arrêté du 15 septembre 2006 donne les valeurs à prendre en compte.

### 7.2.3 DJU

La définition des DJU (degrés jours unifiés) donnée par le COSTIC est la suivante : « Pour un lieu donné, le Degré Jour est une valeur qui représente l'écart entre la température d'une journée donnée et un seuil de température préétabli. »

Les DJU interviennent lors de l'analyse des consommations énergétiques afin de s'affranchir de la rigueur climatique. Ainsi, une consommation de chauffage corrigée de la rigueur climatique est obtenue en divisant cette consommation par son DJU respectif, puis en multipliant le tout par le DJU décennal (qui correspond à la moyenne des DJU sur 10 années pour un lieu donné).

## 7.2.4 Lexique de quelques abréviations

BBC	Bâtiments Basse Consommation
DF	Double Flux
DV	Double Vitrage
EF, EP	Energie Finale, Energie Primaire (kWh)
ECS	Eau Chaude Sanitaire
EnR	Energies Renouvelables
DJU	Degrés Jours Unifiés
GTB/GTC	Gestion Technique de Bâtiment/ Gestion Technique Centralisée
K	Degrés Kelvin
LBC	Lampe Basse Consommation
PCI, PCS	Pouvoir Calorifique Inférieur, Pouvoir Calorifique Supérieur
PSE	Polystyrène expansé
R	Résistance thermique des matériaux ( $m^2.K/W$ )
RT	Réglementation Thermique
SF	Simple Flux
SV	Simple Vitrage
RDC	Rez-de-chaussée
U	Coefficient de transmission surfacique global de la paroi ( $W/m^2.K$ )
V3V	Vanne 3 Voies
VMC	Ventilation Mécanique Contrôlée

## 7.2.5 Facteur de conversion énergie finale / énergie primaire

L'énergie finale correspond à l'énergie payée au compteur d'énergie du site. L'énergie primaire représente l'énergie nécessaire à la fourniture de cette énergie finale. Le facteur de conversion entre ces deux énergies représente les pertes lors du transport, l'énergie nécessaire à l'extraction ou à la transformation de celle-ci, ou à la production (dans le cas de l'électricité par exemple).

Ces facteurs sont réglementés par type d'énergie. En France, les facteurs de conversion utilisés dans la réglementation thermique dans l'existant sont les suivants :

Énergie	Conversion kWh <sub>EF</sub> / kWh <sub>EP</sub> <sup>1</sup>
Bois, biomasse	0,60
Gaz naturel	1,00
Gaz propane	1,00
Electricité	2,58
Fioul	1,00

<sup>1</sup> Ces coefficients ne sont pas valables pour les DPE, ni pour les bâtiments neufs. En effet, dans les deux cas précédents, le coefficient de conversion pour le bois est de 1,00.

## 7.3 Réglementation thermique

La réglementation thermique des bâtiments existants s'applique aux bâtiments résidentiels et tertiaires existants, à l'occasion de travaux de rénovation prévus par le maître d'ouvrage.

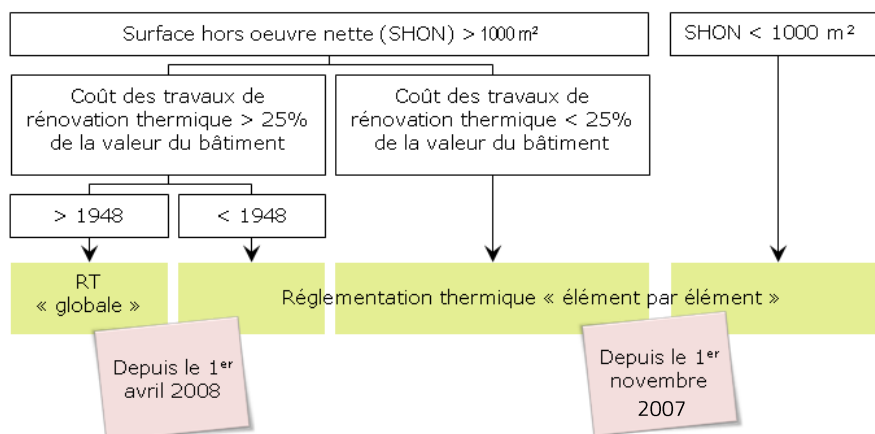
Elle repose sur les articles L. 111-10 et R.131-25 à R.131-28 du Code de la construction et de l'habitation ainsi que sur leurs arrêtés d'application.

L'objectif général de cette réglementation est de fixer de pré-requis et des garde-fous sur la performance énergétique d'un bâtiment lorsqu'un maître d'ouvrage entreprend telle amélioration. L'objectif global étant d'apporter une amélioration significative de la performance des bâtiments.

Les mesures réglementaires sont différentes (et les contraintes associées également) selon l'importance des travaux entrepris par le maître d'ouvrage :

- **RT globale :** Pour les rénovations très lourdes de bâtiments de plus de 1 000 m<sup>2</sup>, achevés après 1948, la réglementation définit un objectif de performance globale pour le bâtiment rénové. Ces bâtiments doivent aussi faire l'objet d'une étude de faisabilité des approvisionnements en énergie préalablement au dépôt de la demande de permis de construire. Ce premier volet de la RT est applicable pour les permis de construire déposés après le 31 mars 2008.
- **RT éléments par éléments :** Pour tous les autres cas de rénovation, la réglementation définit une performance minimale pour l'élément remplacé ou installé. Ce second volet de la RT est applicable pour les marchés ou les devis acceptés à partir du 1<sup>er</sup> novembre 2007.

Note : Le coût conventionnel des bâtiments à usage principal d'habitation est de 1 299 €/m<sup>2</sup><sub>SHON</sub> (valeur pour le 1<sup>er</sup> semestre 2016<sup>1</sup>).



<sup>1</sup> Source : Fiche d'application du calcul de la valeur d'un bâtiment version 1.5, mis à jour le 8 février 2016.



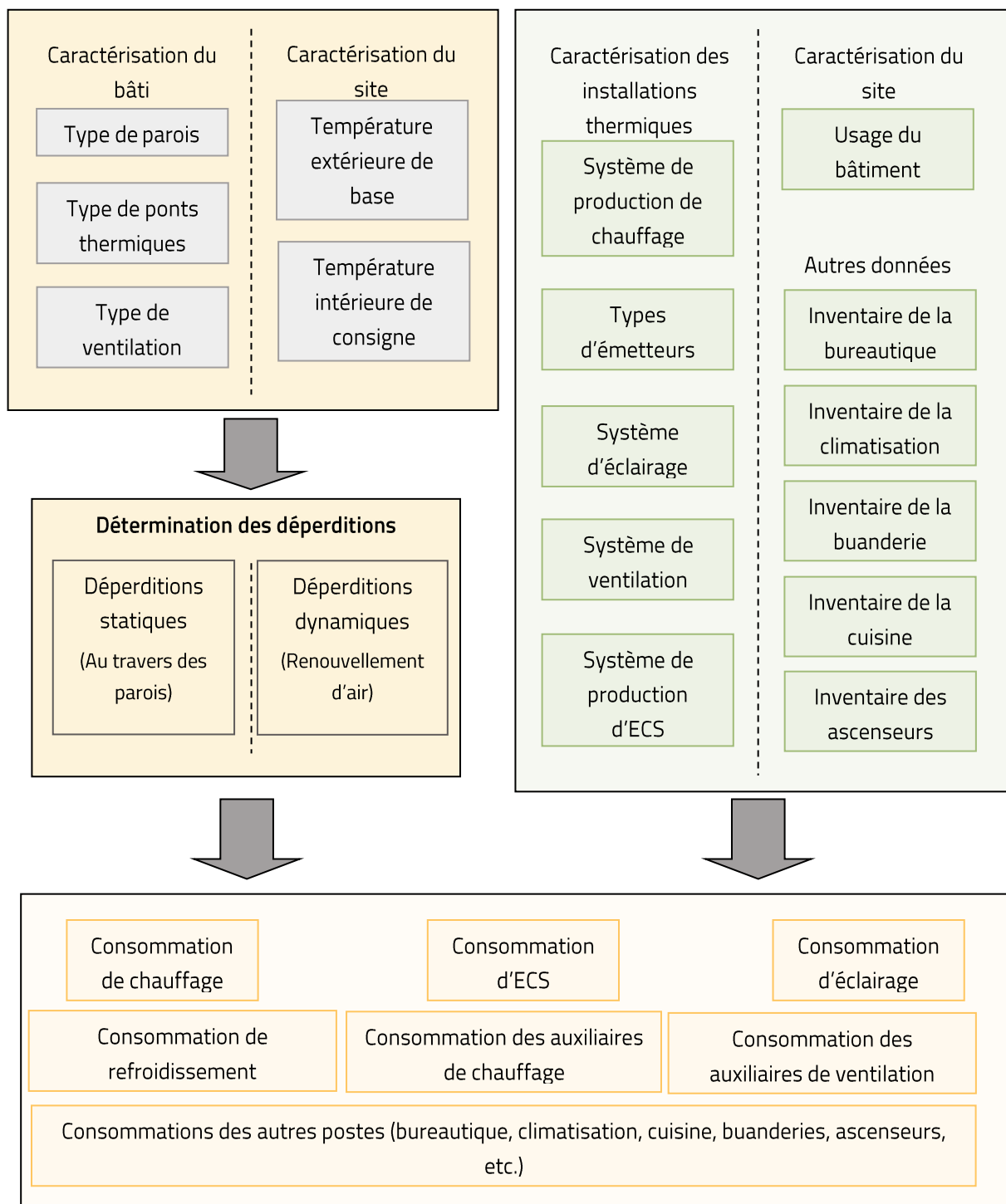
## 7.4 Méthode de calcul pour la méthode réelle

Cette méthode vise à modéliser de la manière la plus proche possible de la réalité les consommations énergétiques en prenant en compte **tous les usages consommateurs d'énergie**. Pour cela, les consommations issues de la simulation, appelées « **consommations simulées** » sont rapprochées des consommations réelles issues des factures, appelées « **consommations de référence** ».

Cette méthode se différencie des méthodes conventionnelles dites « réglementaires », qui ne permettent pas au prestataire d'« avoir la main » sur les éléments d'usage qui permettent de personnaliser les facteurs influençant la modélisation

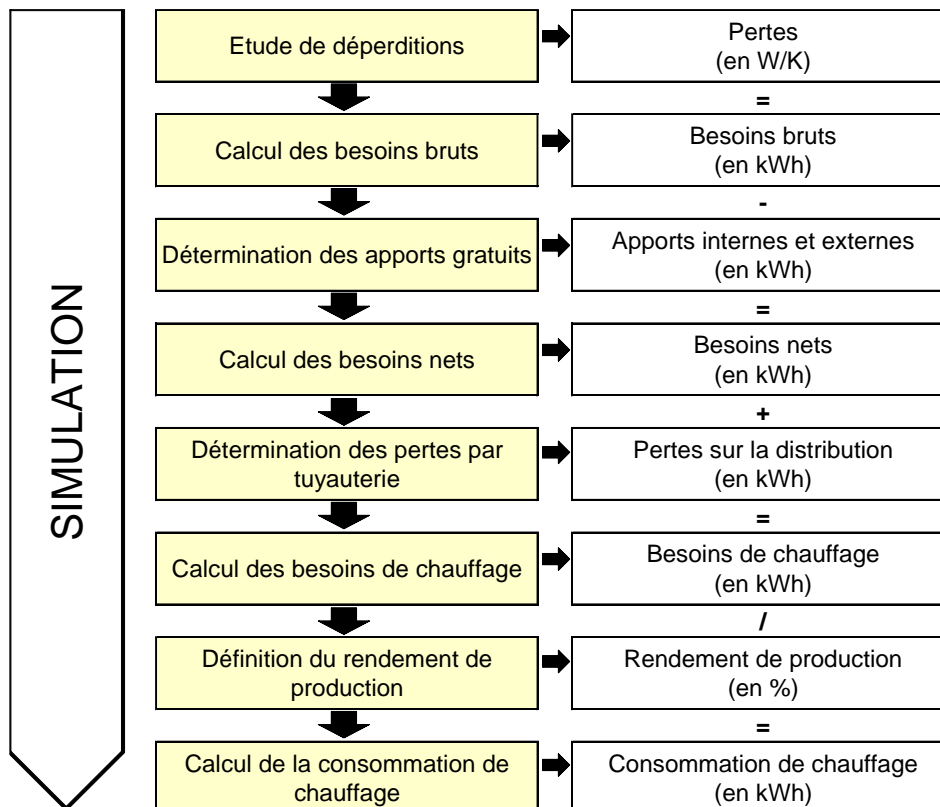
## 7.5 Éléments de calculs

### 7.5.1 Synoptique des simulations énergétiques



## 7.5.2 Consommations de chauffage

La simulation de la consommation de chauffage suit le schéma suivant :



- > L'étude de déperditions thermiques est réalisée à partir des coefficients de transmission thermique des parois et de leur surface.
- > Les besoins bruts résultent des déperditions thermiques affectées d'un coefficient d'usage (programmation des régulations, de l'usage du bâtiment, de la conduite des installations, de la qualité du pilotage et du climat du site).
- > Les apports internes et externes sont déterminés à partir de la surface vitrée et de son orientation, et du nombre d'occupants. A titre d'exemple, une surface d'un mètre carré de surface vitrée exposée plein Sud engendre un apport de 1,70 kWh par jour.
- > Les pertes par tuyauterie sont obtenues à partir du linéaire et du diamètre de la tuyauterie et de la qualité du calorifugeage.
- > Les besoins en chauffage sont par la suite affectés d'un rendement de production qui dépend de plusieurs paramètres tels que les caractéristiques des chaudières et des brûleurs, la qualité de l'entretien, le rendement de combustion et la surpuissance.
- > Les consommations de chauffage simulées sont ensuite comparées aux consommations de chauffage de référence.

### 7.5.3 Déperditions du bâtiment

Elles combinent les déperditions par les parois opaques et vitrées, par le renouvellement d'air, pour un degré d'écart entre l'intérieur et l'extérieur, et s'expriment donc en W/K.

Pour les parois donnant sur les locaux non chauffés, ou vide-sanitaires, un coefficient de réduction « b » est appliqué comme suit :

Espace non chauffé	$b_u$
<b>Pièce</b>	0,4
avec seulement 1 mur extérieur	0,5
avec au moins 2 murs extérieurs sans portes extérieures	0,6
avec au moins 2 murs extérieurs et des portes extérieures (par exemple : entrées, garages)	0,8
avec au moins 3 murs extérieurs (par exemple : escalier extérieur)	
<b>Sous-sol</b>	0,5
sans fenêtres ni portes extérieures	0,8
avec fenêtres ou portes extérieures	
<b>Espace sous toiture</b>	1,0
espace sous toiture fortement ventilé (par exemple : couvertures en tuiles ou autres matériaux formant couverture discontinue) sans feutres ou panneaux en sous-face	0,9
autre toiture non isolée	0,7
toiture isolée	
<b>Circulations intérieures</b>	0
(sans murs extérieurs, taux de renouvellement d'air inférieur à 0,5 h	
<b>Circulations ouvertes sur l'extérieur</b>	1,0
(aire des ouvertures/volume de l'espace > 0,005 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	
<b>Vide sanitaire</b>	0,8

### 7.5.4 Influences

Il s'agit des paramètres influençant les consommations :

- conditions climatiques du lieu,
- température de chauffage,
- intermittence,
- durée de la saison de chauffage.

Ces paramètres s'expriment en kWh/an.

### 7.5.5 Apports gratuits

Il s'agit des apports gratuits provenant des éléments internes (personnes, équipements rejetant de la chaleur...) et externes (apports solaires par les baies vitrées). Ces apports prennent en compte l'orientation des bâtiments à l'exposition au soleil.

Ils s'expriment en kWh/an.

### 7.5.6 Pertes par tuyauteries

Il s'agit des pertes par les tuyauteries liées à leur état et à leur niveau d'isolation.

Elles sont obtenues à partir :

- de la longueur aller-retour des tuyauteries,
- de la différence de température,
- du diamètre des tuyauteries,
- de l'épaisseur et du type de calorifuge.

### 7.5.7 Rendement global de l'installation de chauffage

Il est obtenu à partir :

- des pertes de combustion et type d'entretien de la chaudière,
- de l'état du calorifuge de la chaudière,
- de la surpuissance de la chaudière.

### 7.5.8 Renouvellement d'air

Le renouvellement d'air considéré est la somme du renouvellement d'air mécanique, du renouvellement d'air par ventilation naturel (ouverture de fenêtres et de portes d'accès) et des infiltrations d'air liées au bâti.

Dans le but d'évaluer les déperditions liées au renouvellement d'air, plusieurs méthodes ont été employées :

- Les relevés des équipements de ventilation (CTA, moteurs, hottes...) permettent de connaître les débits extraits par zone.
- Dans les locaux, des déperditions liées à l'ouverture des fenêtres ont été prises en compte de la manière suivante :

$$Q_{\text{ouverture des fenêtres}} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right] = \text{Surface d'orifice} [\text{m}^2] \times 3\,000$$

Avec :

$$\text{Surface d'orifice fixe} = S \times K \times \frac{10 \text{ min par jour}}{60 \text{ min} \times 24 \text{ h}}$$

Dans la formule ci-dessus :

- S est la surface des fenêtres,
- K est un coefficient représentant la simultanéité d'ouverture de l'ensemble des fenêtres (compris entre 0 et 1).

Les infiltrations sont aussi prises en compte au niveau des ouvrants en fonction de leur qualité :

$$Q \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right] = \text{Surface d'ouvrants des fenêtre} [\text{m}^2] \times BFEN$$

CATEGORIE DE FENETRE	Zone I Iles (sauf Corse) et sommets en altitude	Zone II Site côtier plateaux dégagés pentes exposées	Zone III Zone urbaines ou suburbaines
- incertaine	7,5	6,4	5,9
- normale	3,4	2,9	2,7
- améliorée	1,5	1,3	1,2
- renforcée	0,6	0,5	0,45

Valeurs indicatives de BFEN. Les catégories « normale », « améliorée », « renforcée » correspondent aux normes actuelles, donc aux fenêtres, neuves ou récentes, la catégorie « incertaine » aux fenêtres d'étanchéité manifestement douteuse.

En ventilation naturelle, des phénomènes se produisent suivant l'importance du vent et du tirage. Les débits calculés par les orifices et ouvertures de fenêtres sont donc corrigés par un coefficient de pression COPRESS :

$$\text{COPRESS} = 0,92 \times (0,005 \times \text{hauteur du bâtiment [m]})$$

Les pertes dues à la perméabilité du bâti sont ajoutées.

### 7.5.9 Consommations en eau chaude sanitaire

Elles sont calculées de la façon suivante :

$$\text{Consommations ECS [kWh par an]} = \frac{\text{BECS} + \text{PtuyECS} + \text{PstoECS}}{\text{Rgl}}$$

Avec :

- BECS : besoins terminaux d'ECS exprimés en kWh par an.
- PtuyECS : pertes par les tuyauteries d'ECS exprimées en kWh par an.
- PstoECS : pertes par le stockage d'ECS exprimées en kWh par an.
- Rgl : rendement global de l'installation.

Les besoins en eau chaude sanitaire dans les bâtiments sont évalués à partir d'un ratio de consommation par personne.

A la suite de ce ratio, les besoins sont exprimés en kWh en fonction de la température de production et de stockage de l'eau chaude sanitaire.

### 7.5.10 Consommations de la Ventilation Mécanique Contrôlée

Le relevé des équipements effectué sur place permet d'évaluer les consommations en électricité des équipements de ventilation.

### 7.5.11 Consommations d'éclairage

Le relevé des équipements effectué sur place permet d'avoir une appréciation fine des consommations en électricité en se basant sur une durée quotidienne d'allumage et d'ouverture de chaque bâtiment. La présence de minuterie ou de détection de présence est prise en compte.

### 7.5.12 Consommations des circulateurs

La visite des chaufferies permet de relever l'ensemble des pompes existantes sur place, leur vitesse et puissance, permettant ainsi d'estimer les consommations en électricité.

### 7.5.13 Consommations liées à la climatisation

Le relevé des équipements effectué sur place permet d'évaluer les consommations en électricité des équipements de climatisation.

### 7.5.14 Consommations des autres usages spécifiques

Le relevé des équipements effectué sur place (nombre, puissance, ...) permet d'avoir une appréciation fine des consommations en électricité en se basant sur une durée quotidienne d'utilisation.

Les usages spécifiques rencontrés sont :

- La bureautique.
- Ascenseurs,
- Cuisine,
- Buanderie,
- Etc.