

Audit énergétique



IUT de Chatellerault (I1 à I5) 34 Av. Alfred Nobel 86100 Châtellerault



Maître d'ouvrage :
Université de Poitiers
1 allée Jean Monnet
86022 POITIERS

Jean Luc Berto
05.49.45.35.83
Jean.luc.berto@univ-poitiers.fr



Bureau d'études thermique :
Effilios
38 passage du Belvédère
86000 POITIERS

Mathieu Lacouture / Antoine
Pain
05.49.03.22.86
mathieu.lacouture@effilios.fr
antoine.pain@effilios.fr

| Indice | Etabli par | Relu par | Date | Modifications |
|--------|------------|----------|------------|-------------------------------------|
| 0 | ML/APa | FJ | 04/06/2024 | Première diffusion – Etat des lieux |
| 1 | ML/APa | FJ | 02/07/2024 | Diffusion rapport complet |
| 2 | ML/APa | FJ | 17/12/2024 | Suppression investissements |
| | | | | |

SOMMAIRE

| | | |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| <u>I.</u> | <u>INTRODUCTION</u> | <u>3</u> |
| I.1 | PREAMBULE | 3 |
| I.2 | PRESENTATION DU SITE | 7 |
| I.3 | CONTEXTE REGLEMENTAIRE | 14 |
| <u>II.</u> | <u>DESCRIPTION ET ANALYSE DU SITE</u> | <u>17</u> |
| II.1 | PRINCIPE GENERAL D’EVALUATION | 17 |
| II.2 | ANALYSE DU BATI | 17 |
| II.3 | ANALYSE DES INSTALLATIONS TECHNIQUES | 22 |
| II.4 | SYNTHESE DE L’EXISTANT | 48 |
| <u>III.</u> | <u>BILAN ENERGETIQUE</u> | <u>50</u> |
| III.1 | BILAN DES CONSOMMATIONS REELLES | 50 |
| III.2 | MODELISATION DES CONSOMMATIONS THEORIQUES | 57 |
| III.3 | SYNTHESE DES INDICATEURS DE CONSOMMATION | 64 |
| <u>IV.</u> | <u>ÉTAT INITIAL DE L’ETUDE</u> | <u>65</u> |
| IV.1 | DEFINITION DE L’ETAT INITIAL | 65 |
| <u>V.</u> | <u>PRECONISATIONS D’ACTIONS CORRECTIVES ET D’INVESTISSEMENT</u> | <u>66</u> |
| V.1 | GENERALITES | 66 |
| V.2 | RECOURS AUX ENERGIES RENOUVELABLES | 70 |
| V.3 | HIERARCHISATION DES PRECONISATIONS | 71 |
| V.4 | PRECONISATIONS DE GESTION DES RESSOURCES NATURELLES | 72 |
| V.5 | PRECONISATIONS SUR LE BATI | 74 |
| V.6 | PRECONISATIONS SUR LES INSTALLATIONS TECHNIQUES | 77 |
| V.7 | PRECONISATIONS SUR LE PILOTAGE DES INSTALLATIONS | 86 |
| V.8 | PRECONISATIONS SUR LA MISE EN ŒUVRE D’ENERGIES RENOUVELABLES | 89 |
| V.9 | SYNTHESE DES PRECONISATIONS | 95 |
| <u>VI.</u> | <u>PROGRAMME D’AMELIORATION ET SCENARIOS</u> | <u>96</u> |
| VI.1 | SCENARIOS DE TRAVAUX DETAILLES | 96 |
| VI.2 | SYNTHESE DES SCENARIOS ET BILAN EN COUT GLOBAL | 99 |
| <u>VII.</u> | <u>PERSPECTIVE TRAVAUX</u> | <u>101</u> |
| <u>VIII.</u> | <u>CONCLUSION</u> | <u>103</u> |
| | <u>ANNEXES</u> | <u>104</u> |

I. INTRODUCTION

I.1 PREAMBULE

Contexte :

L'université de Poitiers a décidé de faire réaliser l'audit énergétique des bâtiments I1 à I5 situés sur le site de l'IUT de Châtellerault dans le but de favoriser les rénovations performantes des bâtiments.

NOTA : Cet audit n'a pas pour but de se conformer au décret tertiaire, ni décret BACS.

Objectif de l'audit :

La finalité d'un audit énergétique est de réaliser un inventaire détaillé du site dans son état actuel et d'indiquer les éléments d'améliorations possibles afin de :

- Réduire les consommations d'énergies fossiles et les dépenses économiques associées (stabilisation des factures énergétiques dans les années à venir).
- Réduire les émissions de gaz à effet de serre et limiter l'impact sur l'environnement.
- Améliorer le confort des occupants en toute saison (surchauffe, parois froides, qualité d'air...).
- Favoriser et étudier la substitution des énergies renouvelables aux énergies fossiles (biomasse, solaire photovoltaïque et thermique etc.).
- Pérenniser et entretenir les bâtiments existants (isolation, ventilation etc.).
- Proposer et comparer différentes solutions en termes de coûts d'investissements, temps de retour et coûts d'exploitations.

Dès lors, la qualité des analyses formulées par l'auditeur et la pertinence des préconisations émises par ce dernier dépendent directement de la qualité d'accompagnement des différents acteurs du projet (degré des informations fournies, implication dans la démarche etc.). Par conséquent, l'auditeur ne serait être tenu pour responsable concernant l'existence d'imprécisions ou d'omissions dans ces descriptifs, analyses et préconisations.

Synthèse des attentes du maître d'ouvrage :

Les échanges ayant eu lieu lors de la visite du site ont mis en évidence la volonté du maître d'ouvrage de réduire les consommations et dépenses d'énergie, ainsi que d'améliorer le confort des occupants.

Documents fournis/manquants :

Les documents ayant servi de base à cette étude sont les suivants :

- Factures gaz 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023
- Relevés électricité 2022, 2023, première moitié 2024
- Plans des bâtiments
- DPE et audits énergétiques réalisés en 2011 par H3C Energies

Les documents manquants pour réaliser l'étude sont les suivants :

- SO

Visite et instrumentalisation du site :

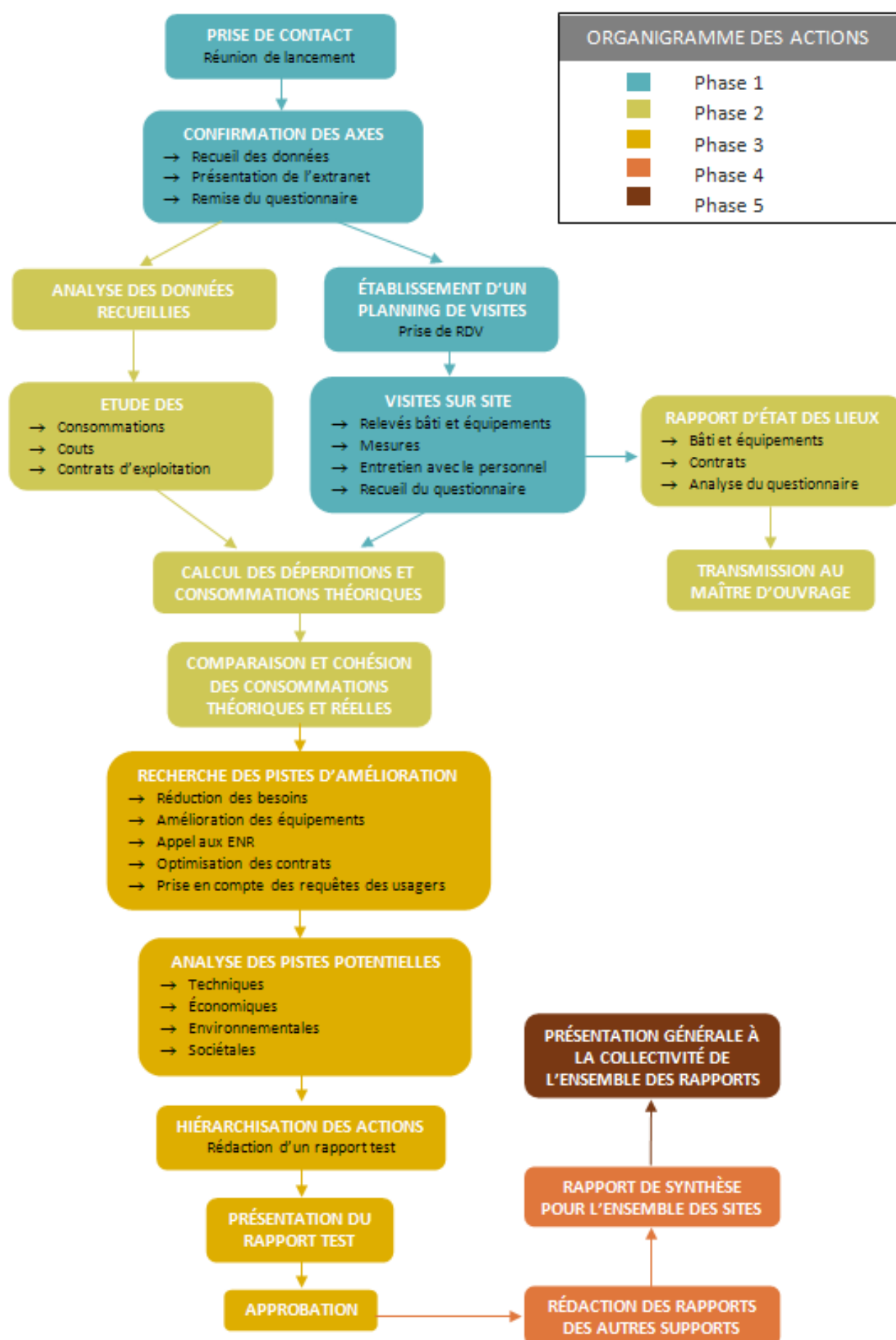
Une visite des lieux a permis un examen visuel de l'état du bâti et des équipements. Cette visite a été réalisée le **16 avril 2024**.

Lors de la visite, les matériels utilisés pour effectuer les différents types de relevés sont les suivants :

- Appareil photo numérique
- Mètre laser
- Vitromètre

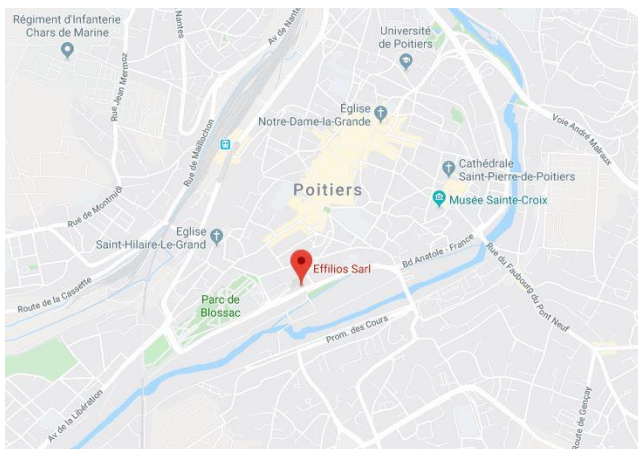
Lorsque les plans n'étaient pas disponibles nous avons effectué des mesures (dimensions du bâti, dimension des fenêtres, hauteur sous plafond, etc...) sur les différents sites à l'aide des appareils cités plus haut. Néanmoins des imprécisions restent possibles en fonction de la complexité du bâtiment.

Un audit énergétique s'articule autour des étapes telles que décrites dans l'organigramme suivant :



PRESENTATION DU BUREAU D'ETUDE ET DE SES QUALIFICATIONS

La société Effilios (Acte) est née sous l'impulsion de son fondateur Franck Jusiak, en 2000.



Novateur, Effilios est l'un des tout premiers à intégrer l'impact des actions sur les émissions de gaz à effet de serre dans ses études.

Nous mettons à disposition un véritable savoir-faire dans les domaines de l'énergie. Notre approche multiple à travers l'ingénierie, le confort, les textes réglementaires et notre maîtrise de ces nouveaux enjeux nous permettent de vous apporter des services sur mesure.

Une solide réputation a été acquise au fil des années dans les domaines de l'énergie et des

équipements techniques, tant auprès du secteur public que privé.

Fort d'un effectif permanent de 15 personnes spécialisées, nous intervenons dans le cadre de nos compétences techniques sur les dossiers de bâtiments neufs et de réhabilitation d'installations.

EFFILIOS est qualifié OPQIBI sous le numéro 10-04-2182

Qualifications attribuées à ce jour :

- 0104 AMO en exploitation et maintenance
- 1312 Etude d'installations courantes de chauffage et de VMC
- 1331 Etude thermique réglementaire « maison individuelle » - RGE
- 1332 Etude thermique réglementaire « bâtiment collectif d'habitation et/ou tertiaire – RGE
- 1905 Audit énergétique des bâtiments (tertiaires et/ou habitations collectives)
- 2010 Etudes d'installations de production utilisant l'énergie solaire thermique – RGE
- 1910 Accompagnement au commissionnement des installations techniques du bâtiment

Qualifications probatoires :

- 2013 Ingénierie des installations de production utilisant l'énergie géothermique
- 2008 Ingénierie des installations de production utilisant la biomasse en combustion
- 2011 Etude d'installations de production utilisant l'énergie solaire photovoltaïque

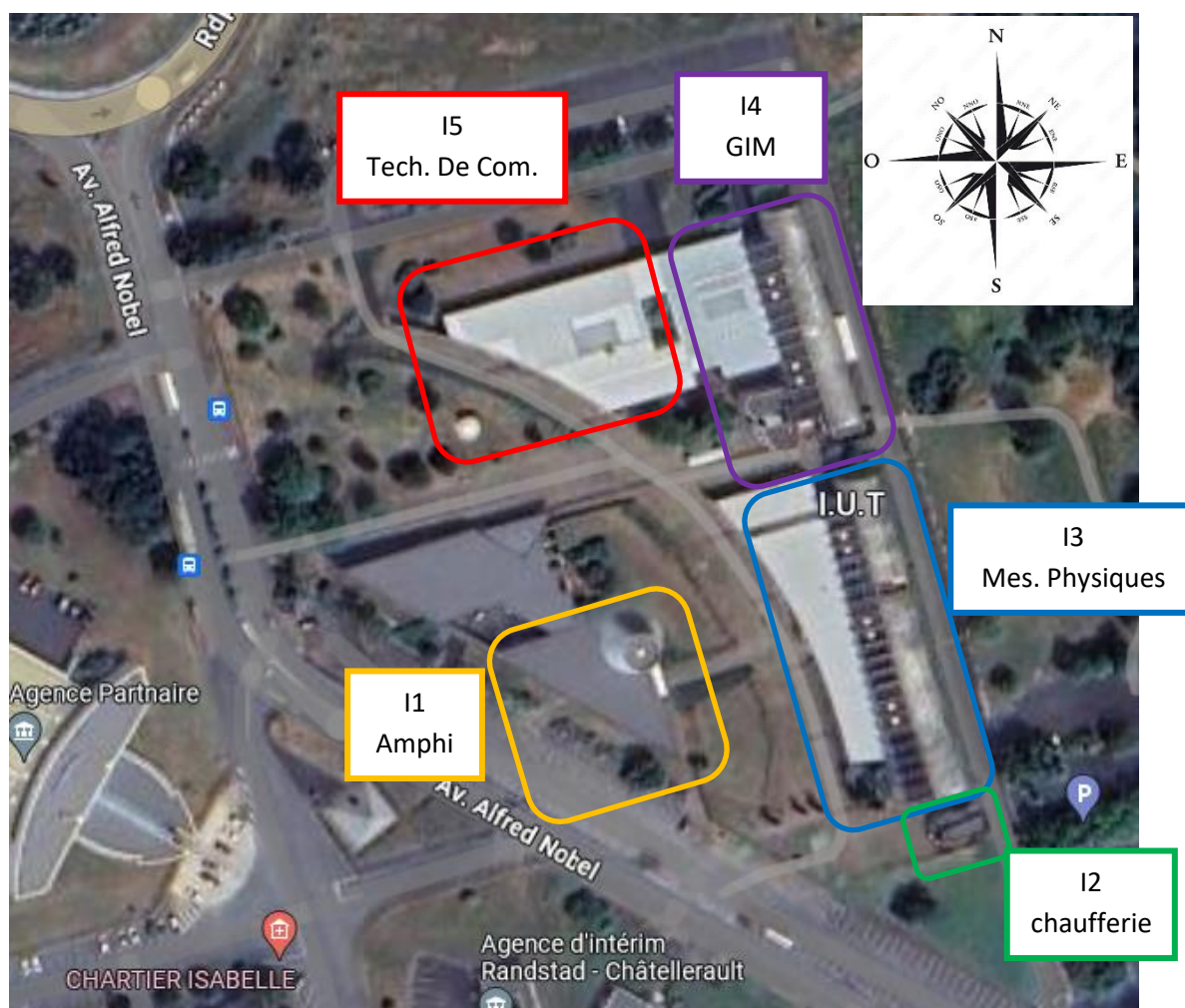
I.2 PRESENTATION DU SITE

I.2.1 Généralités

L'IUT de Châtellerault est situé Avenue Alfred Nobel à Châtellerault.

- Zone climatique : H2B
- Température extérieure de base : -7°C
- DJU* moyens saison de chauffe entre 2019 et 2021 pour la station Poitiers-Biard : 1960.

*degrés-jours unifiés, caractérisant la rigueur climatique (voir définition en annexe 2)



Les caractéristiques du site sont les suivantes :





| Bâtiment | Construction | Surface SHON (m ²) | Surface chauffée (m ²) | Nombre de niveaux |
|-------------|--------------|--------------------------------|------------------------------------|-------------------|
| I1 | 1994 | 761 | 765 | 1 |
| I2 | | 0 | 0 | 1 |
| I3 | 1991 | 3087 | 3094 | 2 |
| I4 | 1992 | 2555 | 2542 | 2 |
| I5 | 1993 | 1483 | 1206 | 2 |
| Tous | - | 7886 | 7607 | - |

I.2.2 Vie du site

L'utilisation des locaux est la suivante :

| Bâtiment | Usage | Capacité d'accueil / nombre d'occupants | Utilisation des locaux |
|--------------|--------------|-----------------------------------------|-----------------------------|
| I1-I5 | Enseignement | ? | Lundi à vendredi : 7h à 18h |

I.2.3 Photos du site

| Vues intérieures/extérieures | |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |
| I1 | I5 |
|  |  |
| I3 | I4 |

I.2.4 Synthèse des travaux

Les travaux réalisés ou à venir sont récapitulés dans le tableau ci-dessous :

| Type de travaux | Nature des travaux | Année / période |
|-----------------|---------------------------------------|-----------------|
| Réalisés | Rénovation du foyer | ? |
| En projet | Réalisation d'une chaufferie biomasse | ≈ 2025-26 |

I.2.5 Plan des locaux

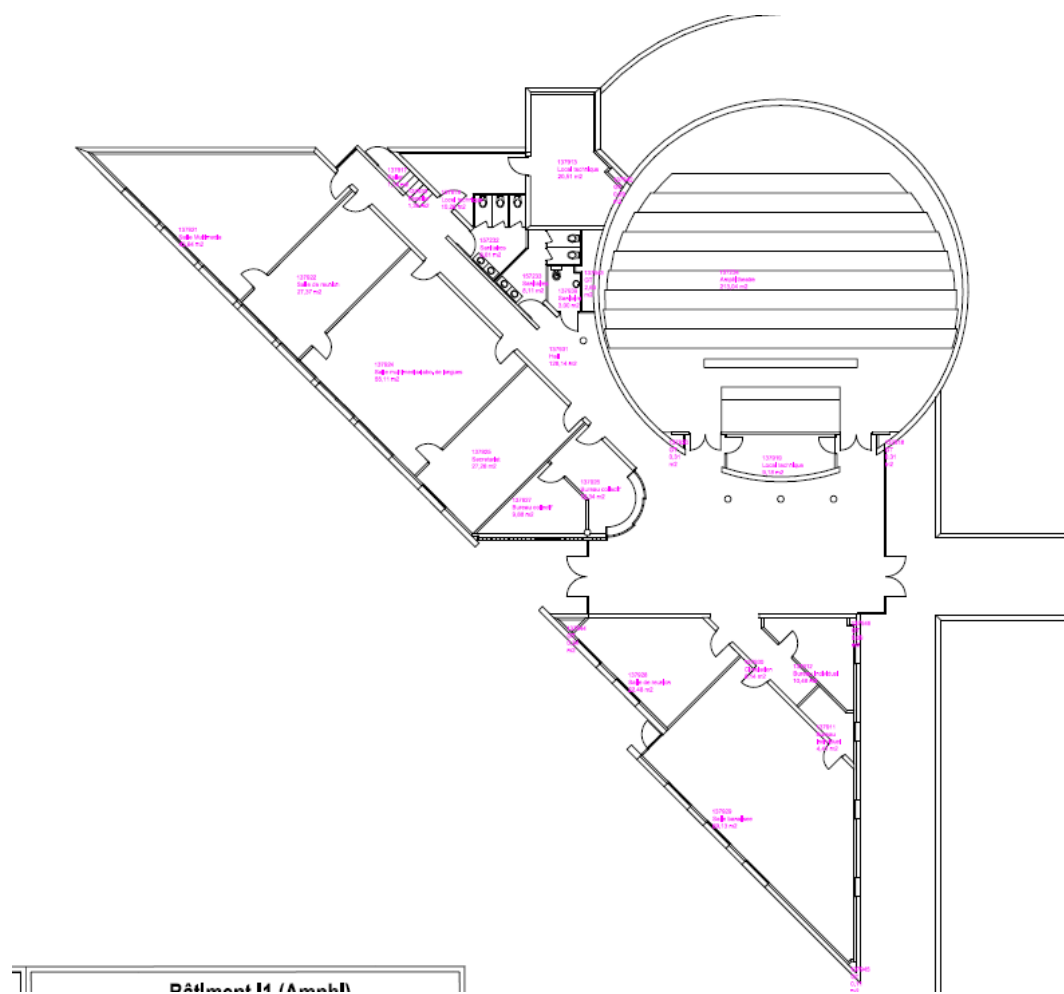


Figure 1 - I1 RDC



Figure 2 - I3 RDC

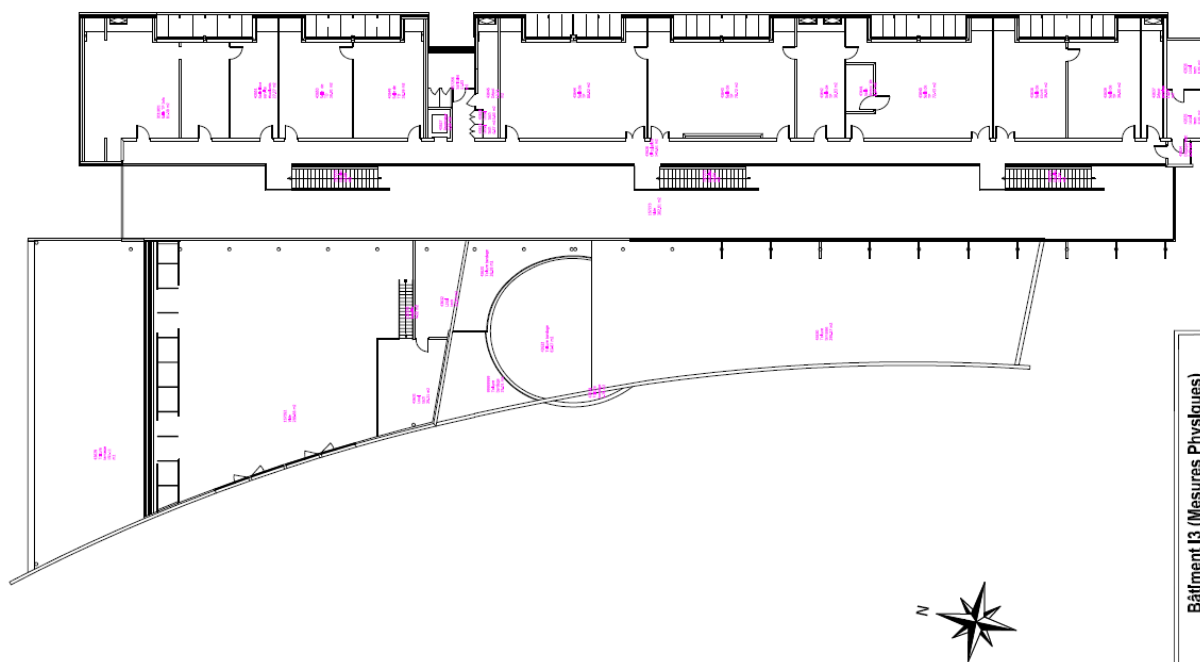

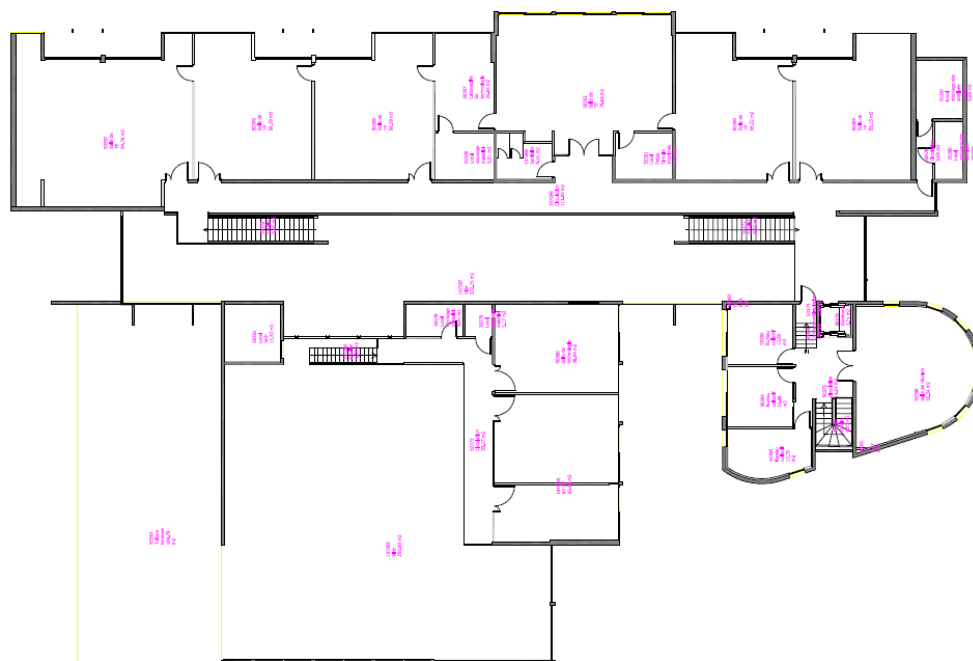


Figure 3 - I3 - R+1



Figure 4 - I4 RDC

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
|  Université de Caen Normandie | Bâtiment I4 |
| | Niveau |
| Direction de la logistique et des services universitaires | |
| N° fichier : I4 (RDC) | |



| | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------------|
|  Université de Jyväskylä | Bâtiment I4 (GI) | |
| | Niveau 1 | |
| Direction de la Logistique | | N° d'étage : 14 (GI/1) |
| et du Patrimoine Immobilier | | Destiné par : Caste C. |

Figure 5 - I4 R+1

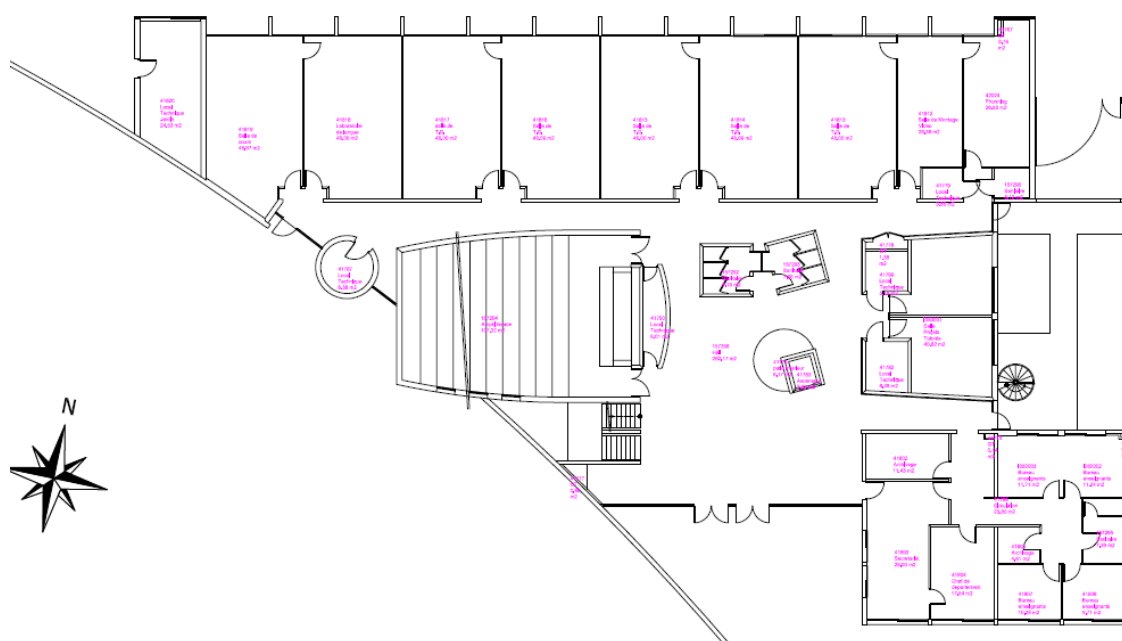


Figure 6 - I5 RDC

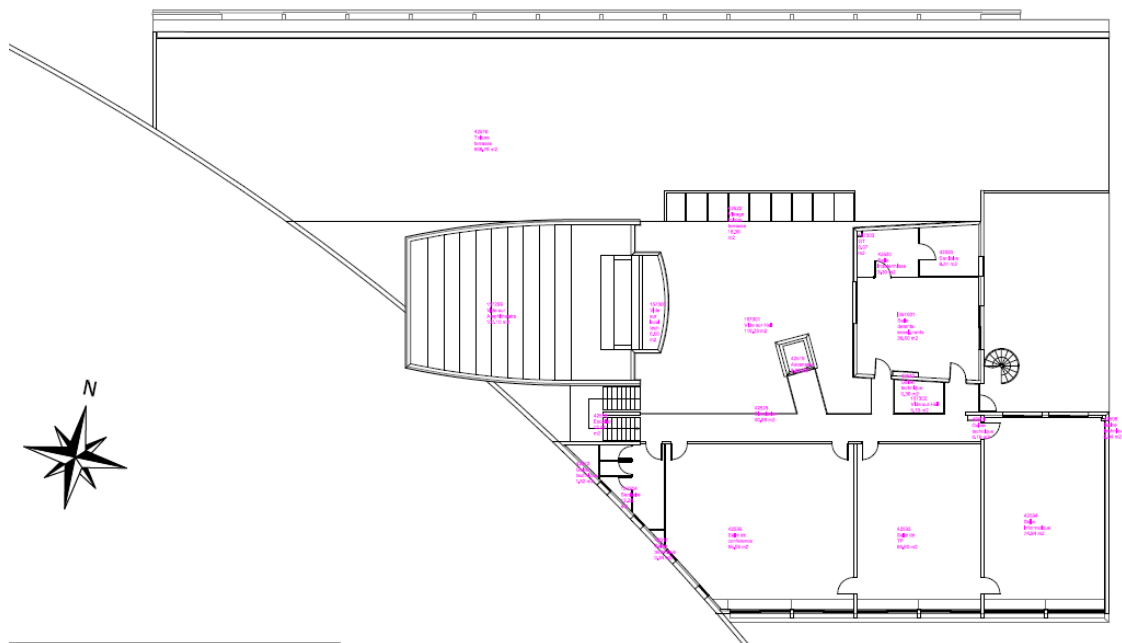


Figure 7 - I5 R+1



Figure 8 - Plan de masse

I.3 CONTEXTE REGLEMENTAIRE

I.3.1 Réglementation thermique dans l'existant

Toute action de rénovation réalisée sur des bâtiments tertiaires et résidentiels existants est soumise à la Réglementation thermique dans l'Existant (RT existant), avec des contraintes précises à respecter.

Deux types de réglementation existent selon la nature des travaux envisagés et du bâtiment concerné :

- la rénovation dite « globale » pour les bâtiments construits après 1948, dont la SHON (Surface Hors Œuvre Nette) rénovée est supérieure à 1000m² et dont le coût des travaux de rénovation « thermique » est supérieur à 25% de la valeur hors foncier du bâtiment, ce qui correspond à 382,5 €HT/m² pour les locaux résidentiels et 326,25 €HT/m² pour les locaux non résidentiels (valeurs au 10^r février 2022).
- la réglementation dite « par éléments » dans tous les autres cas de rénovation.

Ces deux types de réglementation se traduisent par les contraintes suivantes :

- pour la rénovation dite « globale » :
 - le respect d'un objectif de performance globale pour le bâtiment rénové, à justifier par un calcul réglementaire.
 - la réalisation d'une étude de faisabilité des approvisionnements en énergie préalablement au dépôt de la demande de permis de construire.
- Pour la réglementation dite « par éléments » :
 - le respect d'une performance minimale en cas d'installation ou de remplacement d'un élément (pose d'une isolation ou d'une fenêtre, changement de chaudière).

Les critères de performance sont précisés dans l'arrêté du 3 mai 2007 correspondant.

En complément de ces réglementations, la loi relative à la transition énergétique vers la croissance verte a créé une obligation de réaliser des travaux d'isolation en cas de travaux importants de réfection de toiture, ravalement de façade ou aménagement d'une pièce en vue de la rendre habitable.

A noter que ces réglementations sont susceptibles d'être contrôlées au titre de l'article L.152-4 du Code de la Construction.

Ainsi en cas de travaux la réglementation s'appliquera de la façon suivante sur le site :

| Bâtiment | SHON <1000m ² | SHON ≥1000m ² | Année de construction < 1948 | Année de construction ≥ 1948 | RT «élément par élément» | RT «globale» |
|----------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|-----------------|
| I1 | X | | | X | X | |
| I3 | | X | | X | | X |
| I4 | | X | | X | | X |
| I5 | | X | | X | | X |

Les bâtiments datant d'après 1948 et étant d'une surface supérieure à 1000m² la réglementation appliquée en cas de rénovation sera la réglementation globale si le montant des travaux dépasse 25% de la valeur à neuf du bâtiment (voir descriptif ci-dessus).

I.3.2 Dispositif « Eco énergie tertiaire »

Le dispositif « éco énergie tertiaire » vise une réduction globale des consommations d'énergie finale de l'ensemble du parc tertiaire de 40% en 2030, 50% en 2040 et 60% en 2050, par rapport à 2010.

Sont concernés tous les bâtiments ou parties de bâtiments à usage tertiaire dont la surface de plancher est supérieure à 1000m², quelle que soit leur date de mise en service, à l'exception des constructions provisoires, lieux de culte et bâtiments de sécurité intérieure. Les nouvelles constructions seront ainsi assujetties dès leur première année d'exploitation. D'autre part les bâtiments bénéficiant d'extensions verront leur objectif revu en fonction des caractéristiques des locaux ajoutés.

Le dispositif peut s'appliquer de deux façons distinctes :

- Par les objectifs en valeur relative cités plus haut (40% en 2030, 50% en 2040 et 60% en 2050) sur la base d'une année de référence libre de choix entre 2010 et 2019 ou à défaut 2020. Il ne s'agit pas nécessairement mais d'une année civile mais de 12 mois consécutifs d'exploitation.
- Par un objectif en valeur absolue, défini en fonction de l'usage et de la zone géographique.



Dans tous les cas les objectifs peuvent être modulés en fonction de plusieurs critères :

- Contraintes techniques, architecturales ou patrimoniales, à justifier par un dossier technique
- Disproportion des coûts des actions d'amélioration énergétique vis-à-vis des gains associés
- Changement du volume d'activité, caractérisé par un facteur d'intensité d'usage à renseigner

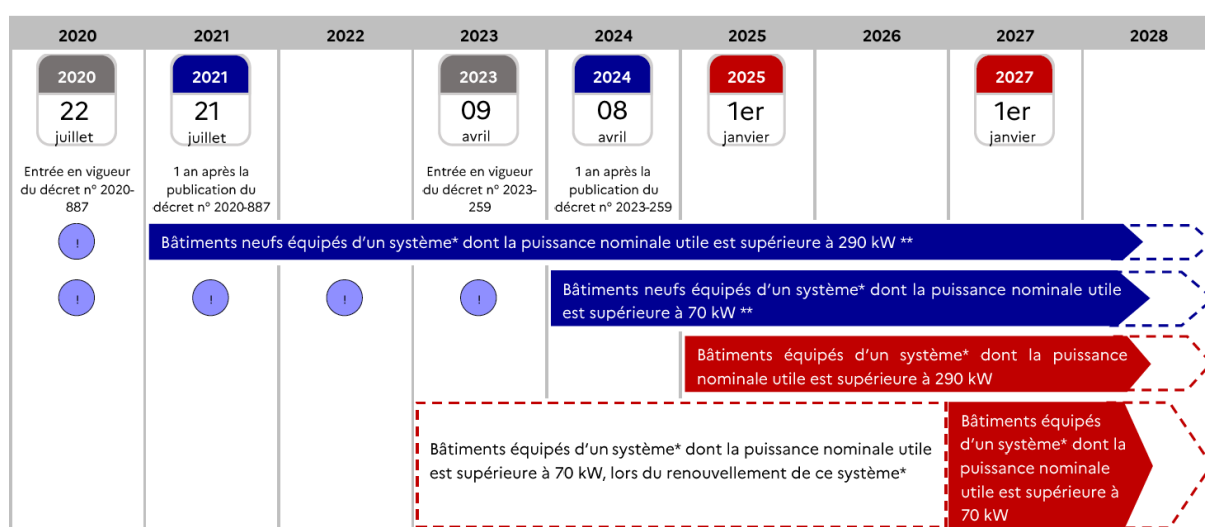
Du fait de ses caractéristiques, le site est ainsi soumis au dispositif et devra respecter un des objectifs ci-dessus.

I.3.3 Dispositif « BACS »

Le décret BACS ou « Building Automation & Control Systems » du 20 juillet 2020 détermine les moyens permettant d'atteindre les objectifs de réduction de consommation fixés par le décret tertiaire.

Cette norme impose de mettre en place un système d'automatisation et de contrôle des bâtiments, d'ici le 1er janvier 2025. Elle concerne tous les bâtiments tertiaires non résidentiels, pour lesquels le système de chauffage ou de climatisation, combiné ou non à un système de ventilation, a une puissance nominale supérieure à 290 kW.

Le décret modificatif du 7 avril 2023 assujetti tout bâtiment tertiaire possédant un équipement de climatisation ou de chauffage d'une puissance nominale supérieure à 70 kW, combiné ou non avec un système de ventilation, à cette obligation. Les bâtiments existants concernés devront s'équiper de systèmes d'automatisation et de contrôle d'ici le 1^{er} Janvier 2027 :



De plus, dès lors qu'un équipement technique du bâtiment fera l'objet d'un renouvellement total ou partiel, il devra être relié à ce système.

Le décret prévoit toutefois une exemption si le propriétaire présente une étude démontrant que l'installation d'un tel système, ou sa connexion avec les systèmes techniques du site devant être raccordés, n'est pas réalisable avec un temps de retour sur investissement inférieur à 10 ans, déduction faite des aides financières publiques.

Le site devrait ainsi être soumis au dispositif et devra être équipé d'un système d'automatisation et de contrôle des bâtiments d'ici le 1^{er} janvier 2025.

Ce type de système sera donc préconisé dans les scénarios de travaux de l'audit.

II. DESCRIPTION ET ANALYSE DU SITE

II.1 PRINCIPE GENERAL D'ÉVALUATION

Chacun des éléments relevés lors de l'état des lieux fait l'objet d'une évaluation portant à la fois sur l'état de l'élément et sur son efficacité énergétique. Cette évaluation a été réalisée à la fois sur les différents composants du bâti (parois et menuiseries), ainsi qu'aux équipements techniques.

| Etat | Evaluation | Efficacité | Evaluation |
|------------------------|------------|------------------------|------------|
| Hors service / vétuste | | Performance médiocre | |
| Vieillissant / dégradé | | Faible performance | |
| État moyen | | Performance moyenne | |
| Bon état | | Bonne performance | |
| Etat neuf / récent | | Très bonne performance | |

II.2 ANALYSE DU BATI

II.2.1 Analyse de l'enveloppe thermique

Critères d'évaluation de l'efficacité de l'enveloppe thermique (cas particulier).

La note d'efficacité des composants du bâti est directement liée à l'écart entre la performance des composants et les valeurs garde-fous de la réglementation thermique dans l'existant :

| Barème iconographique | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Le barème permet de situer la performance thermique de chaque paroi composant le ou les bâtiments, par rapport au niveau réglementaire minimal défini dans la RT Existant. Les valeurs considérées seront : - La résistance R pour les parois opaques - Le coefficient Uw pour les menuiseries | Condition | Evaluation |
| | Si $R < R_{\text{réf RT élément}} + 10\%$ Si $U > U_{\text{réf RT existant}} + 10\%$ | |
| | Si $R < R_{\text{réf RT élément}}$ jusqu'à 10% d'écart Si $U > U_{\text{réf RT existant}}$ jusqu'à 10% d'écart | |
| | Si $R \geq R_{\text{réf RT élément}}$ Si $U \leq U_{\text{réf RT existant}}$ | |

U : Coefficient de transmission thermique d'une paroi. Il caractérise la quantité de chaleur passant au travers d'un mètre carré de paroi. Plus le U de la paroi est faible, plus la paroi est thermiquement performante. Il s'exprime en $W/(m^2.K)$.

U_{réf RT existant} : dans le cadre du grenelle de l'environnement visant la performance énergétique des bâtiments existants, une réglementation thermique dans l'existant a été établie. Cette dernière définit les coefficients de transmission thermique maximaux à respecter.

R : Résistance thermique d'une paroi. Elle indique la capacité de l'isolant à résister aux variations de chaleur et dépend de sa conductivité thermique et de son épaisseur. Plus la résistance de la paroi est forte, plus la paroi est thermiquement performante. Elle s'exprime en (m^2K/W) .

R_{réf RT élément} : La résistance thermique de référence de la réglementation thermique dans l'existant correspond à la résistance minimale requise en cas de mise en place ou de remplacement d'isolation. Attention les valeurs de résistance portent sur l'ensemble de la paroi, maçonnerie comprise.

| Description des composants du bâti | | | |
|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------|
| Parois | Composition | Etat global | Niveau d'isolation |
| Murs | I1 – amphi : mur béton non isolé | | U=3.45 |
| | I1 – autres murs : mur béton + 10cm laine de verre (hyp) | | U=0.36 |
| | I3 – I4 : mur béton + 10cm PSE | | U=0.35 |
| | I5 : mur béton + 10cm PSE | | U=0.35 |
| | Evaluation globale des murs | | |
| Planchers bas | I1 : plancher béton sur TP non isolé (hyp) | | U=3.26 |
| | I3 – I4 (Est) : plancher béton sur vide sanitaire + PSE 10cm | | U=0.38 |
| | I3 – I4 (Ouest) : plancher béton sur TP non isolé (hyp) | | U=3.26 |
| | I5 : plancher béton sur TP non isolé (hyp) | | U=3.26 |
| | I5 plancher sur extérieur : plancher béton + PSE 10cm | | U=0.38 |
| | Evaluation globale des planchers bas | | |
| Planchers hauts / toitures | I1 : toiture terrasse béton + 10cm PSE (hyp) | | U=0.36 |
| | I3 – I4 : bac acier + 10cm laine minérale (hyp) | | U=0.38 |
| | I3 – I4 : toiture terrasse béton + 10cm PSE (hyp) | | U=0.36 |
| | I5 : bac acier + 10cm laine minérale (hyp) | | U=0.38 |
| | Evaluation globale des planchers hauts / toitures | | |
| Menuiseries | I1 classes : menuiseries alu DV 4/12/4 + volets roulants PVC (coffres int.) | | Uw=1.9 |
| | I1 menuiseries rondes : menuiseries alu DV 4/12/4 + stores toiles int. | | Uw=1.9 |
| | I1 entrée : menuiseries alu DV 4/12/4, + vitrage opaque pour le vitrage horizontal entrée EST | | Uw=1.9 |
| | I3 – I4 – I5 classes et bureaux : menuiseries alu DV 4/12/4 + volets roulants PVC (bloc baies) | | Uw=1.9 |
| | I3 – I4 amphi : menuiseries alu DV 4/12/4 + stores toiles int. | | Uw=1.9 |

| | | | |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--|--------|
| | I3 – I4 lanterneaux : lanterneaux désenfumage polycarbonate | | Uw=3 |
| | I3 – I4 – hall : façade rideau simple vitrage 10mm | | Uw=6.3 |
| | I3 – I4 – entrée hall : menuiserie acier double vitrage 8/12/8 | | Uw=1.9 |
| | I3 foyer : lanterneaux double vitrage | | Uw=1.9 |
| | I4 atelier : porte sectionnelle pleine | | Ud=5.8 |
| | I4 atelier – I5 hall : verrière en toiture, alu, double vitrage | | Uw=1.9 |
| | I5 amphi : menuiseries alu DV 4/12/4 + stores vénitien int. | | Uw=1.9 |
| Evaluation globale des menuiseries | | | |

Remarque : les coefficients présentés peuvent varier entre deux parois dont l'isolation est similaire, car l'ancienneté et l'état de l'isolant sont pris en compte dans le choix du coefficient retenu.

Aperçu parois et menuiseries



I1



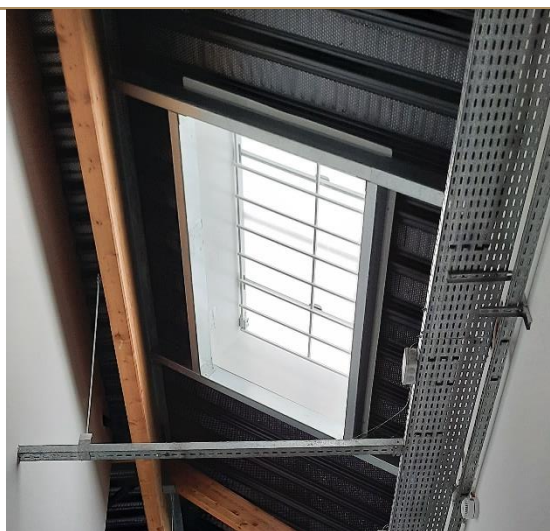
Hall I1



Hall I3 et I4



Atelier I4



Lanterneaux foyer I3



Plancher bas entrée I5

II.2.2 Caractéristiques bioclimatiques

En plus de l'analyse des caractéristiques de l'enveloppe thermique (présence d'isolation, qualité des menuiseries...), il est également important et nécessaire de s'attacher à définir l'aspect bioclimatique des bâtiments étudiés. Cette caractérisation se fait à partir de la définition du facteur de compacité :

| Facteur de compacité | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
| Définition | | | | | |
| <p>Le facteur de compacité est le rapport entre la surface de parois extérieures (S_p) et la surface chauffée (S_{cha}) du bâtiment tel que :</p> <p><i>Facteur de compacité (C) = Surface de parois extérieures (S_p) / Surface chauffée (S_{cha})</i></p> <p>Ce facteur définit donc la compacité du bâtiment. Plus le facteur C est faible, plus le bâtiment est compact, limitant par conséquent les pertes énergétiques par les diverses parois.</p> | | | | | |
| Ordre de grandeur du facteur de compacité S_p/S_{cha} en fonction de la forme du bâtiment* | | | | | |
| <p>Maison - RdC C = 3,3</p> <p>Maison - RdC C = 3,3</p> <p>Maison - RdC C = 3,3</p> <p>Maison - RdC C = 3,3</p> <p>Maison - RdC C = 3</p> <p>Maison - RdC C = 3</p> <p>Maison - RdC C = 3,3</p> <p>Maison R+1 C = 2,6</p> <p>2 Maisons accolées R+1 C = 2,3</p> <p>Maison mitoyenne R+1 C = 2</p> <p>Maisons en bande R+1 C = 2</p> <p>Immeuble 2 T3 par niveau R+1 C = 2</p> <p>Immeuble 2 T3 par niveau R+9 C = 1,2</p> <p>Immeuble 4 T3 par niveau R+1 C = 1,8</p> <p>Immeuble 4 T3 par niveau R+9 C = 1</p> <p>Immeuble 6 T3 par niveau R+1 C = 1,8</p> <p>Immeuble 6 T3 par niveau R+9 C = 1</p> | | | | | |
| * source : http://www.passivact.com | | | | | |

Ainsi nous obtenons les résultats suivants :

| Bâtiment | Facteur de compacité (C) | Compacité du bâtiment |
|----------|--------------------------|-----------------------|
| I1 | 2.1 | Moyenne |
| I3 | 2 | Moyenne |
| I4 | 1.7 | Bonne |
| I5 | 2.4 | Moyenne |

II.3 ANALYSE DES INSTALLATIONS TECHNIQUES

II.3.1 Analyse de la ventilation

| Systèmes de ventilation | | | |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------------|
| Zone desservie | Equipement | Etat | Efficacité |
| I1 – classes et bureaux | Ventilation double flux marque Komfovent avec échangeur de chaleur Diffuseurs et reprise dans les locaux | | |
| I1 - amphi | Ventilation double flux marque Ciat + batterie eau chaude régulée par V3V, sans échangeur de chaleur, avec caisson de mélange air neuf/repris Diffuseurs à jet tourbillonnaire en plafond, reprise par grille en périphérie de la salle | | |
| I1 I3 I4 I5 – WC | Caisson d'extraction SF et bouches d'extraction hygroréglables (pour I1 : sur horloge 6h-22h) | | |
| I3 – classe (env. 75%) | Extraction d'air via grilles murales ou en gaine (env.2/salle), entrées d'air en menuiseries (env.8/salle) | | |
| I3 – chimie | Hottes d'extraction spécifique dans certaines salles TP chimie pour extraction des vapeurs lors des manipulations, armoires ventilées pour stockage des produits chimiques | | |
| I3 – métrologie | Extraction via 1 bouche de reprise, 2 entrées d'air en menuiseries | | |
| I3 I4 I5 – bureaux | Extraction via grille de reprise dans circulation, entrées d'air dans menuiseries | | |
| I3 – foyer | Entrées d'air en menuiseries et bouches de reprise dans local ménage | | |
| I3 – amphi | Grilles de reprises sous estrade (caisson d'extraction supposé) + air neuf via 1 des aérothermes Régulation de température fixe sur sonde de gaine | | |
| I4 classes R+1 | Extraction d'air via grilles murales ou en gaine (env.2/salle), entrées d'air en menuiseries | | |
| I4 atelier | Extraction via diffuseurs, entrées d'air via sorties toitures Régulation sur thermostat d'ambiance | | |
| I4 salle de technologie | Extraction d'air via bouches murales | | |

| | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--|
| I5 – amphi | Extraction d’air via grilles plafonnieres | | |
| I5 – classes | Sans ventilation | | |
| Evaluation globale de la ventilation | | | |
| <ul style="list-style-type: none">Les sanitaires sont tous équipés de VMC.Seul le bâtiment I1 est équipé d’une ventilation double flux avec récupération de chaleur pour la majorité de ces locaux.Certaines salles de classes/TP sont équipées d’extraction et d’entrées d’air en menuiseries. Néanmoins, au vu du nombre d’entrées d’air (8 au maximum par classe), les débits sont insuffisants (8 EA avec un débit max unitaire de 45m3/h donne un débit max d’air neuf dans le local de 360m3/h, le débit réglementaire étant de 18m3/h.occupant, cela donnerait un nombre max d’occupant de 20 personnes ce qui est à priori en deçà de l’occupation réelle).Les amphithéâtres sont également ventilés en simple flux, ce qui entraîne des pertes énergétiques importantes. | | | |
| Aperçu systèmes de ventilation | | | |
|  | |  | |
| I1 CTA DF | | I1 CTA amphi | |
|  | |  | |
| I1 amphi grilles de soufflage et reprise | | I1 bouche VMC WC | |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |
| I3 grille de reprise classe | I3 entrée d'air en menuiserie |
|  |  |
| I3 Caisson SF | I3 amphi grilles de reprise et soufflage |
|  |  |
| I3 grille de reprise en gaine classe | I4 grille de reprise bureaux |
|  |  |
| I4 atelier Grille de reprise | I4 atelier entrées d'air via sorties toiture ? |
|  |  |
| I5 amphi grille de reprise | I5 amphi commande extraction |

II.3.2 Chauffage

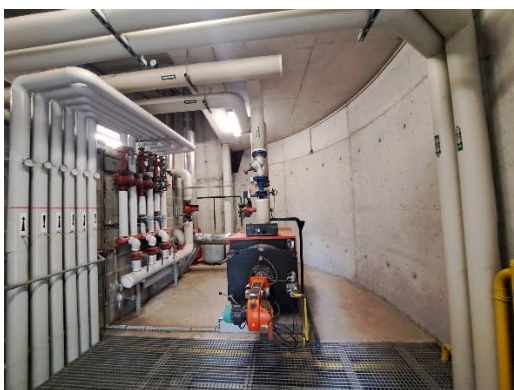
CHAUFFERIE – I2

Le site dispose d'une chaufferie gaz située dans le bâtiment I2, raccordée sur le réseau gaz de ville. Cette chaufferie alimente les bâtiments I1 à I5.

Les différents équipements techniques sont présentés sur les pages suivantes.

| PRODUCTION DE CHALEUR | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------------|
| Elément | Descriptif | Etat | Efficacité |
| Chaudière 1 | Chaudière gaz Cometh TNA30 – 419kW – 1992 | | |
| Chaudière 2 | Chaudière gaz Guillot FB 465+ – 465kW – année ? | | |
| Brûleur 1 | Bruleur Cuenod C55 – 2 allures 360-650kW - 1992 | | |
| Brûleur 2 | Bruleur Weishaupt G3/1-E – 90-630kW - 1993 | | |
| Pompe de recirculation 1 | Pompe double à 4 vitesses Wilo S/DOS 40/90 – 240 à 450W | | |
| Pompe de recirculation 2 | Pompe double à vit. variable Grundfos Magna 1D 40-60 F22 – 12 à 194W | | |
| Pompe circuit primaire | Pompe double à vit. variable Grundfos (inaccessible) | | |
| Expansions | 1 vase (marque) de 1992 de 300L + 2 vases Reflex 200L chacun de 2023 Manettes vannes démontées | | |
| Arrivée d’eau | Filtre Disconnecteur BA (dernière vérification 04/07/23) Pot d’injection (en amont disconnecteur !) | | |
| Evaluation globale de la production de chaleur | | | |
| <ul style="list-style-type: none">• Les chaudières sont anciennes et peu performantes (ni basse température, ni condensation).• La puissance installée semble excessive par rapport aux besoins calculés par la modélisation présentée plus loin. En l’absence de modulation les brûleurs multiplient probablement les courts cycles, ce qui peut entraîner une usure prématurée et des pertes à l’arrêt conséquentes.• Les pompes de recirculation sont globalement récentes et performantes. | | | |

Aperçu systèmes de production



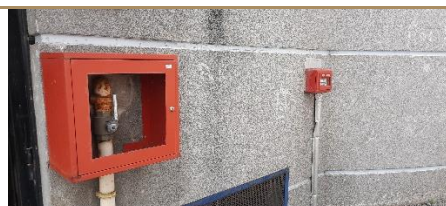
Vue d'ensemble de la chaufferie



Chaudière 1



Chaudière 2



Alimentation gaz et coffres coupures



Arrivée EF

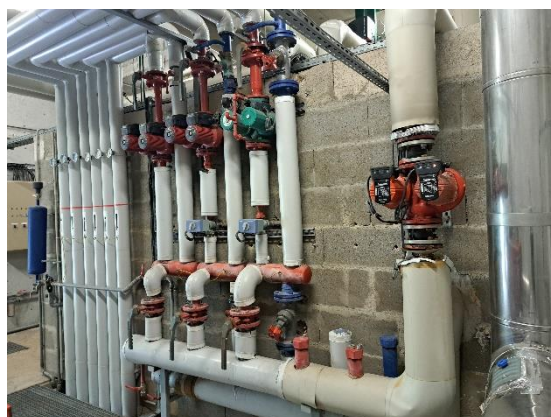


Expansion

| DISTRIBUTION DE CHALEUR | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|------|------------|
| Circuit | Elément | Etat | Efficacité |
| Départ général I3 | Circuit constant - Circulateur double 3 vitesses Salmson DCX50-90 | | |
| Départ circulations I3 | Circuit régulé (V3V) - Circulateur double 3 vit. Wilo DOS 50/100 | | |
| Départ classes I3 | Circuit régulé (V3V) - Circulateur double 3 vit. Grundfos D40-60F | | |
| Départ SS I3 | Circuit constant - Circulateur double 3 vitesses Grundfos D40-60F | | |
| Départ I1-4-5 | Circuit constant – circulateur double à vit. variable Grundfos Magna 1D 50-102F280 – 20-534W | | |
| Départ SS I1 | Circuit constant – circulateur double à vit. fixe Grundfos TPD 65-60 | | |
| Départ SS I4-5 | Circuit constant – circulateur double à vit. fixe Wilo Yonos Maxo D 50/0.5 | | |
| Evaluation globale de la distribution de chaleur | | | |
| <ul style="list-style-type: none">La distribution est relativement ancienne mais en état. Les réseaux sont correctement calorifugés (mais pas les équipements).De nombreux circulateurs sont anciens, à vitesse constante et donc peu efficaces.La chaufferie a fait l’objet de plusieurs modifications au fur et à mesure des constructions de bâtiments, de nombreux départs sont en série et non repiqués sur la même bouteille de découplage.Le basculement des pompes ainsi que des chaudières se fait manuellement. | | | |
| Aperçu systèmes de distribution | | | |



Vue d'ensemble distribution I1-I4-5

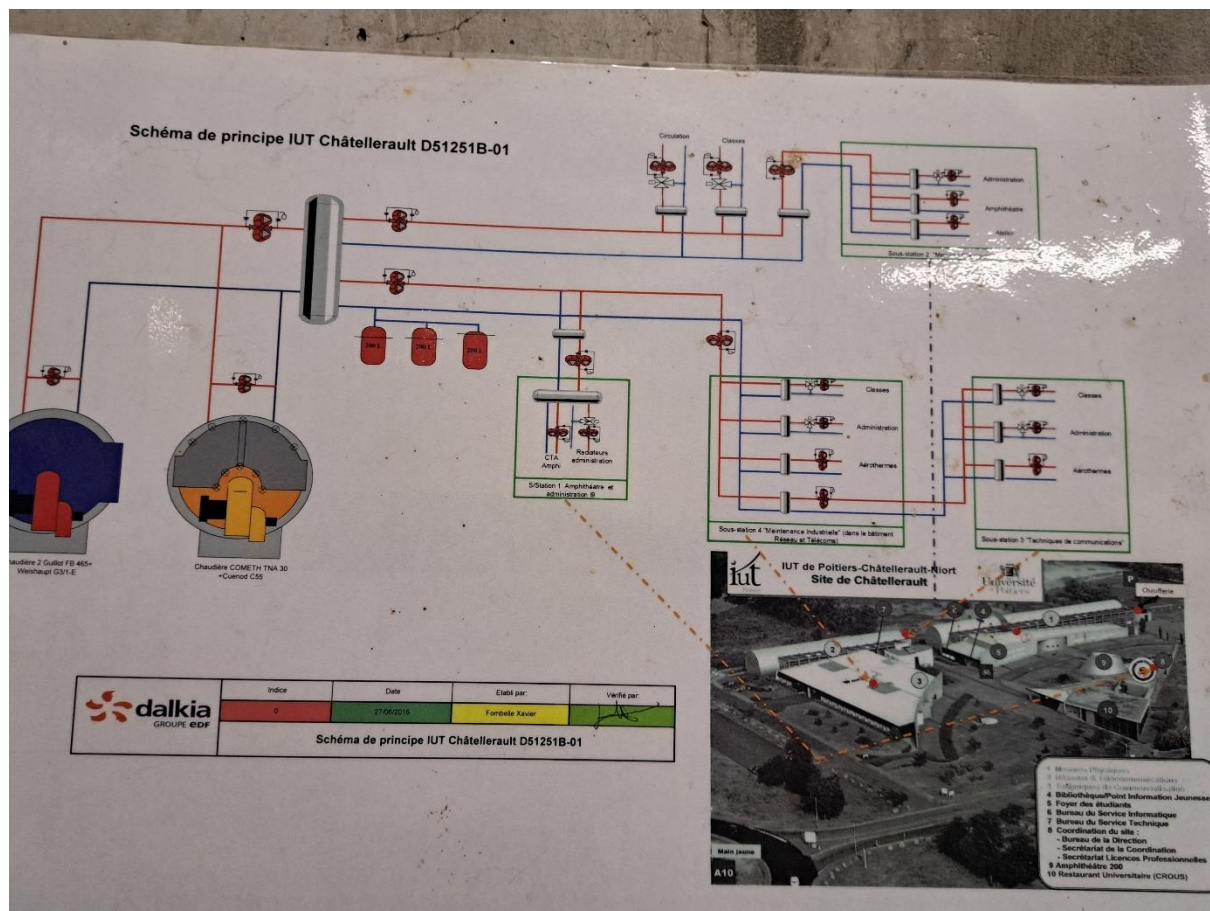




Vue d'ensemble distribution I3

| Éléments de sécurité | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Points à revoir | Points satisfaisants |
| <ul style="list-style-type: none"> × Coupure gaz extérieure : plaque plexiglass absente, réseau gaz non protégé jusqu'à hauteur 2m × Absence schéma électrique dans armoire × Absence de compteur sur l'appoint d'eau × Stockage : présence de filtres dans la chaufferie | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Ventilation haute et basse (sections inconnues) ✓ Affichage schéma de principe hydraulique ✓ Disconnecteur BA ✓ Coupure électrique extérieure ✓ Barre anti-panique ✓ Parois coupe-feu ✓ 3 extincteurs ✓ Mise à la terre |

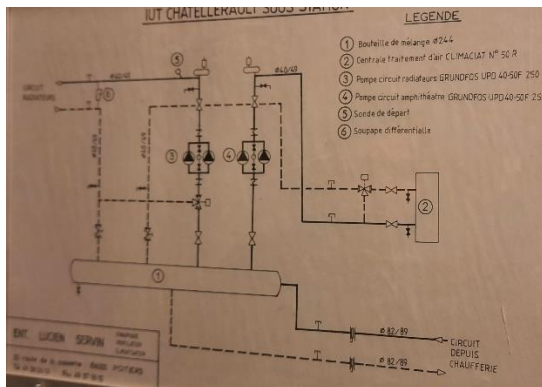

Un certain nombre d'éléments sont manquants vis-à-vis de la réglementation correspondant à la puissance installée en chaufferie. Ces éléments devront être mis en place dans les meilleurs délais.



SCHEMA DE PRINCIPE DES INSTALLATIONS EN CHAUFFERIE :





| REGULATION | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------|------------|
| Emplacement | Elément | Description | Etat | Efficacité |
| circulations I3 | Régulateur | Régulateur Siemens RVL469– Prog. hebdo | | |
| classes I3 | Régulateur | Régulateur Siemens RVL469 Prog. hebdo | | |
| Evaluation globale de la régulation | | | | |
| Consignes de température / loi d'eau | Circulations et classes I3 : 40°C(15°C) à 80°C(-5°C) | | | |
| Horaires de confort | Circulations et clases I3 : 7h-17h | | | |
| <ul style="list-style-type: none">La régulation est vieillissante et non communicante.Une régulation hebdomadaire est présente mais pas annuelle. | | | | |
| Aperçu systèmes de régulation | | | | |
|  | |  | | |
| Régulateurs circulations et classe I3 | | Armoires électriques chaufferie | | |

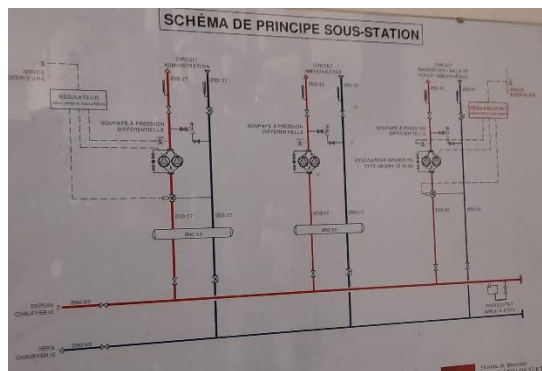

BATIMENT I1

| DISTRIBUTION DE CHALEUR | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Circuit | Elément | Etat | Efficacité |
| Radiateurs | Circuit régulé - circulateur double à vit. Variable Grundfos Magna 1D 40-100F – 18-383W | | |
| CTA amphi | Circuit régulé - circulateur double à vitesse fixe Grundfos UPD 40-50F 250 – 150W | | |
| Evaluation globale de la distribution de chaleur | | | |
| <ul style="list-style-type: none">La distribution est relativement ancienne mais en état. Les réseaux sont correctement calorifugés.Le circulateur du circuit radiateurs est récent et efficace, contrairement au circulateur de la CTA.Les 2 circuits sont équipés de vannes 3 voies.La V3V de la CTA pourrait être remplacée par une V2V et le circulateur à vitesse fixe remplacé par un circulateur à débit variable et pression constante afin de réaliser des économies d'électricité.Le circuit constant pourrait être équipé d'une V3V en amont du circulateur pour réguler la température envoyée à la CTA afin de réduire les consommations. | | | |
| Aperçu systèmes de distribution | | | |
|  | |  | |
| Schéma de principe hydraulique | | Circulateurs et V3V | |


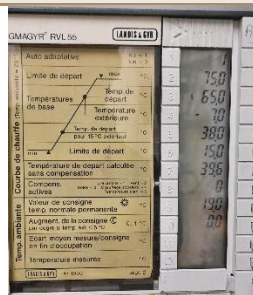
| EMISSION DE CHALEUR | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Zone desservie | Elément | Etat | Efficacité |
| Classes, bureaux | Radiateurs à eau robinets thermostatiques | | |
| Amphi | CTA | | |
| <i>Evaluation globale de l'émission de chaleur</i> | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Les radiateurs sont répartis dans les différents locaux et cette émission semble adaptée et apporter satisfaction. L'amphi est traité par la CTA qui assure également le renouvellement d'air (avec recyclage d'une partie de l'air extrait) | | | |
| Aperçu systèmes d'émission | | | |
|  | |  | |
| CTA amphi | | Radiateurs à eau à ailettes | |

| REGULATION | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------|------------|
| Emplacement | Elément | Description | Etat | Efficacité |
| Classes, bureaux | Régulateur | Régulateur Sigmagyr RVL50 | | |
| Amphi | Régulateur | Régulateur et horloge Landis&Gyr | | |
| Evaluation globale de la régulation | | | | |
| Consignes de température / loi d'eau | Classes et bureaux (radiateurs) : 65°C(-7°C) à 35°C(15°C) – consigne 19°C(jour) et 16°C(nuit) – pas de sonde d’ambiance Amphi (CTA) : manuel (en chaufferie), ce jour réglé à 16°C jour et nuit | | | |
| Horaires de confort | - | | | |
| <ul style="list-style-type: none">La régulation est vieillissante et non communicante.Une régulation hebdomadaire est présente mais pas annuelle. | | | | |
| Aperçu systèmes de régulation | | | | |
|  | |  | | |
| Régulateur radiateurs | | Régulateur CTA amphi | | |


BATIMENT I3



| DISTRIBUTION DE CHALEUR | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Circuit | Elément | Etat | Efficacité |
| Circulations | Voir § chaufferie | | |
| Classes | Voir § chaufferie | | |
| Amphi | Circuit constant – circulateur double 3 vitesses Grundfos UPSD 32-50F220 – 75-100-105W | | |
| Salles TP, foyer, etc | Circuit régulé - circulateur double à vit. Variable Grundfos Magna 1D 32-60 180 – 9-111W | | |
| Admin. | Circuit régulé - circulateur double à vit. Variable Wilo Yonos Maxo D 32/0.5 | | |
| Evaluation globale de la distribution de chaleur | | | |
| <ul style="list-style-type: none">La distribution est relativement ancienne mais en état. Les réseaux sont correctement calorifugés.Les circulateurs des circuits (hors amphi) sont récents et efficaces, contrairement au circulateur de l’amphiLes 2 circuits radiateurs sont équipés de vannes 3 voies.Des vannes 3 voies sont présentes sur les batteries chaudes des aérothermes (amphi), ces vannes pourraient être remplacées par des V2V et le circulateur à vitesse fixe remplacé par un circulateur à débit variable et pression constante afin de réaliser des économies d’électricité.Le circuit constant pourrait être équipé d’une V3V en amont du circulateur pour réguler la température envoyée aux aérothermes afin de réduire les consommations. | | | |
| Aperçu systèmes de distribution | | | |
|  | |  | |
| Schéma de principe hydraulique | | Circulateurs et V3V | |



| EMISSION DE CHALEUR | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Zone desservie | Elément | Etat | Efficacité |
| Salles TP, classes, admin | Radiateurs à eau robinets thermostatiques | | |
| hall | Tubes à ailettes et radiateurs à eau | | |
| Amphi | 2 Aérothermes CIAT (puissances ?), 1 en tout air repris, 1 en tout air neuf | | |
| Evaluation globale de l'émission de chaleur | | | |
| <ul style="list-style-type: none">Les radiateurs sont répartis dans les différents locaux et cette émission semble adaptée et apporter satisfaction.L'amphi est traité par 2 aérothermes (1 en air repris et 1 en air neuf)Le hall est chauffé (T° de consigne ?) via des tubes à ailettes et des radiateurs, tous équipés de robinets thermostatiques. Une réflexion sur la nécessité de chauffer ou non le hall (et si oui, comment ?) est à mener. | | | |
| Aperçu systèmes d'émission | | | |
|  | |  | |
| aérothermes amphi | | Radiateurs à eau à ailettes | |
|  | |  | |
| Tubes à ailettes dans hall | | Radiateurs dans circulation R+1 du hall | |

| REGULATION | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------|------------|
| Emplacement | Elément | Description | Etat | Efficacité |
| Circulations | Voir § chaufferie | | | |
| Classes | Voir § chaufferie | | | |
| Amphi | Régulateur | Régulateur Landis&Gyr RWF61.10 | | |
| Salles TP, foyer, etc | Régulateur | Régulateur Siemens RVP201 | | |
| Admin. | Régulateur | Régulateur Landis&Gyr RVL55 | | |
| Evaluation globale de la régulation | | | | |
| Consignes de température / loi d'eau | <u>Salles TP, foyer, (radiateurs) : ??</u> <u>Admin (radiateurs) : 65°C(-7°C) à 38°C(15°C) – consigne 19°C(jour) et 17°C(nuit) – pas de sonde d’ambiance</u> <u>Amphi (CTA) :</u> | | | |
| Horaires de confort | <u>Salles TP, foyer, (radiateurs) : lundi au samedi 6-18h</u> | | | |
| <ul style="list-style-type: none">La régulation est vieillissante et non communicante.Une régulation hebdomadaire est présente mais pas annuelle. | | | | |
| Aperçu systèmes de régulation | | | | |
|  | |  | | |
| Régulateur foyer, salles TP | | Régulateur admin. | | |

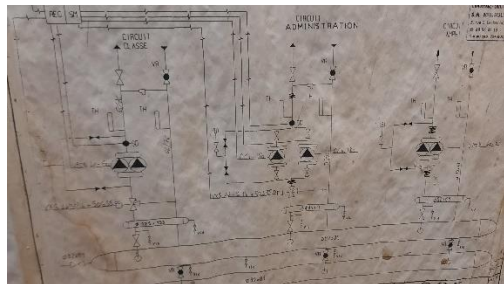

BATIMENT I4


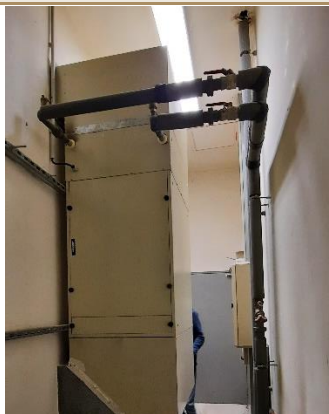
| DISTRIBUTION DE CHALEUR | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|------|------------|
| Circuit | Elément | Etat | Efficacité |
| Classes (radiateurs) | Circuit régulé - circulateur double à vit. Variable Wilo Yonos Maxo D 50/0.5 – 15-600W | | |
| Admin. (radiateurs) | Circuit régulé - circulateur double à vit. Variable Wilo Yonos Maxo D 52/0.5 | | |
| Ateliers (aérothermes) | Circuit régulé - circulateur double à vitesse fixe Grundfos UPSD 32-50F – 90-115-120W | | |
| Sous station I5 | Circuit constant – circulateur double à 3 vitesses Grundfos UPC 50-60 – 120-240-375W | | |
| Evaluation globale de la distribution de chaleur | | | |
| <ul style="list-style-type: none">La distribution est relativement ancienne mais en état. Les réseaux sont correctement calorifugés.Les circulateurs des circuits (hors ateliers) sont récents et efficaces, contrairement au circulateur de l’atelierLes 2 circuits radiateurs sont équipés de vannes 3 voies.Des vannes 3 voies sont présentes sur les batteries chaudes des aérothermes (ateliers), ces vannes pourraient être remplacées par des V2V et le circulateur à vitesse fixe remplacé par un circulateur à débit variable et pression constante afin de réaliser des économies d’électricitéLe circuit constant pourrait être équipé d’une V3V en amont du circulateur pour réguler la température envoyée aux aérothermes afin de réduire les consommations. | | | |
| Aperçu systèmes de distribution | | | |
|  | | | |
| Circulateurs et V3V | | | |


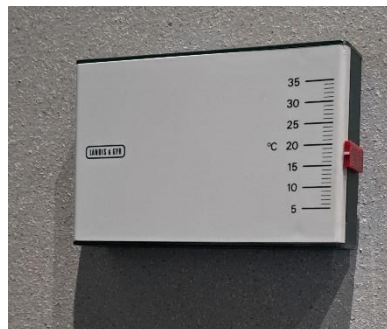
| EMISSION DE CHALEUR | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Zone desservie | Elément | Etat | Efficacité |
| Classes, bureaux | Radiateurs à eau robinets thermostatiques | | |
| Ateliers | Aérothermes eau chaude en recyclage 100% | | |
| <i>Evaluation globale de l'émission de chaleur</i> | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Les radiateurs sont répartis dans les différents locaux et cette émission semble adaptée et apporter satisfaction. Les ateliers sont traités par des aérothermes à eau chaude. | | | |
| Aperçu systèmes d'émission | | | |
|  | |  | |
| Aérotherme ateliers | | Radiateurs à eau à ailettes | |

| REGULATION | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------|------------|
| Emplacement | Elément | Description | Etat | Efficacité |
| Classes | Régulateur | Régulateur Siemens RVL480– Prog. Hebdo | | |
| Admin | Régulateur | Régulateur Siemens RVL480– Prog. hebdo | | |
| Ateliers | Thermostats | Thermostats Saunier Duval | | |
| Evaluation globale de la régulation | | | | |
| Consignes de température / loi d'eau | <u>Classes et Admin (radiateurs)</u> : 70°C(-5°C) à 35°C(15°C) <u>Ateliers (aérothermes)</u> : manuel | | | |
| Horaires de confort | <u>Classes et Admin (radiateurs)</u> : 6h-17h <u>Ateliers (aérothermes)</u> : aucun | | | |
| <ul style="list-style-type: none">La régulation est vieillissante et non communicante.Une régulation hebdomadaire est présente mais pas annuelle.Les aérothermes sont réglés manuellement et individuellement. | | | | |
| Aperçu systèmes de régulation | | | | |
|  | |  | | |
| Régulateur radiateurs (classes et admin) | | Thermostats aérothermes | | |






BATIMENT I5

| DISTRIBUTION DE CHALEUR | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Circuit | Elément | Etat | Efficacité |
| Classes (radiateurs) | Circuit régulé - circulateur double à 3 vitesses Grundfos UPC 40-60 – 95-185-290W | | |
| Admin. (radiateurs) | Circuit régulé - circulateur double à vit. Variable Wilo Yonos Pico 25/1-4 – 4-20W | | |
| Circulation et amphi (aérothermes) | Circuit constant - circulateur double à vit. fixe Grundfos | | |
| Evaluation globale de la distribution de chaleur | | | |
| <ul style="list-style-type: none">La distribution est relativement ancienne mais en état. Les réseaux sont correctement calorifugés.Les circulateurs des circuits (hors amphi) sont récents et efficaces, contrairement au circulateur de l'amphiLes 2 circuits radiateurs sont équipés de vannes 3 voies.Des vannes 3 voies sont présentes sur les batteries chaudes des aérothermes (amphi), ces vannes pourraient être remplacées par des V2V et le circulateur à vitesse fixe remplacé par un circulateur à débit variable et pression constante afin de réaliser des économies d'électricitéLe circuit constant pourrait être équipé d'une V3V en amont du circulateur pour réguler la température envoyée aux aérothermes afin de réduire les consommations. | | | |
| Aperçu systèmes de distribution | | | |
|  | |  | |
| Schéma de principe hydraulique | | Circulateurs et V3V | |

| EMISSION DE CHALEUR | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Zone desservie | Elément | Etat | Efficacité |
| Classes, bureaux | Radiateurs à eau robinets thermostatiques | | |
| Circulation | Radiateurs à eau avec robinets thermostatiques Aérothermes | | |
| Amphi | Aérothermes | | |
| Evaluation globale de l'émission de chaleur | | | |
| <ul style="list-style-type: none">Les radiateurs sont répartis dans les différents locaux et cette émission semble adaptée et apporter satisfaction.L'amphi et la circulation sont traités par des aérothermes à eau chaude.Il n'y a pas d'organe de régulation sur le circuit d'alimentation de l'aérotherme circulation. L'équipement est maintenu en température même à l'arrêt. | | | |
| Aperçu systèmes d'émission | | | |
|  | |  | |
| Aérotherme amphi | | Aérotherme circulation | |

| REGULATION | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Emplacement | Elément | Description | Etat | Efficacité |
| Classes | Régulateur | Régulateur Siemens RVL480– Prog. Hebdo | | |
| Admin | Régulateur | Régulateur Siemens RVL480– Prog. hebdo | | |
| Amphi | Thermostats | Landis&Gyr | | |
| Evaluation globale de la régulation | | | | |
| Consignes de température / loi d'eau | <u>Classes (radiateurs)</u> : 60°C(-5°C) à 30°C(15°C) <u>Admin (radiateurs)</u> : 70°C(-5°C) à 35°C(15°C) <u>Amphi (aérothermes)</u> : manuel | | | |
| Horaires de confort | <u>Classes (radiateurs)</u> : 7h-17h <u>Admin (radiateurs)</u> : 0h-0h (en mode confort et non programmation le jour du relevé) <u>Amphi (aérothermes)</u> : aucun | | | |
| <ul style="list-style-type: none">La régulation est vieillissante et non communicante.Une régulation hebdomadaire est présente mais pas annuelle.Les aérothermes de l’amphi sont réglés manuellement et individuellement. | | | | |
| Aperçu systèmes de régulation | | | | |
|  | | |  | |
| Régulateur radiateurs (classes et admin) | | | Thermostats aérothermes amphi | |

II.3.1 Eau chaude sanitaire

| EAU CHAUDE SANITAIRE | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------|------------|
| Zone desservie | Elément | Etat | Efficacité |
| WC I1 | Chauffe eau électrique Ariston 100L 1200W | | |
| Locaux ménage et WC I3 | Chauffe eau électrique DeDietrich 100L 1200W + 15L sous évier + 50L | | |
| Salles TP I3 | Chauffe eau électrique Ariston 15L | | |
| Admin I3 | Chauffe eau électrique Ariston 15L | | |
| WC I4 | Chauffe eau électrique 50L | | |
| WC I5 | Chauffe eau électrique Ariston 100L 1200W | | |
| Salle détente I5 | Chauffe eau électrique Ariston 15L | | |
| Evaluation globale de l'ECS | | | |
| <ul style="list-style-type: none">• L'eau chaude du bâtiment est produite par différents chauffe-eaux électriques répartis dans les locaux. Le besoin cumulé est trop faible pour envisager une production centralisée.• La production décentralisée est adaptée aux besoins et évite des pertes thermiques dues aux réseaux de distribution. | | | |
| Aperçu systèmes d'ECS | | | |
| <div></div> | | | |
| Chauffe eau électrique | | | |

II.3.2 Analyse de l'éclairage

L'éclairage est un poste important de consommation électrique, qu'il est nécessaire de ne pas négliger. En effet il s'agit tout autant d'un gisement d'économie d'énergie qu'une source de dérive énergétique.

Une note est attribuée à chaque système. Elle traduit à la fois la qualité et l'efficacité de l'éclairage.

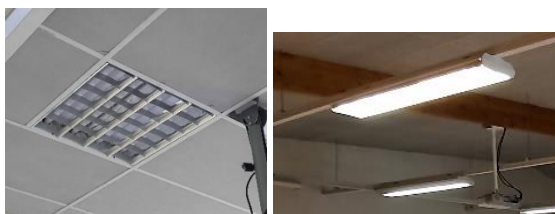
| Systèmes d'éclairage | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------|------|------------|
| Zones / pièces | Type d'éclairage | Pilotage | Etat | Efficacité |
| Salles de classe/TP (tous bâtiments) | Tubes T5 ou T8 | Interrupteurs | | |
| Bureaux I1 | LED | Interrupteurs | | |
| Bureaux I3 | Tubes T5 ou T8 | Interrupteurs | | |
| WC I1 | Downlight LED | Détecteurs de présence | | |
| Amphithéâtres I1 et I5 | Halogènes/fluorescents | Interrupteurs | | |
| Amphithéâtre I3 | Tubes T5 ou T8 | Interrupteurs | | |
| Halls I3 et I4 | Projecteurs halogènes | Détecteurs de présences | | |
| Foyer I3 | Suspensions LED | Interrupteurs | | |
| Bureaux foyer I3 | LED | Interrupteurs | | |
| Métrologie I3 | LED | Interrupteurs | | |
| Ateliers I4 | Tubes T8 | Interrupteurs | | |
| Evaluation globale de l'éclairage | | | | |
| <ul style="list-style-type: none">L'éclairage est majoritairement assuré par des luminaires ancienne génération (T5, T8, fluorescent, etc). Cet éclairage est aujourd'hui devenu peu performant compte tenu des nouvelles technologies LED.L'éclairage n'est pas gradable dans les pièces à occupation continue et à fort apport solaire. | | | | |
| Aperçu systèmes d'éclairage | | | | |



Pavé LED – bureaux I1



Projecteurs halls



Eclairage type salles de classes



Suspension Foyer I3

II.3.3 Analyse des équipements spécifiques et des installations électriques

Les principaux équipements à usage divers ont été relevés afin d'évaluer au mieux leur impact sur la consommation globale.

| Equipements spécifiques | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Zones / pièces | Principaux équipements relevés |
| Salles de classe | PC (nombre variable selon usage de la salle) / vidéoprojecteur |
| Salles de TP | Equipements spécifiques (appareils électroniques, de mesures, etc) |
| Bureaux | PC / photocopieur multifonction / etc |
| Salle du personnel | micro-ondes / cafetière / bouilloire / réfrigérateur / etc |
| <ul style="list-style-type: none">• Certains des équipements relevés sont assez consommateurs et peuvent présenter un enjeu (rétroprojecteurs, postes informatiques notamment). Leur usage est nécessaire mais il doit être restreint autant que possible, particulièrement en période estivale où ils peuvent entraîner des surchauffes.• Il est également conseillé de choisir du matériel peu consommateur en cas de renouvellement, en s'appuyant sur les étiquettes énergétiques ou sur les différents labels existants. | |

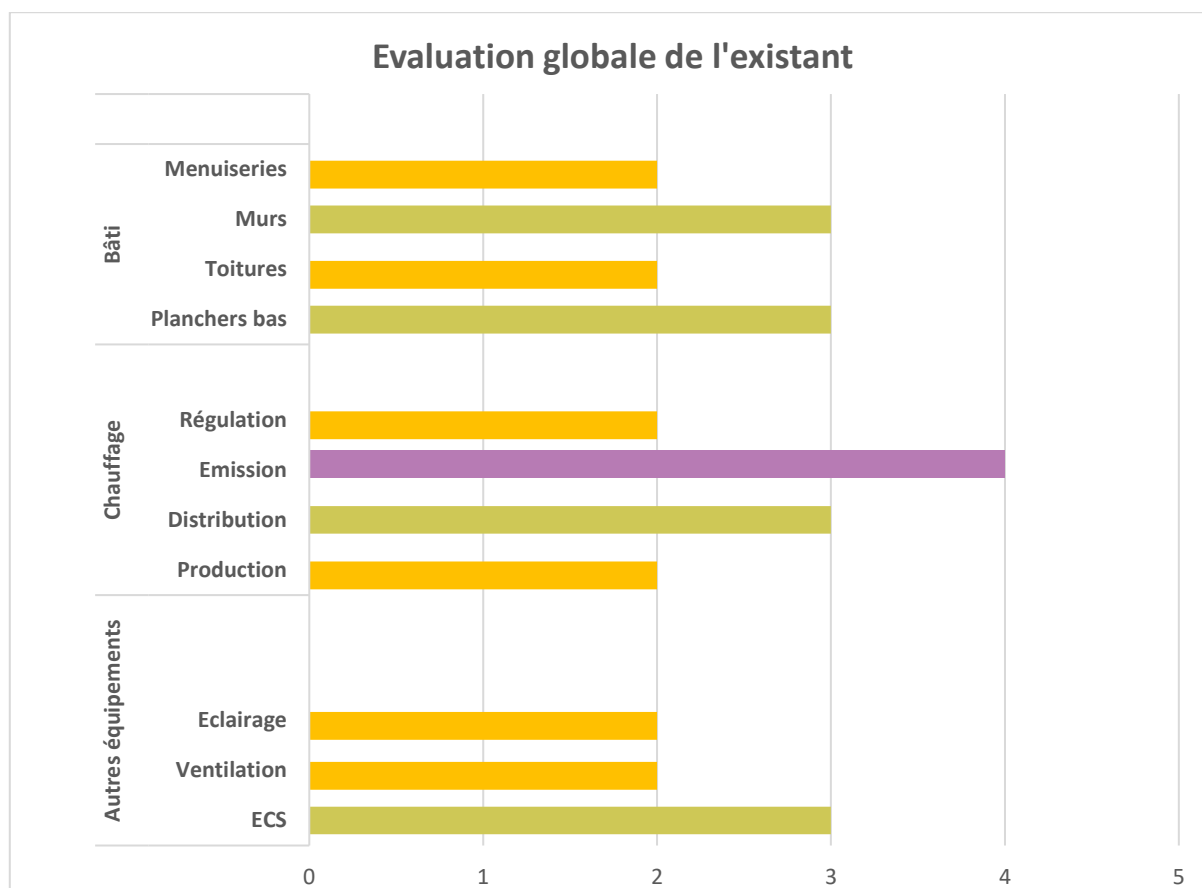
II.3.4 Analyse de la maintenance

| Synthèse des prestations de maintenance | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------|
| Type de contrat | P1 - fourniture d'énergie | P2 - entretien courant | P3 – gros renouvellement |
| Souscription | Oui | Oui | Non |
| Prestataire | ENGIE | ENGIE | - |
| Périmètre | Chaufferie | Chaufferie – émission – ventilation – climatisation | - |
| Montant annuel | 32 296 €HT (valeur 2019) | 7 585 €HT (valeur 2019) | - |
| <p>La maintenance est réalisée par la société ENGIE, dans le cadre d'un contrat d'entretien annuel portant sur plusieurs sites de la collectivité. Ainsi il est prévu un suivi régulier des installations CVC. Néanmoins le suivi des régulations est perfectible : des circuits sont constatés en mode confort en période de vacances scolaires.</p> <p>Les prestations semblent adaptées aux installations dans leur état actuel. Néanmoins l'absence de contrat P3 ne permet pas de préparer le renouvellement futur des installations.</p> | | | |
| Adéquation globale de la maintenance vis-à-vis des installations | | | |

II.4 SYNTHÈSE DE L'EXISTANT

II.4.1 Evaluation globale

L'évaluation ci-dessous porte à la fois sur l'état des équipements ou des éléments du bâti, et sur leur efficacité énergétique respective.



On remarque la forte nécessité de rénover le bâti et d'en améliorer la performance, il s'agit clairement du point faible du site. La rénovation et le renforcement de la ventilation devront y être associés. Les autres installations sont pour l'heure satisfaisantes même si des travaux sont nécessaires par endroits. A noter qu'il est dommageable d'utiliser une énergie fossile pour un site aussi conséquent, et que la mise en place d'une énergie renouvelable sera le principal enjeu du site à moyen terme.

II.4.2 Points positifs et négatifs

Points négatifs constatés



BATI :

- Façades rideaux des halls en simple vitrage

VENTILATION :

- Absence de ventilation ou ventilation simple flux à priori insuffisante dans les salles de classes

CHAUFFAGE :

- Utilisation d'un combustible fossile
- Chaufferie à rénover
- Certains émetteurs sont haute température (tubes à ailettes des hall, aérothermes)
- Régulation non communicante

EAU CHAUDE SANITAIRE :

-

ECLAIRAGE :

- Eclairage énergivore (tubes T8).

Points positifs constatés



BATI :

- Menuiseries globalement en double vitrage

VENTILATION :

- Systèmes de ventilation nombreux, assurant un renouvellement moyennement correct.

CHAUFFAGE :

- Radiateurs dans la plupart des salles équipés de robinets thermostatiques

EAU CHAUDE SANITAIRE :

- Production ECS adaptée à l'usage

ECLAIRAGE :

- Quelques éclairages rénovés (LED)

III. BILAN ENERGETIQUE

III.1 BILAN DES CONSOMMATIONS REELLES

III.1.1 Plan de comptage

Les points de livraison présents sur site sont les suivants :

| Énergie | Type de comptage | N°EDL/PDL | Fournisseur | Tarif |
|-------------|--------------------------------------------------|----------------|-------------|-------|
| Électricité | Compteur dédié et unique pour tous les bâtiments | 30001540290675 | inconnu | - |
| Gaz naturel | Compteur dédié | 3600808001 | - | - |

L'adéquation de la puissance électrique souscrite est difficile à juger en l'absence d'historique des appels de puissance. Il est ainsi recommandé de visualiser cet historique sur l'interface dédiée aux compteurs linky, et de procéder à un ajustement de la puissance souscrite si nécessaire.

Le détail des consommations et dépenses pour chaque énergie est présenté sur les pages suivantes.

III.1.2 Bilan par énergie

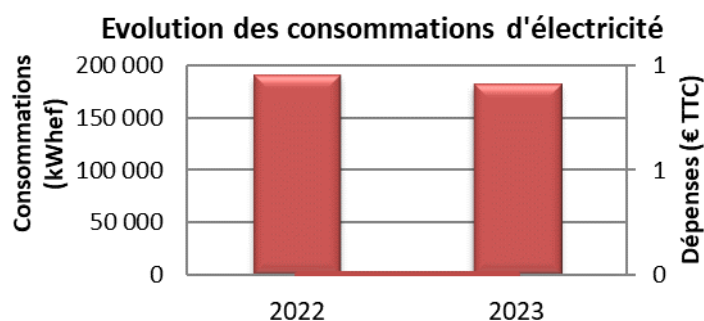
ÉLECTRICITE

Le tableau ci-dessous recense les usages auxquels cette énergie est dédiée :

| Chauffage | Climatisation | Eau chaude sanitaire | Éclairage | Auxiliaires | Ventilation | Autres |
|-----------|---------------|----------------------|-----------|-------------|-------------|--------|
| | | X | X | X | X | X |

Nous avons établi le tableau suivant à partir des données de facturation transmises :

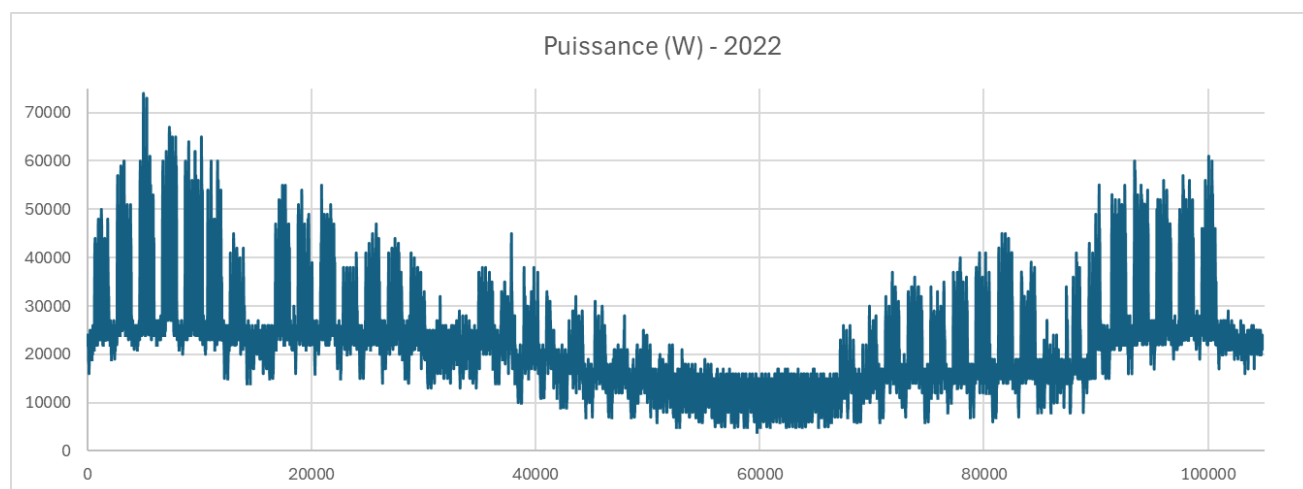
| | 2022 | 2023 | Moyenne |
|-------------------------------|---------|---------|----------------|
| Consommation en kWh EF | 189 848 | 180 908 | 185 380 |
| <i>Evolution %</i> | - | - 5 % | - |
| Coût en € TTC | - | - | - |
| <i>Evolution %</i> | - | - | - |
| € TTC / MWhef | - | - | - |
| <i>Evolution %</i> | - | - | - |



Des données de consommations sur des années complètes ont été récupérées sur 2022 et 2023. Elles indiquent une stabilité dans la consommation d'électricité.

En revanche aucune information concernant le coût n'a pu être étudiée.

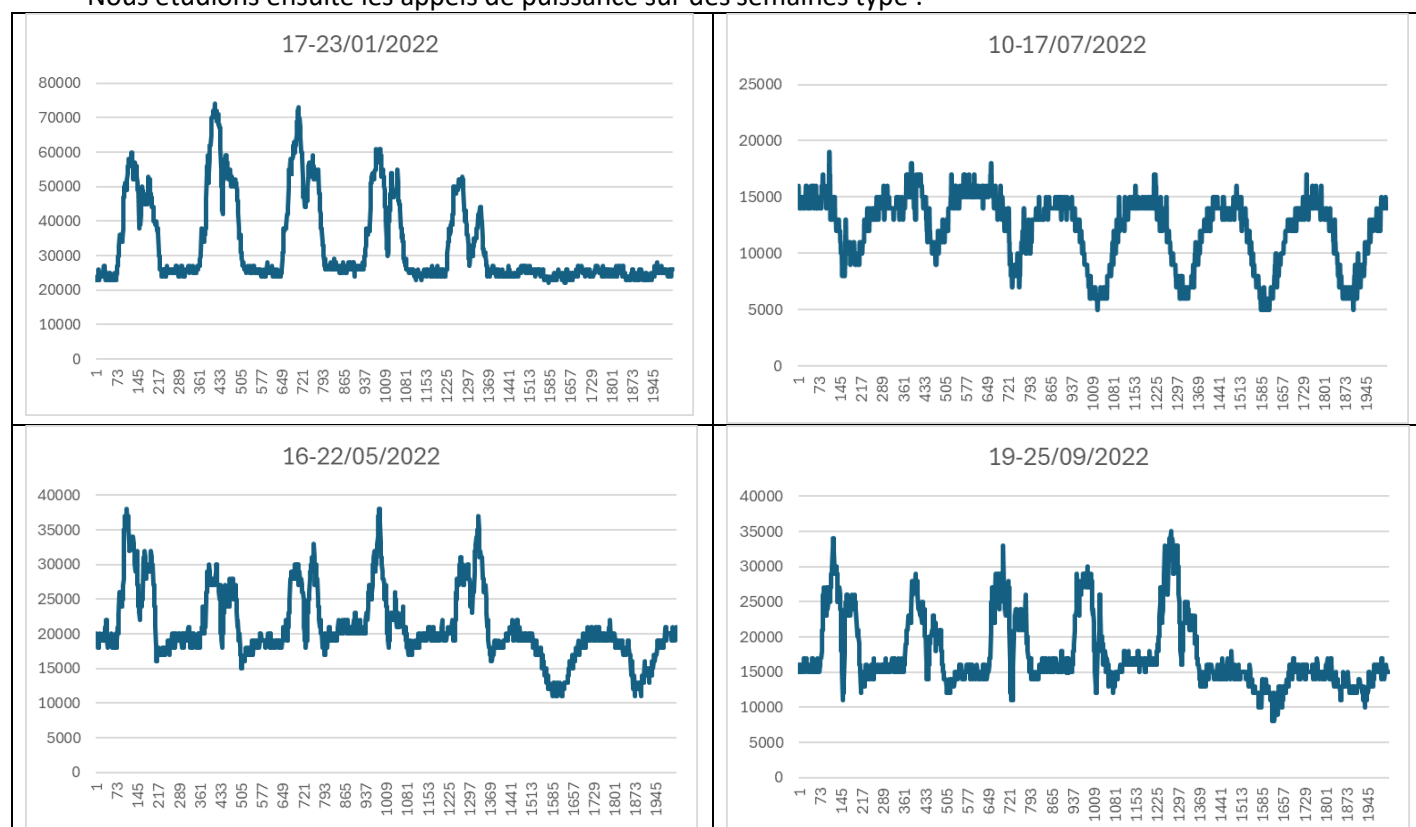
Nous avons également étudié l'historique des appels de puissance au pas de temps 5 minutes, transmis pour la période allant du 01/01/22 au 31/12/22 :



Nous observons un talon de consommation autour de 25kW en hiver, autour de 5-15kW en été et autour de 15-20kW en mi saison, probablement dus aux équipements de ventilation et autres équipements toujours en fonctionnement.

Les pics de puissances journaliers correspondent principalement aux usages mobiliers (bureautique, matériels expérimental, etc) et à l'éclairage. Nous observons d'ailleurs que ces pics sont environ deux fois plus importants en hiver qu'en mi saison, peut-être dû à la moindre utilisation de l'éclairage en mi saison (rappel : éclairage fortement consommateur car pas en LED).

Nous étudions ensuite les appels de puissance sur des semaines type :



En période d'occupation, nous observons bien les pics journaliers ainsi que les creux entre 12 et 14h (extinction de l'éclairage, des ordinateurs, etc).

Durant les congés d'été, les pics de puissances apparaissent la nuit et non la journée.

COMBUSTIBLE (GAZ NATUREL)

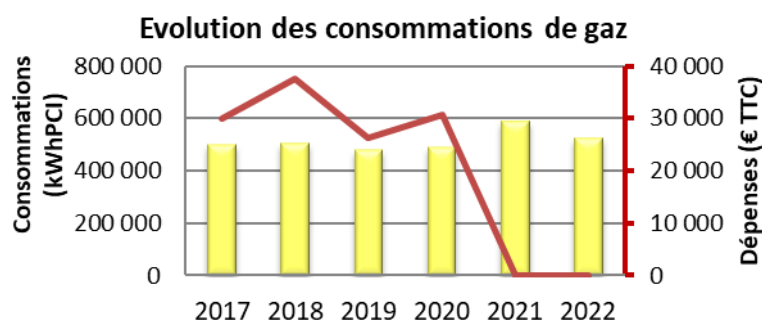
Le tableau ci-dessous recense les usages auxquels cette énergie est dédiée :

| Chauffage | Eau chaude sanitaire | Cuisson | Autres |
|-----------|----------------------|---------|--------|
| X | | | |

Nous avons établi le tableau suivant à partir des données de facturation transmises :

| | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | Moyenne |
|----------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------------|
| Consommation en kWh PCI | 496 800 | 501 300 | 477 900 | 486 900 | 587 700 | 524 700 | 512 550 |
| Evolution % | - | +1% | -5% | +2% | +21% | -11% | - |
| Indicateur kWh PCI / DJU* | 230 | 243 | 232 | 260 | 302 | 261 | 250 |
| Evolution % | - | +6% | -5% | +12% | +16% | -14% | - |
| Coût en € TTC | 29 883 | 37 490 | 26 320 | 30 642 | - | - | 31 084 |
| Evolution % | - | +25% | -30% | +16% | - | - | - |
| € TTC / MWh PCI | 60,2 | 74,8 | 55,1 | 62,9 | - | - | 63,2 |
| Evolution % | - | +24% | -26% | +14% | - | - | - |

*Degrés-Jours Unifiés (définition en annexe 2). Un nombre élevé de DJU correspond à une année froide.



Les consommations semblent relativement stables d'une année sur l'autre.

L'indicateur présenté sous les consommations permet de s'affranchir de l'impact des conditions climatiques sur ces dernières, en les rapportant aux DJU (ou degrés-jours unifiés) qui caractérisent la rigueur climatique, un nombre de DJU élevé correspondant à une année particulièrement froide.

A noter néanmoins une hausse de la consommation en 2021.

Le coût était relativement stable jusqu'en 2020, les informations des années suivantes n'ont pas pu être étudiées mais il est fort probable que le coût ait augmenté durant l'année 2022.

III.1.3 Bilan toutes énergies (site complet)

INTRODUCTION

Est présenté dans ce chapitre un récapitulatif des consommations, dépenses et émissions de GES pour chaque énergie. Il s'agit d'une synthèse des données détaillées présentées sur les pages précédentes, mais en reprenant uniquement les années représentatives, c'est-à-dire les années complètes n'étant pas marquées par un événement particulier type fermeture exceptionnelle.

Attention, la surface utilisée pour le calcul des différents ratios est la SHON, et non la surface chauffée.

BILAN ENERGETIQUE

Le type d'énergie exprimé ici est l'énergie primaire. **Elle est la mesure utilisée pour exprimer et comparer des énergies de sources différentes.** En effet, il est difficile -et énergétiquement faux- de comparer des kWh d'origine électrique et des kWh d'origine fossile (gaz, fioul, réseau urbain) :

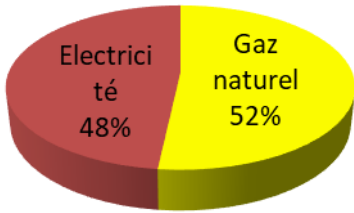
- 1 kWh PCI d'origine fossile = 1 kWhep
- 1 kWh électrique = 2,58 kWhep
- 1 kWh bois = 0,6 kWhep

Définition de l'Observatoire de l'Énergie :

L'énergie primaire est la première forme de l'énergie directement disponible dans la nature (bois, charbon, gaz naturel, pétrole, vent, rayonnement solaire, énergie hydraulique, géothermique...). Elle n'est pas toujours directement utilisable et fait donc souvent l'objet de transformations (raffinage du pétrole pour avoir de l'essence ou du gazole ; combustion du charbon pour produire de l'électricité dans une centrale thermique, etc.).

L'énergie secondaire est obtenue par la transformation d'une énergie primaire au moyen d'un système de conversion : par exemple, une centrale thermique produit de l'électricité (énergie secondaire) à partir de charbon (énergie primaire).

Le bilan des consommations énergétiques du site est le suivant :

| | kWh PCI ou kwh élec | kWh EP | Répartition consommation kWh EP (en %) | kWh EP/ m ² SHON |
|-------------|------------------------|---------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Gaz naturel | 512 550 | 512 550 |  | 65 |
| Electricité | 185 380 | 478 280 | | 61 |
| TOTAL | 697 930 | 990 830 | | 126 |

BILAN ECONOMIQUE

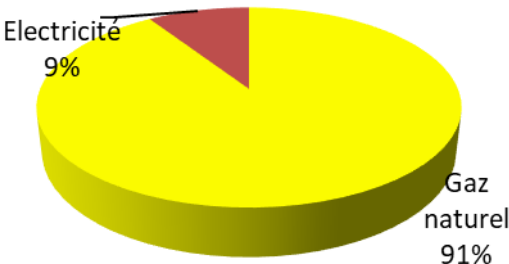
Le bilan des dépenses correspondantes aux consommations est le suivant :

| | € TTC | Répartition (en %) | € TTC/ m²SHON |
|--------------------|--------|--------------------|------------------|
| Gaz naturel | 31 085 | - | 3.9 |
| Electricité | ? | | ? |
| TOTAL | ? | | ? |

BILAN ENVIRONNEMENTAL

Équivalence CO₂ :

On peut estimer les émissions de gaz à effet de serre du site en se basant sur les consommations par énergie. A l'aide de coefficients de conversion on obtient les données suivantes :

| | Téq CO ₂ | Répartition (en %) | Kgéq CO ₂ / m²SHON |
|--------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Gaz naturel | 116,3 |  | 14,8 |
| Electricité | 11,9 | | 1,5 |
| TOTAL | 128,2 | | 16,3 |

Équivalence déchets radioactifs :

La fourniture d'électricité par une centrale nucléaire implique une production de déchets radioactifs. En 2019, un kWh d'électricité fourni par une centrale d'EDF a induit :

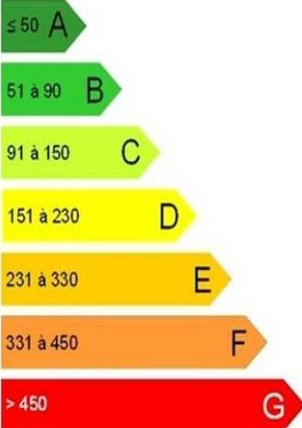
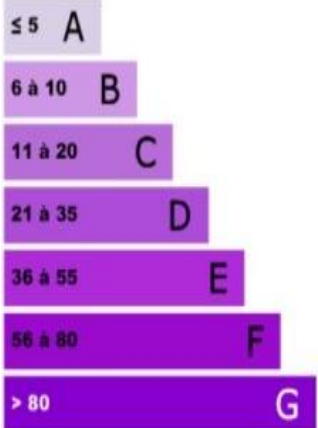
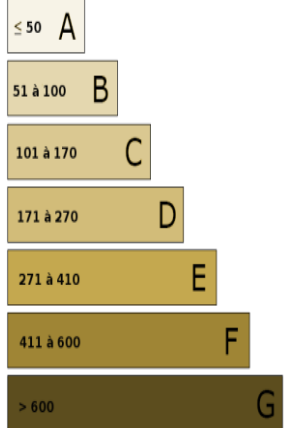
- 12,32 mg/kWh de déchets radioactifs à vie courte
- 1 mg/kWh de déchets radioactifs à vie longue

Ainsi on peut estimer que le site rejette en moyenne 313 g de déchets radioactifs par an.

Les déchets radioactifs à vie courte, sont les déchets dont la période de décroissance radioactive n'excède pas 30 ans. Ils proviennent principalement des opérations de maintenance et d'entretien des centrales. Les déchets radioactifs à vie longue sont des déchets fortement radioactifs. Ils sont constitués des parties du combustible nucléaire non réutilisable après usage (produit de fission).

ÉTIQUETTES CARACTERISTIQUES

Nous avons établi les étiquettes suivantes à partir des consommations présentées précédemment :

| Etiquette énergie (kWhEP/m²SHON.an) | | Etiquette climat (kgéq CO ₂ /m²SHON.an) | | Etiquette déchets radioactifs (mg/m²SHON.an) | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Consommation estimée : | 126 | Emission de GES estimée : | 16 | Production de déchets estimée : | 313 |
| <i>Bâtiment économe</i>  <i>Bâtiment énergivore</i> | | <i>Faible émission de GES</i>  <i>Forte émission de GES</i> | | <i>Faible production de déchets</i>  <i>Forte production de déchets</i> | |

Les émissions de gaz à effet de serre sont importantes à cause de l'usage d'une énergie fossile pour le chauffage.

Attention, ces étiquettes n'ont pas valeur de diagnostic de performance énergétique (DPE). Il s'agit uniquement d'estimations réalisées afin de situer le site audité par rapport à d'autres sites similaires.

III.2 MODELISATION DES CONSOMMATIONS THEORIQUES

III.2.1 Bilan Thermique

Le bilan thermique du site a été établi en vue d'une part, de vérifier que la puissance de la production de chaleur installée est correctement dimensionnée, et d'autre part afin de calculer la consommation de chauffage théorique du site.

Pour ce faire, le calcul a été réalisé selon la norme EN 12831, en s'appuyant sur les hypothèses suivantes :

| | |
|--------------------------------|-----------------|
| Département | Vienne (86) |
| Zone climatique | H2B |
| Bordure de mer | Zone intérieure |
| Altitude moyenne du lieu | 80 m |
| Température extérieure de base | -7 °C |

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant :

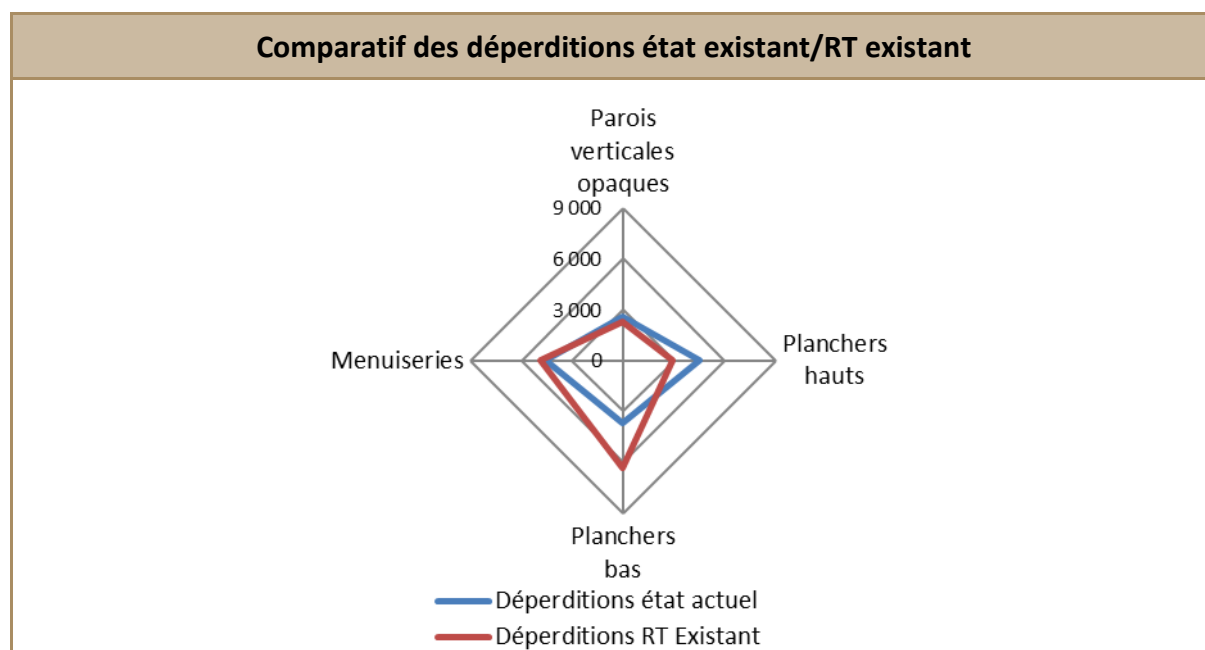
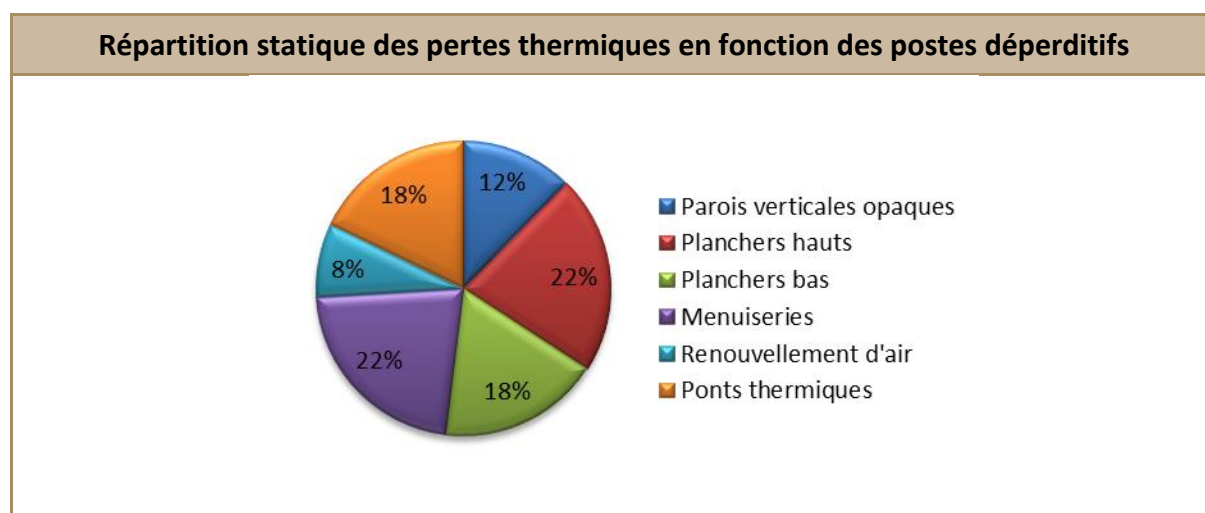
| Bâtiment | Surface SHON (m ²) | Surface chauffée (m ²) | Température intérieure de référence (en °C) | Déperditions totales (W) | Ratio de déperditions surfacique (W/m ²) |
|----------|--------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------------|
| I1 | 761 | 765 | 19 | 20 780 | 27 |
| I3 | 0 | 0 | 19 | 168 270 | 55 |
| I4 | 3087 | 3094 | 19 | 97 220 | 38 |
| I5 | 2555 | 2542 | 19 | 67 120 | 45 |
| TOTAL | 7483 | 7206 | - | 353 390 | - |

*Ubât : Coefficient caractérisant les déperditions thermiques de l'enveloppe du bâtiment. Plus sa valeur est faible, plus le bâtiment est thermiquement performant.

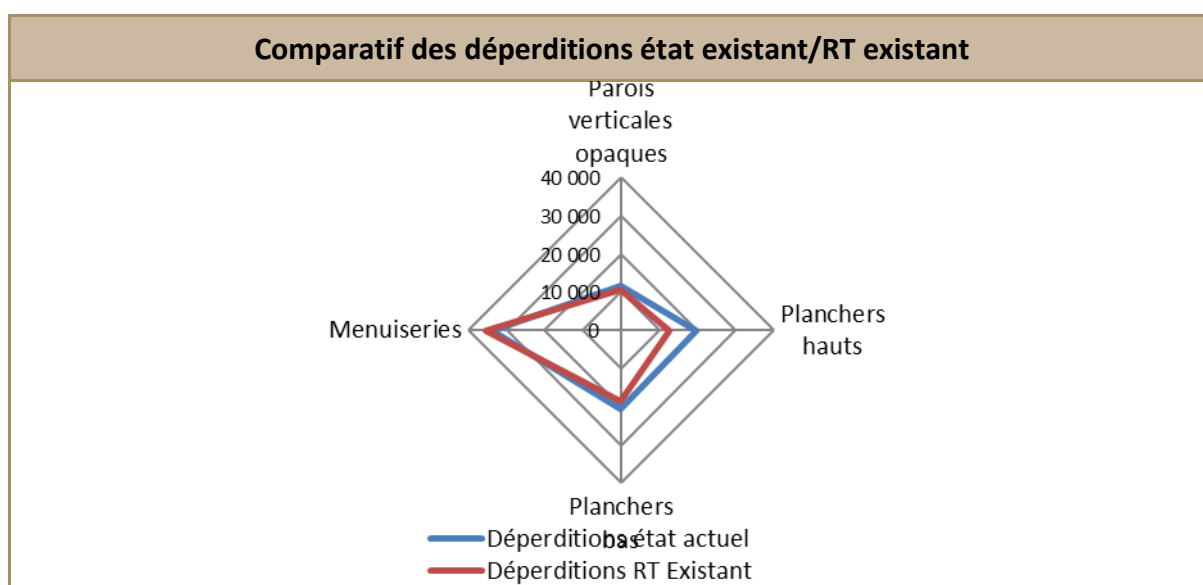
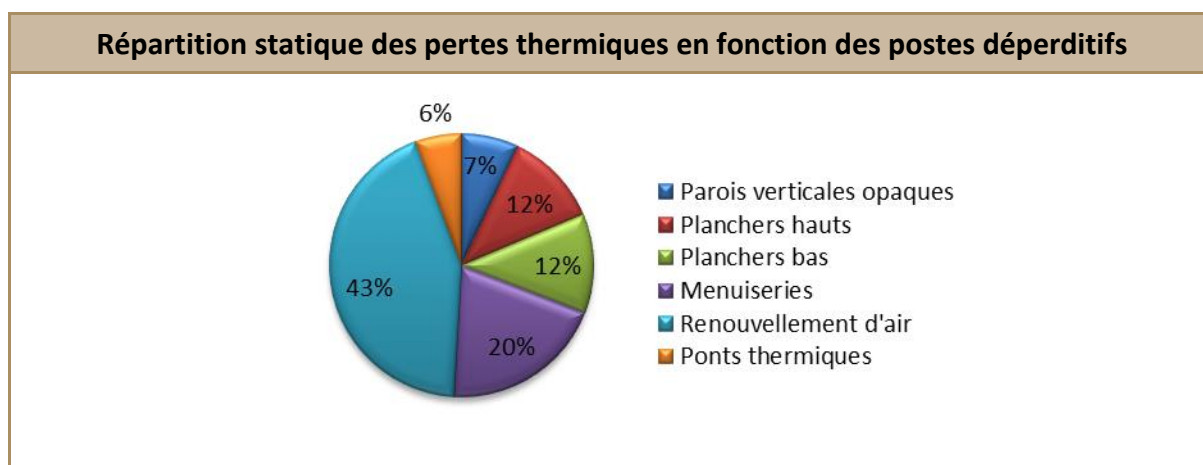
**Ubât ref : Coefficient moyen de référence de déperdition par les parois et les baies du bâtiment. Permet de situer la déperdition par transmission à travers l'enveloppe par rapport à une valeur de référence calculée en fonction des caractéristiques thermiques de référence de l'enveloppe.

Les différents tableaux ci-dessous détaillent les déperditions par poste et les comparent aux valeurs de la RT existant :

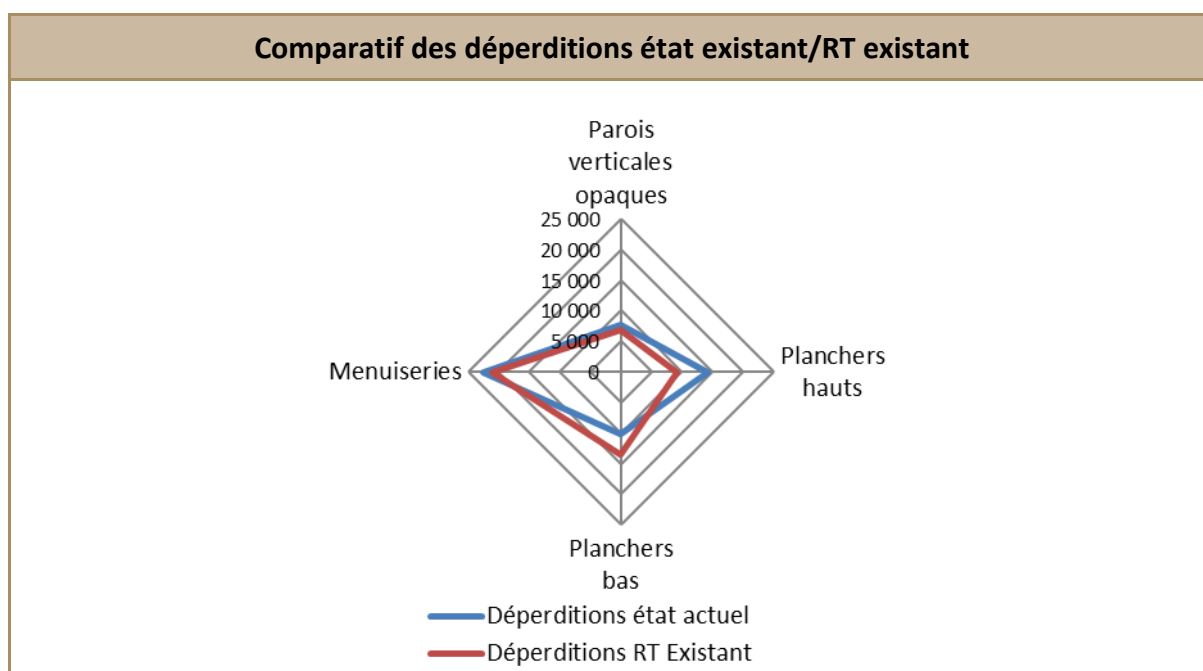
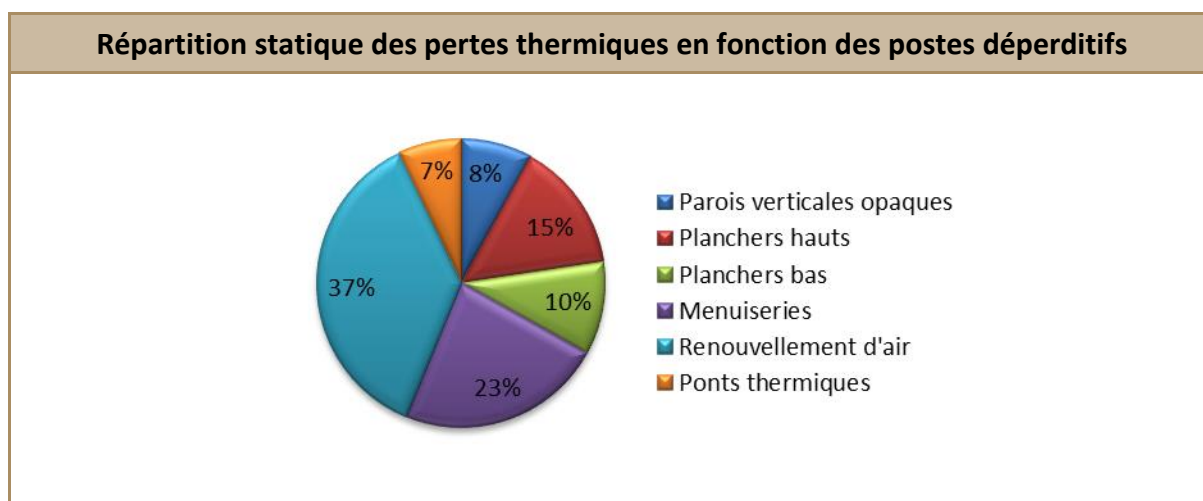
| Bâtiment I1 | | | |
|---------------------------|---------------------------------|-------------------------------|------------|
| Type de parois | Déperditions état existant en W | Déperditions RT existant en W | Écart en % |
| Parois verticales opaques | 2 570 | 2 291 | -12% |
| Planchers hauts | 4 520 | 2 927 | -54% |
| Planchers bas | 3 710 | 6 361 | 42% |
| Menuiseries | 4 590 | 4 888 | 6% |
| Total parois | 15 390 | 16 467 | 7% |
| Renouvellement d'air | 1 680 | | |
| Ponts thermiques | 3 710 | | |
| Total tous postes | 20 780 | | |



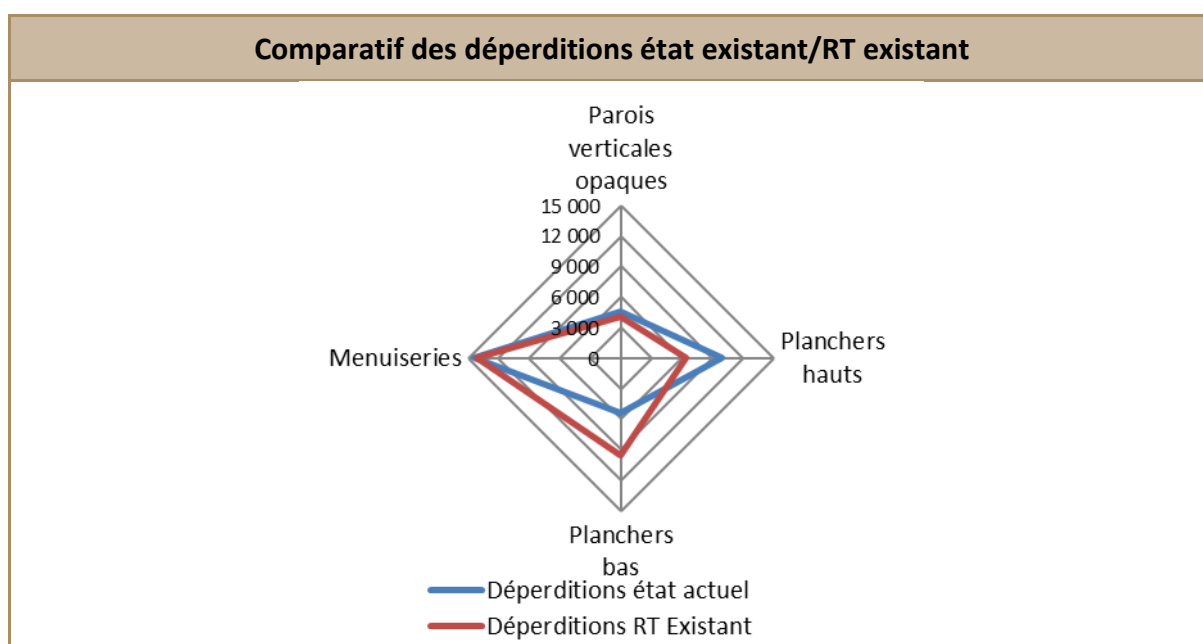
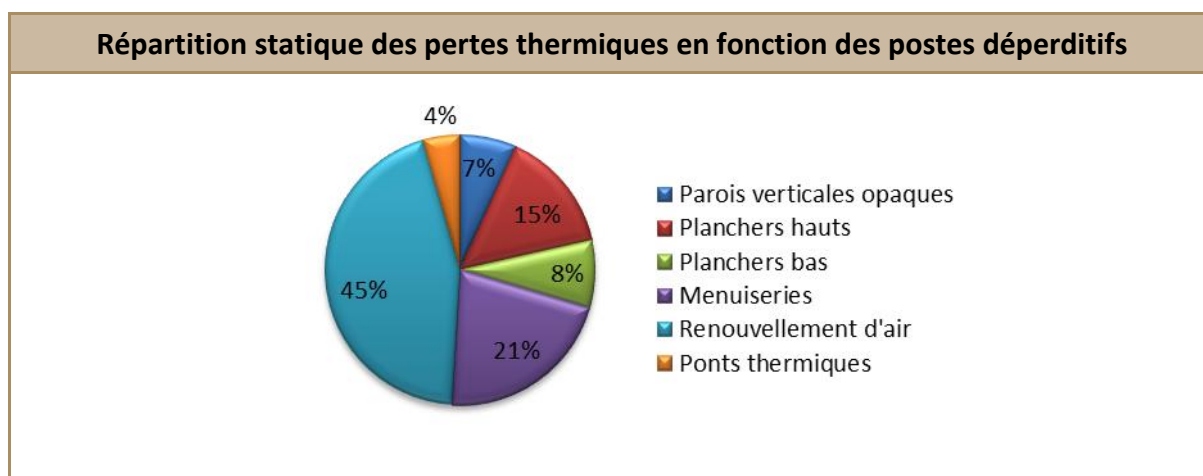
| Bâtiment I3 | | | |
|---------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------|
| Type de parois | Déperditions état existant en W | Déperditions RT existant en W | Écart en % |
| Parois verticales opaques | 11 840 | 10 554 | -12% |
| Planchers hauts | 19 590 | 12 716 | -54% |
| Planchers bas | 20 530 | 18 599 | -10% |
| Menuiseries | 33 720 | 35 256 | 4% |
| Total parois | 85 680 | 77 125 | -11% |
| Renouvellement d'air | 73 040 | | |
| Ponts thermiques | 9 550 | | |
| Total tous postes | 168 270 | | |



| Bâtiment I4 | | | |
|---------------------------|---------------------------------|-------------------------------|------------|
| Type de parois | Déperditions état existant en W | Déperditions RT existant en W | Écart en % |
| Parois verticales opaques | 7 740 | 6 898 | -12% |
| Planchers hauts | 14 250 | 9 251 | -54% |
| Planchers bas | 10 170 | 13 598 | 25% |
| Menuiseries | 22 500 | 21 008 | -7% |
| Total parois | 54 660 | 50 755 | -8% |
| Renouvellement d'air | 35 720 | | |
| Ponts thermiques | 6 840 | | |
| Total tous postes | 97 220 | | |



| Bâtiment I5 | | | |
|---------------------------|---------------------------------|-------------------------------|------------|
| Type de parois | Déperditions état existant en W | Déperditions RT existant en W | Écart en % |
| Parois verticales opaques | 4 540 | 4 046 | -12% |
| Planchers hauts | 9 900 | 6 427 | -54% |
| Planchers bas | 5 390 | 9 568 | 44% |
| Menuiseries | 14 380 | 14 144 | -2% |
| Total parois | 34 210 | 34 186 | 0% |
| Renouvellement d'air | 29 930 | | |
| Ponts thermiques | 2 980 | | |
| Total tous postes | 67 120 | | |



III.2.2 Consommation théorique de chauffage

Suite au calcul des déperditions, il est possible d'établir la consommation théorique de chauffage du site étudié. Les hypothèses suivantes ont été posées :

- DJU décennaux (2010 à 2019) : 2179
- DJU moyens saison de chauffe entre 2019 et 2021 : 1960
- Les consignes de températures retenues par zone sont les suivantes :

| Zone desservie | Consigne Confort (°C) | Consigne réduit (°C) |
|------------------|-----------------------|----------------------|
| Totalité du site | 19°C | 17°C |

Le tableau suivant représente les résultats en termes de consommation théorique de chauffage du site calculé avec le logiciel Pleiades :

| Zone desservie | Déperditions Totales (kW) | Energie de chauffage | Consommation théorique (KWh PCI) |
|----------------|---------------------------|----------------------|----------------------------------|
| Bâtiment | 354 | Gaz | 549 943 |

III.2.3 Recollement des consommations de chauffage

Afin de vérifier qu'il n'y ait pas de dérive énergétique importante sur le site étudié, il est nécessaire de comparer la consommation énergétique théorique estimée (calculée avec le logiciel Pleiades) à la consommation réelle obtenue à partir des factures fournies.

| | | |
|-------------------------------------------------------------------|---------|------------|
| Consommation réelle de chauffage, moyennée sur la période étudiée | 512 550 | kWh PCI/an |
| Consommation théorique de chauffage, basée sur la modélisation | 549 805 | kWh PCI/an |
| Écart | 6,78% | % |

Remarque : La différence entre les consommations théorique et réelle est inférieure à 10% (marge d'erreur moyenne tolérée), on peut donc valider les hypothèses qui ont été prises.

L'écart subsistant peut s'expliquer par les raisons suivantes :

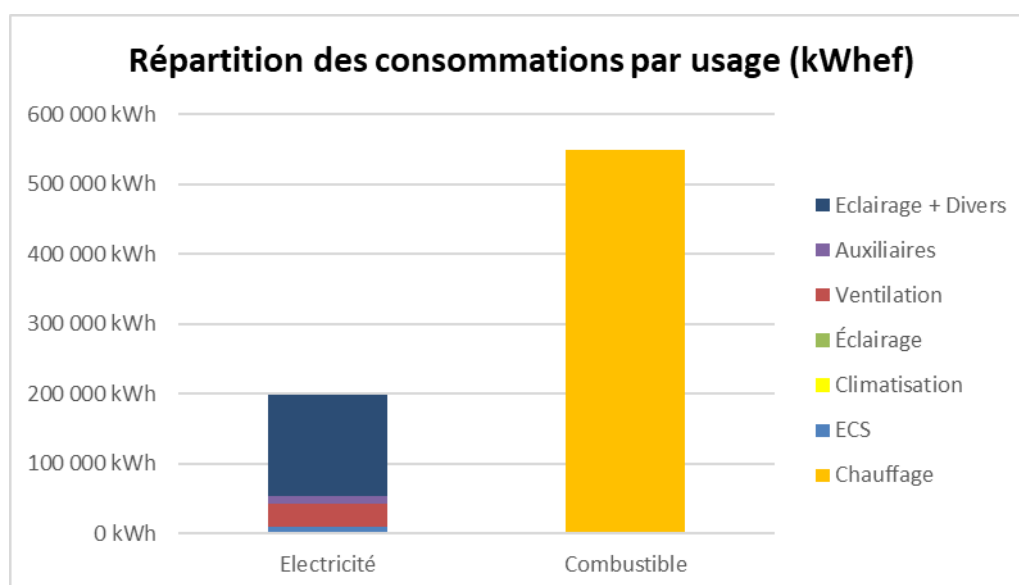
- Les incertitudes liées au comportement des usagers, difficilement quantifiables.
- Les apports externes et internes sont théoriques, il est bien évidemment difficile de recréer les conditions exactes d'utilisation d'un bâtiment.
- Les hypothèses faites sur la constitution de l'enveloppe thermique du ou des bâtiments.
- L'utilisation réelle qui est faite du site, notamment en termes de taux d'occupation.

III.2.4 Consommations théoriques tous usages

La répartition des consommations théoriques par usage est réalisée à partir du logiciel Pleiades.

| Usages | Consommations d'électricité (kWh/an) | Consommation de combustible (kWh/an) |
|------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| Chauffage | 264 | 549 805 |
| ECS | 9 290 | 0 |
| Climatisation | 0 | 0 |
| Éclairage | 0 | 0 |
| Ventilation | 32 847 | 0 |
| Auxiliaires | 12 013 | 0 |
| Divers | 145 402 | 0 |
| Total par énergie | 199 816 | 549 805 |
| Total toutes énergies | 749 621 | |

Le graphique ci-dessous reprend les consommations pour chaque usage, issues de la modélisation.



On constate ainsi que la majeure partie des consommations est liée au chauffage. Le second poste de consommation correspond aux consommations électriques de l'éclairage et mobilier (ordinateurs, instrumentation des salles TP, etc). Il s'agit donc des postes représentant le plus d'enjeu sur le site.

III.3 SYNTHÈSE DES INDICATEURS DE CONSOMMATION

Le tableau ci-dessous résume la situation du site en matière de déperditions, de consommations énergétiques, coûts et émissions de GES pour les énergies utilisées sur le site. Il s'agit-là des valeurs réelles et non de celles issues de la modélisation (à l'exception des déperditions).

Les données liées aux consommations sont issues du bilan toutes énergies présenté plus haut.

| Surface SHON : | | 7 886 |
|------------------------------------------------------|---------|-----------------------|
| Indicateurs généraux | | / m ² SHON |
| Déperditions (W) | 353 390 | 45 |
| Consommations énergétiques et émissions associées | | / m ² SHON |
| Combustible (kWh PCI) | 512 550 | 65 |
| Electricité (kWh _{ef}) | 185 380 | 24 |
| Emissions de GES (kg _{eq} CO ₂) | 128 213 | 16 |
| Dépenses énergétiques | | / m ² SHON |
| Combustible (€TTC) | 31 085 | 3,9 |
| Electricité (€TTC) | ? | ? |

IV. ÉTAT INITIAL DE L'ETUDE

IV.1 DEFINITION DE L'ETAT INITIAL

IV.1.1 Calcul théorique

La modélisation présentée sur les pages précédentes permet de connaître les volumes annuels moyens des consommations d'énergie primaire et finale, ainsi que des émissions de gaz à effet de serre. Nous appliquons ensuite un coût unitaire propre à chaque énergie pour pouvoir évaluer la dépense annuelle correspondant à la consommation d'énergie finale issue de la modélisation.

Ainsi l'état initial du site est le suivant :

| Energie | Consommation énergie finale (kWh EF/an) | Consommation énergie primaire (kWh EP/an) | Dépense (€ TTC/an) | Emission GES (TéqCO2/an) |
|--------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------|--------------------------|
| Gaz naturel | 549 805 | 549 805 | 33 343 | 124,8 |
| Electricité | 199 816 | 515 525 | 29 972 € | 12,8 |
| Total | 749 621 | 1 060 749 | 63 316 € | 137,6 |

Les préconisations et scénarios de travaux présentés plus loin seront basés sur ces valeurs.

Les coûts unitaires utilisés pour obtenir les dépenses sont les suivants :

- Electricité : 15c€/kWh
- Gaz naturel : 6c€/kWh
- Bois plaquettes : 5c€/kWh

Ces valeurs correspondent à une moyenne des coûts issus des factures, moyenne modulée avec les coûts généralement constatés pour ce type de contrat. Ceci afin de prendre en compte les dernières hausses constatées sans pour autant surestimer les dépenses et donc les économies réalisables.

V. PRECONISATIONS D'ACTIONS CORRECTIVES ET D'INVESTISSEMENT

V.1 GENERALITES

La présente étude a pour objectif de proposer les actions les plus pertinentes en termes de faisabilité technique, économique, d'opportunité d'énergies présentes, et de contexte (vocation du bâtiment).

Ainsi, les actions d'amélioration qui ont été jugées moins pertinentes que celles détaillées dans la suite du rapport, ne seront pas présentées.

Pour chaque préconisation, il est calculé plusieurs indicateurs (financiers, environnementaux, énergétiques...) afin de guider le Maître d'ouvrage dans sa prise de décision. L'incertitude sur le chiffrage de l'investissement des actions ainsi que sur les différents gains est de 10 à 20 %.

Ces indicateurs sont définis ci-dessous :

Valorisation MWh Cumac : Toute personne physique ou morale (association, collectivité, entreprise...) qui réalisera des économies d'énergie se verra délivrer un certain nombre de certificats en fonction des kWh économisés et pourra les revendre à ses fournisseurs d'énergie. Les CEE sont comptabilisées en kWh CUMAC d'énergie finale économisée. L'abréviation CUMAC provient de la contraction de « cumulé » et « actualisés » car le kWh est ramené à la durée de vie du produit et actualisé au marché.

Le tarif de rachat des CEE retenu dans le présent audit est de 7€/MWh Cumac, ce qui correspond au cours actuel des certificats.

Attention les MWh Cumac et leur valorisation en euros sont donnés ici à titre indicatif, ils devront faire l'objet d'une vérification avant la réalisation des travaux.

Temps de retour Brut/Actualisé : Le temps de retour Brut (TRB) est obtenu en divisant l'investissement par le gain économique annuel de l'action. Il ne prend pas en compte le coût d'exploitation, l'inflation sur le coût des énergies, la durée de vie de l'équipement... Dans le contexte économique actuel, si le coût initial revêt une importance pour l'investisseur, les charges (ou réductions de charges) à venir doivent être prises en compte sur l'ensemble de la durée de vie des équipements. En effet, dans la mesure où l'entretien d'un bâtiment, le chauffage, l'eau chaude sanitaire etc représentent des coûts de fonctionnement inévitables et non rentables, il s'agit de traduire la totalité des dépenses effectuées au titre de ces services sur leur durée de vie.

Le temps de retour Actualisé (TRA) est calculé en prenant en compte :

- L'inflation du coût des énergies, différenciée par énergie, issue du cahier des charges type de l'ADEME
- L'évolution des coûts de maintenance, en fonction du matériel proposé.
- Les coûts liés au renouvellement du matériel.

Impact environnemental : Les actions visant à réduire les consommations d'énergie n'ont pas seulement un impact financier, mais également un impact environnemental. Ainsi, pour chacune des solutions proposées, les rejets en T_{eq} CO₂ sont indiqués. Le **scope 1** représente les émissions directes, et le **scope 2** représente les émissions indirectes associées à la consommation d'électricité, de froid et de chaleur (voir tableau ci-dessous).

| Catégories d'émissions | Postes |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| SCOPE 1 Emissions directes de GES | Emissions directes des sources fixes de combustion |
| | Emissions directes des sources mobiles à moteur thermique |
| | Emissions directes des procédés hors énergie |
| | Emissions directes fugitives |
| | Emissions issues de la biomasse (sols et forêts) |
| SCOPE 2 Emissions indirectes associées à l'énergie | Emissions indirectes liées à la consommation d'électricité |
| | Emissions indirectes liées à la consommation de vapeur, chaleur ou froid |

Economie globale sur 30 ans : L'économie globale d'une solution permet de quantifier l'impact de cette dernière en termes d'économies financières sur une période de référence donnée (30 ans dans le cadre de cette étude). L'économie globale permet de résonner au-delà du simple investissement en tenant compte notamment de divers paramètres tels que : l'actualisation du prix de l'énergie, l'inflation des coûts annuels, les coûts de renouvellement du matériel, le surcoût de maintenance etc.

PHASAGE DES TRAVAUX

Suite à un audit énergétique, il est important de bien hiérarchiser les différents types de travaux pouvant être entrepris dans le temps ainsi que les impacts qu'auront ces derniers sur les plans énergétique, économique et environnemental.

Dès lors, **les premiers travaux à réaliser sont les travaux concernant l'enveloppe thermique du/des bâtiments**. En effet, bien que ces derniers soient souvent peu rentables financièrement, ils présentent les avantages suivants :

- Ils sont généralement mis en place pour une trentaine d'année.
- Ils diminuent les besoins énergétiques d'un bâtiment, notamment ceux de chauffage.
- De par la diminution des besoins énergétiques d'un bâtiment, ils induisent une baisse notable des coûts d'investissements des actions portant sur les installations techniques.
- Ils contribuent à la pérennité du bâti dans le temps et participent de manière notable à l'amélioration du confort des occupants.

Lorsque les travaux concernant l'enveloppe thermique d'un bâtiment sont réalisés, il est alors possible de travailler sur les installations techniques (changement de générateur, mise en œuvre de systèmes valorisant les énergies gratuites...).

Les travaux relatifs à la gestion de l'énergie dans un bâtiment audité peuvent, de manière générale, être réalisés à court ou moyen terme. En effet, l'investissement nécessaire à ces derniers est souvent peu élevé et, par conséquent, le temps de retour s'en retrouve réduit.

Dans le cadre d'une démarche globale et cohérente en faveur de la maîtrise de l'énergie, il ne faut pas hésiter à **se faire assister par un bureau d'études spécialisé (BET structure, fluides etc.) dans la réalisation de missions d'AMO (Assistance à Maîtrise d'Ouvrage) et/ou de MO (Maîtrise d'Œuvre)**.

CONDITIONS DE CHIFFRAGE DES PROPOSITIONS DE TRAVAUX

Le travail effectué dans le cadre de ce contrat est une mission d'audit, ce n'est pas une étude de conception. Elle a pour objectif d'aider les décisionnaires dans leur choix, mais elle n'entre pas dans le cadre d'une mission d'ingénierie, d'une mission de définition ou de dimensionnement. Les solutions proposées ci-après ne sont pas exhaustives et doivent être considérées comme une aide à la décision.

Aucun document ou dire dans le cadre de cette mission ne peut servir de base à la réalisation de travaux quelconques. Le concepteur et l'entreprise réalisatrice de l'ouvrage sont seuls décisionnaires et responsables des actions à entreprendre.

A ce titre, les coûts d'investissements proposés dans ce document sont destinés à situer l'importance des travaux, mais ils ne peuvent être considérés comme des coûts d'objectif. Ils ne comprennent pas :

- Les honoraires liés aux missions de maîtrise d'œuvre, de contrôle technique, SPS, OPC nécessaires à la réalisation de ces travaux.
- Les subventions ou participations éventuelles de tiers,
- Etc.

De la même manière, les bilans d'exploitation prévisionnels réalisés sont donnés à titre indicatif et ne peuvent être contractuels.

Enfin les économies présentées sont chiffrées avec les derniers tarifs constatés pour chaque énergie.
Tous les prix sont indiqués en € TTC (TVA à 20%).

V.2 RECOURS AUX ENERGIES RENOUVELABLES

Afin de limiter les consommations d'énergies fossiles (gaz naturel, fioul domestique, électricité etc.), il est impératif d'étudier les possibilités de recours à des systèmes valorisant les énergies renouvelables.

L'opportunité de mise en place ou d'extension d'un réseau de chaleur est également étudiée, car ce type d'installation a beaucoup d'avantages : mutualisation de la production de chaleur et des coûts associés (énergétique et maintenance), valorisation de sources d'énergies renouvelables, limitation de l'emprise foncière des locaux techniques...

| Solution technique | Recours envisageable | | Justification |
|-------------------------------------|----------------------|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Oui | Non | |
| Solaire photovoltaïque | X | | <ul style="list-style-type: none"> ○ Bonne orientation des bâtiments. ○ Installation déjà présente sur les halls vitrés |
| Solaire Thermique | | X | <ul style="list-style-type: none"> ○ Besoin ECS trop faible. |
| Bois énergie | X | | <ul style="list-style-type: none"> ○ Coût d'achat et de mise en œuvre élevés. ○ Logistique administrative plus importante et plus contraignante. |
| Pompe à chaleur géothermique | X | | <ul style="list-style-type: none"> ○ Emprise foncière nécessaire non négligeable. ○ Logistique administrative plus importante et plus contraignante. ○ Forte réduction des dépenses liées au chauffage. ○ Investissement initial conséquent mais pouvant prétendre à des aides financières. |
| Réseau de chaleur | | X | <ul style="list-style-type: none"> ○ Pas de RCU à proximité. |

V.3 HIERARCHISATION DES PRECONISATIONS

Les préconisations émises dans le présent rapport seront classées selon la manière suivante :

- **Préconisations sur la gestion des ressources naturelles :**
 1. Suivi énergétique et sensibilisation des usagers
- **Préconisations sur le bâti :**
 2. Remplacement des halls vitrés (I3 et I4)
 3. Ajout SAS thermique (I3 et I4)
- **Préconisations sur les installations techniques :**
 4. Mise en place d'une VMC double flux (classes et TP I3, I4, I5, amphi I5)
 5. Réfection éclairage (I1, I3, I4, I5)
 6. Reprise des sous stations (circulateurs à débits variables, circuits régulés, etc)
 7. Remplacement des aérothermes par des panneaux rayonnants (atelier I4, amphi I5)
 8. Remplacement des aérothermes par une CTA DF (amphi I3)
 9. Remplacement/suppression de l'aérotherme et ajout radiateurs (hall/circulation I5)
- **Préconisations sur le pilotage des installations :**
 10. Séparation des réseaux radiateurs et tubes à ailettes (hall I4) et Gestion température halls (I3 et I4 par sonde d'ambiance, Réglages des thermostats I1 et I5) pour 16°C ambiance
 11. Régulation-GTC : audit décret BACS, mise en place GTC, création de réduits nocturnes et pendant absences, etc
- **Préconisations sur la mise en œuvre d'énergie renouvelable :**
 12. Mise en place de panneaux photovoltaïques
 13. Mise en place d'une chaufferie bois
 14. Mise en place d'une PAC géothermique

V.4 PRECONISATIONS DE GESTION DES RESSOURCES NATURELLES

Préconisation 1 : Suivi énergétique et sensibilisation des usagers

PRIORITÉ : Court terme

CONFORT : Non modifié

MISE EN ŒUVRE : Simple

Descriptif technique

L'objet global de cette préconisation est de mieux connaître les consommations du site et d'optimiser le pilotage des installations afin d'éviter au maximum les dérives. Plusieurs sujets connexes sont ainsi abordés : la sensibilisation des usagers aux économies d'énergie, le suivi des consommations d'énergie avec mise en place de sous-comptage et la mise en place de GTB pour le pilotage (ou son amélioration).

- Sensibilisation des usagers :

Une sensibilisation des utilisateurs du bâtiment pourrait être réalisée via un affichage approprié. Cette opération pourrait permettre aux intéressés de se renseigner sur le réel impact de leur comportement sur les consommations d'énergie : portes ou fenêtres ouvertes, lumières allumées, etc. (cf. « Sensibilisation des usagers » en annexe 3).

- Sous-comptage énergétique :

Le nombre de points de comptage étant limité vis-à-vis des installations présentes sur le site, nous proposons la mise en place des compteurs suivants :

- Un sous-compteur thermique sur chaque départ chauffage.
- Des sous-compteurs électriques pour connaître les consommations des usages pouvant représenter un enjeu (ECS, ventilation etc...). A noter qu'en cas de rénovation des installations électriques le déploiement de compteurs dans l'ensemble des armoires et tableaux est fortement recommandé, mais il n'est pas chiffré ici.

- Suivi énergétique :

La mise en place d'un réel suivi énergétique du site permettrait de mieux connaître les consommations du site et de prévenir d'éventuelles dérives de consommation. Cette opération n'a pas pour réelle vocation de faire des économies d'énergie (pas de modification du matériel, ni du bâti). Elle s'inscrit néanmoins dans un programme de gestion de l'énergie du bâtiment. Elle pourrait être réalisée en interne (utilisation d'un logiciel spécialisé ou simple tableur).



Exemple de suivi énergétique

| Préconisation 1 : Suivi énergétique et sensibilisation des usagers | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------|
| Avantages | Inconvénients | |
| <ul style="list-style-type: none">✓ Connaissance précise des consommations.✓ Limitations des dérives énergétiques. | - Incertitude sur les économies réalisables. | |
| Bilan détaillé de la préconisation | | |
| Économie d'énergie finale | 37 481 | kWhEF/an |
| | 5,0% | |
| Économie d'énergie primaire | 53 267 | kWhEP/an |
| Émissions de GES évitées - scope 1 | 6,2 | TéqCO ₂ /an |
| Émissions de GES évitées - scope 2 | 0,6 | TéqCO ₂ /an |
| Économies financières attendues | 3 665 | €TTC/an |
| Investissement* | | €TTC |
| Temps de retour brut | | années |
| Temps de retour actualisé | | années |
| Valorisation CEE | | MWh Cumac |
| Valeur économique CEE | | € |

V.5 PRECONISATIONS SUR LE BATI

| Remplacement des halls vitrés (I3 et I4) | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------|
| PRIORITÉ : Long terme | CONFORT : Amélioré | MISE EN ŒUVRE : Complexe |
| Descriptif technique | | |
| <p>Le hall du bâtiment I3 est constitué de façades rideaux en simple vitrage, les déperditions sont donc importantes.</p> <p>En remplacement, il sera mis en place des façades rideaux de type 4/16/4 peu émissif <u>à rupture de ponts thermiques complète</u>, avec Vitrage à Isolation Renforcée (VIR), étanchéité à l'air renforcée (classe A4), remplissage argon et intercalaire Warm Edge.</p> <p><u>Le coefficient surfacique de transmission de la menuiserie U_w sera $\leq 1,3 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$.</u></p> <p>Il sera apporté un soin particulier aux travaux de finition, notamment à l'étanchéité à l'air au niveau des jonctions avec les murs attenants.</p> <p>Les ouvrants mis en œuvre devront bénéficier d'une certification ACOTHERM, CSTBât ou équivalente. Les travaux devront être réalisés par des professionnels et devront être conformes aux prescriptions des fabricants et aux règles de l'art (respect des DTU et des cahiers CSTB).</p> <p>Voir fiche CEE BAT-EN-113 (surface concernée : 500m²).</p> | | |
|  | | |
| Menuiserie avec double vitrage performant | | |

| Remplacement des halls vitrés (I3 et I4) | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Avantages | Inconvénients | |
| <ul style="list-style-type: none">✓ Réduction de la consommation énergétique.✓ Réduction des émissions de GES.✓ Amélioration de l'étanchéité à l'air.✓ Amélioration du confort des usagers.✓ Préservation du bâti et durée de vie longue. | <ul style="list-style-type: none">- Opération lourde et coûteuse.- Nuisances occasionnées lors des travaux (bruits, poussières etc.). | |
| Bilan détaillé de la préconisation | | |
| Économie d'énergie finale | 104 665 | kWhEF/an |
| | 14,0% | |
| Économie d'énergie primaire | 104 998 | kWhEP/an |
| Émissions de GES évitées - scope 1 | 23,7 | TéqCO ₂ /an |
| Émissions de GES évitées - scope 2 | 0,0 | TéqCO ₂ /an |
| Économies financières attendues | 6 366 | €TTC/an |
| Investissement | | €TTC |
| Temps de retour brut | | années |
| Temps de retour actualisé | | années |
| Valorisation CEE | | MWh Cumac |
| Valeur économique CEE | | € |

| Création d'un SAS thermique (I3 et I4) | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| PRIORITÉ : Moyen terme | CONFORT : Amélioré | MISE EN ŒUVRE : Simple |
| Descriptif technique | | |
| <p>L'entrée actuelle des bâtiments I3 et I4 se fait par une simple façade vitrée, source d'inconfort et causant d'importantes déperditions thermiques (même fermée). La création d'un SAS d'entrée permettrait d'améliorer nettement le confort, de limiter les infiltrations parasites et les déperditions associées.</p> <p>Le SAS devra être équipé de portes automatiques étanches à l'air et à double vitrage performant. Sa taille sera dimensionnée en fonction du nombre d'occupants du bâtiment.</p> | | |
| Avantages | Inconvénients | |
| <ul style="list-style-type: none">✓ Amélioration du confort des personnes.✓ Forte réduction des déperditions thermiques.✓ Maîtrise des débits d'air neuf. | <ul style="list-style-type: none">- Impact des travaux sur l'utilisation du bâtiment. | |
| Bilan détaillé de la préconisation | | |
| Économie d'énergie finale | 834 | kWhEF/an |
| | 0,1% | |
| Économie d'énergie primaire | 878 | kWhEP/an |
| Émissions de GES évitées - scope 1 | 0,2 | TéqCO ₂ /an |
| Émissions de GES évitées - scope 2 | 0,0 | TéqCO ₂ /an |
| Économies financières attendues | 54 | €TTC/an |
| Investissement | | €TTC |
| Temps de retour brut | | années |
| Temps de retour actualisé | | années |
| Valorisation CEE | | MWh Cumac |
| Valeur économique CEE | | € |

V.6 PRECONISATIONS SUR LES INSTALLATIONS TECHNIQUES

Mise en place de VMC double flux avec échangeur de chaleur (classes et TP I3, I4, I5, amphi I5)

PRIORITÉ : Moyen terme

CONFORT : Amélioré

MISE EN ŒUVRE : Simple

Descriptif technique

A l'heure actuelle, le bâtiment dispose de ventilations mécaniques dans certains locaux de type simple flux. Néanmoins les débits ne semblent pas suffisants et tous les locaux ne sont pas équipés de ventilation permettant d'obtenir les débits de renouvellement d'air hygiénique.

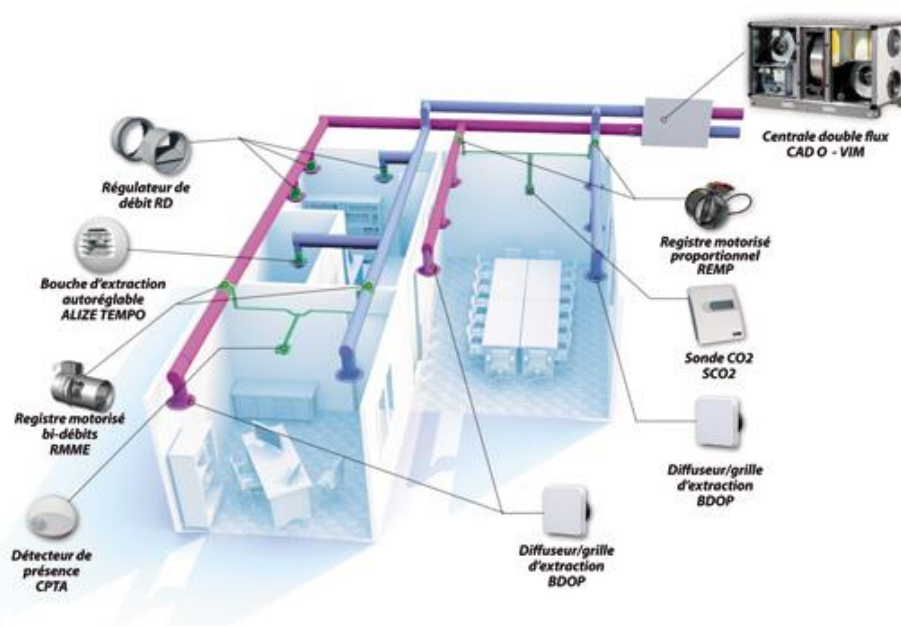
La Qualité d'Air Intérieur devenant un sujet de plus en plus mis en avant, notamment avec les décrets dans les établissements scolaires (hors établissement d'enseignement supérieur à l'heure de rédaction de ce rapport), il est alors proposé de mettre en œuvre une ventilation mécanique de type double flux avec échangeur de chaleur.

L'objet de cette préconisation est donc de mettre en place des bouches d'extraction et de soufflage dans les salles de classes principalement, en fonction des besoins de chaque zone. Le positionnement des bouches dépendra de la future disposition des locaux ; une étude d'implantation sera nécessaire.

Chaque caisson sera de type double flux et disposera d'un échangeur de chaleur pour récupérer un maximum de calories sur l'air extrait.

L'accès aux caissons devra être le plus simple possible afin de faciliter l'entretien des installations et notamment des filtres. Des coûts de maintenance supplémentaires sont à prévoir et ont été pris en compte dans le calcul du TRA.


Voir fiche CEE BAT-TH-126 (surface considérée : 2844 m²).



Exemple de ventilation double flux pour bâtiment de bureaux

Mise en place de VMC double flux avec échangeur de chaleur (classes et TP I3, I4, I5, amphi I5)

| Avantages | Inconvénients | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| <ul style="list-style-type: none">✓ Maintien de la pérennité du bâti.✓ Amélioration notable de la qualité d'air.✓ Amélioration du confort des usagers.✓ Possibilité de surventilation nocturne. | <ul style="list-style-type: none">- Mise en œuvre pouvant être difficile.- Nouvelles consommations électriques. | |
| Bilan détaillé de la préconisation | | |
| Économie d'énergie finale | 1 313 | kWhEF/an |
| | 0,2% | |
| Économie d'énergie primaire | -24 623 | kWhEP/an |
| Émissions de GES évitées - scope 1 | 4,0 | TéqCO ₂ /an |
| Émissions de GES évitées - scope 2 | -1,1 | TéqCO ₂ /an |
| Économies financières attendues | -1 387 | €TTC/an |
| Investissement | | €TTC |
| Temps de retour brut | | années |
| Temps de retour actualisé hors aides | | années |
| Valorisation CEE | | MWh Cumac |
| Valeur économique CEE | | € |

| Rénovation de l'éclairage (I1, I3, I4, I5) | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------------------|
| PRIORITÉ : Court terme | CONFORT : Amélioré | MISE EN ŒUVRE : Simple |
| Descriptif technique | | |
| <p>Lors d'une réfection partielle ou complète de l'éclairage des locaux, il serait souhaitable de mettre en place la technologie la plus pertinente du point de vue efficacité énergétique. Ainsi, il est proposé de privilégier les technologies suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Luminaire équipé de ballast électronique (gain potentiel jusqu'à 25% / référence). • Luminaire équipé de ballast électronique gradable avec gradateur manuel ou horloge avec programmation horaire (gain potentiel jusqu'à 35 % / référence). • Luminaire équipé de ballast électronique gradable et détecteur crépusculaire OU détecteur de présence (gain potentiel jusqu'à 50 % / référence). • Luminaire équipé de ballast électronique gradable et détecteur crépusculaire ET détecteur de présence (gain potentiel jusqu'à 70 % / référence). <p>Il sera donc préconisé l'installation de luminaires à LED.</p> <p>Avantages :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Consommation plus faible qu'un ballast normal. • Durée de vie des lampes augmentée, maintenance moins régulière. • Le facteur de puissance est amélioré. • Absence de clignotement des lampes lorsqu'elles sont en fin de vie. • Permet la mise en place de détecteurs de présence et de gradateur de luminosité. <p>Mise en œuvre :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les pièces seront équipées avec des luminaires pourvus LED gradables, de type brochable, à ballast séparé, afin de résister aux allumages/extinctions fréquents. <p>Les travaux devront être conformes aux prescriptions de mise en place.</p> <p>Voir fiche CEE BAT-EQ-127 (puissance installée : 36000W).</p> | | |
|  | | |
| Luminaire LED | | |

| Rénovation de l'éclairage (I1, I3, I4, I5) | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Avantages | Inconvénients | |
| <div>✓ Réduction de la consommation électrique de l'éclairage.</div> <div>✓ Amélioration du confort visuel des usagers.</div> <div>✓ Durée de vie des lampes augmentées.</div> | <div>- Opération coûteuse.</div> <div>- Nécessite d'intervenir dans chaque pièce.</div> <div>- Contraintes techniques de mise en œuvre pouvant être importantes.</div> | |
| Bilan détaillé de la préconisation | | |
| Économie d'énergie finale | 22 409 | kWhEF/an |
| | 3,0% | |
| Économie d'énergie primaire | 98 845 | kWhEP/an |
| Émissions de GES évitées - scope 1 | -5,9 | TéqCO ₂ /an |
| Émissions de GES évitées - scope 2 | 3,1 | TéqCO ₂ /an |
| Économies financières attendues | 5 682 | €TTC/an |
| Investissement | | €TTC |
| Temps de retour brut | | années |
| Temps de retour actualisé | | années |
| Valorisation CEE | | MWh Cumac |
| Valeur économique CEE | | € |

| Reprise des sous stations (circulateurs à débits variables, circuits régulés, etc) | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------------|
| PRIORITÉ : Court terme | CONFORT : Non modifié | MISE EN ŒUVRE : Simple |
| Descriptif technique | | |
| <p>Certains départs dans les sous stations sont non régulés (pas de vanne 3 voies et circulateur à débit fixe).</p> <p>Il est alors proposé d'équiper ces départs de vannes 3 voies.</p> <p>Il est aussi proposé le remplacement des V3V sur les émetteurs terminaux (type CTA ou aérothermes) par des V2V et de remplacer les circulateurs par des circulateurs à débit variable plus performant afin de limiter les consommations électriques des moteurs et les consommations de combustible, car leur fonctionnement sera en permanence adapté au besoin réel à un instant « t ».</p> <p>Le chiffrage porte donc sur le remplacement des circulateurs par des modèles à vitesse variable avec coque isolante, dont le régime de fonctionnement devra être paramétré en fonction des émetteurs desservis.</p> | | |
|  | | |
| Circulateur à vitesse variable | | |

| Reprise des sous stations (circulateurs à débits variables, circuits régulés, etc | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Avantages | Inconvénients | |
| <ul style="list-style-type: none">✓ Réduction de la consommation électrique des pompes.✓ Amélioration de l'équilibrage des réseaux.✓ Réduction de la consommation liée au chauffage. | <ul style="list-style-type: none">- Aucun en particulier. | |
| Bilan détaillé de la préconisation | | |
| Économie d'énergie finale | 3 011 | kWhEF/an |
| | 0,4% | |
| Économie d'énergie primaire | 7 768 | kWhEP/an |
| Émissions de GES évitées - scope 1 | 0,0 | TéqCO ₂ /an |
| Émissions de GES évitées - scope 2 | 0,2 | TéqCO ₂ /an |
| Économies financières attendues | 452 | €TTC/an |
| Investissement | | €TTC |
| Temps de retour brut | | années |
| Temps de retour actualisé | | années |
| Valorisation CEE | | MWh Cumac |
| Valeur économique CEE | | € |

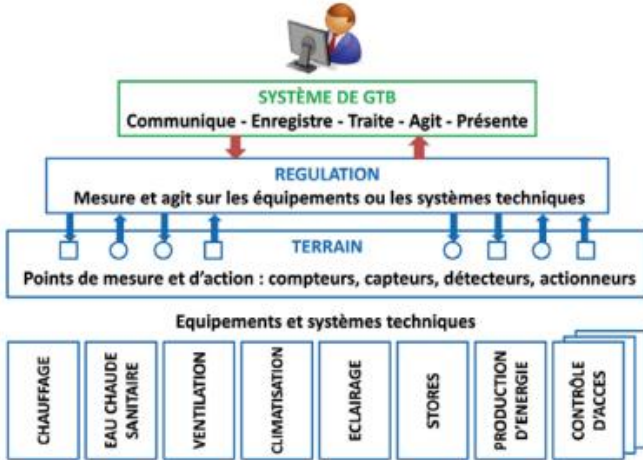
| Remplacement des aérothermes par des panneaux rayonnants (atelier I4, amphi I5) | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| PRIORITÉ : Moyen terme | CONFORT : Amélioré | MISE EN ŒUVRE : Complexe |
| Descriptif technique | | |
| <p>Le remplacement des aérothermes (haute température, avec régulation manuelle) par des panneaux rayonnants permettra d’améliorer le confort (meilleur confort via le rayonnement que via la convection) et de réduire les consommations d’énergie grâce aux régimes basses température.</p> <p>Une étude spécifique est à mener afin de déterminer le nombre de panneaux, réaliser un calepinage avec l’éclairage et la ventilation, etc.</p> | | |
|  | | |
| Exemple de panneaux rayonnants | | |
| Avantages | Inconvénients | |
| <ul style="list-style-type: none">✓ Réduction de la consommation énergétique.✓ Réduction des émissions de GES.✓ Pas de nuisance acoustique et pas de brassage d’air | <ul style="list-style-type: none">- Opération lourde et coûteuse.- Nécessite d’intervenir sur le réseau de distribution du chauffage. | |
| Bilan détaillé de la préconisation | | |
| Économie d’énergie finale | 3 528 | kWhEF/an |
| | 0,5% | |
| Économie d’énergie primaire | 4 182 | kWhEP/an |
| Émissions de GES évitées - scope 1 | 0,7 | TéqCO ₂ /an |
| Émissions de GES évitées - scope 2 | 0,0 | TéqCO ₂ /an |
| Économies financières attendues | 251 | €TTC/an |
| Investissement | | €TTC |
| Temps de retour brut | | années |
| Temps de retour actualisé | | années |

| Remplacement des aérothermes par une CTA DF (amphi I3) | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| PRIORITÉ : Moyen terme | CONFORT : Amélioré | MISE EN ŒUVRE : Complexe |
| Descriptif technique | | |
| <p>L’amphithéâtre du bâtiment I3 est actuellement équipé de 2 aérothermes, l’un fonctionnant en recyclage et l’autre en air neuf. Il n’y a donc pas de gestion précise de l’apport d’air neuf hygiénique ni de récupération des calories de l’air extrait.</p> <p>L’objectif de cette préconisation est alors de déposer les aérothermies et les remplacer par une CTA double flux avec échangeur de chaleur. Ceci permettra de renouveler l’air de manière efficace (amélioration de la Qualité d’Air Intérieur) tout en engendrant des économies d’énergie grâce à la récupération de chaleur sur l’air extrait. Une batterie à eau chaude sera prévue dans la CTA afin de réaliser le chauffage de la pièce.</p> | | |
| Avantages | Inconvénients | |
| <ul style="list-style-type: none">✓ Réduction de la consommation énergétique.✓ Réduction des émissions de GES.✓ Pérennité des équipements techniques. | <ul style="list-style-type: none">- Opération lourde et coûteuse. | |
| Bilan détaillé de la préconisation | | |
| Économie d’énergie finale | 16 354 | kWhEF/an |
| | 2,2% | |
| Économie d’énergie primaire | 25 839 | kWhEP/an |
| Émissions de GES évitées - scope 1 | 2,3 | TéqCO ₂ /an |
| Émissions de GES évitées - scope 2 | 0,4 | TéqCO ₂ /an |
| Économies financières attendues | 1 528 | €TTC/an |
| Investissement | | €TTC |
| Temps de retour brut | | années |
| Temps de retour actualisé | | années |
| Valorisation CEE | | MWh Cumac |
| Valeur économique CEE | | € |

| Remplacement/suppression de l'aérotherme et ajout radiateurs (hall/circulation I5) | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| PRIORITÉ : Moyen terme | CONFORT : Non modifié | MISE EN ŒUVRE : Simple |
| Descriptif technique | | |
| Les halls sont des lieux de passages, celui du I5 est actuellement chauffé par un aérotherme. Il est alors proposé de le déposer et de le remplacer par plusieurs radiateurs équipés de robinets thermostatiques. | | |
| Avantages | Inconvénients | |
| <ul style="list-style-type: none">✓ Réduction de la consommation énergétique.✓ Réduction des émissions de GES.✓ Pérennité des équipements techniques. | <ul style="list-style-type: none">- Opération lourde et coûteuse.- Nécessite d'intervenir sur le réseau de distribution du chauffage. | |
| Bilan détaillé de la préconisation | | |
| Économie d'énergie finale | 1 893 | kWhEF/an |
| | 0,3% | |
| Économie d'énergie primaire | 1 877 | kWhEP/an |
| Émissions de GES évitées - scope 1 | 0,4 | TéqCO ₂ /an |
| Émissions de GES évitées - scope 2 | 0,0 | TéqCO ₂ /an |
| Économies financières attendues | 114 | €TTC/an |
| Investissement | | €TTC |
| Temps de retour brut | | années |
| Temps de retour actualisé | | années |
| Valorisation CEE | | MWh Cumac |
| Valeur économique CEE | | € |

V.7 PRECONISATIONS SUR LE PILOTAGE DES INSTALLATIONS

| Séparation des réseaux radiateurs et tubes à ailettes (hall I4) et Gestion température halls (I3 et I4 par sonde d'ambiance, Réglages des thermostatiques I1 et I5) pour 16°C ambiance | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| PRIORITÉ : Court terme | CONFORT : Amélioré | MISE EN ŒUVRE : Simple |
| Descriptif technique | | |
| <p>Les halls sont des lieux de passages, de plus le hall du bâtiment I3 n'est que peu isolé (façade rideau en simple vitrage). De ce fait les consommations d'énergie pour chauffer ces lieux sont importantes.</p> <p>De plus, dans le bâtiment I4, le hall et les salles de classes sont irrigués par le même départ, il y a alors lieu de séparer ces émetteurs sur deux réseaux distincts.</p> <p>Il est proposé ici de piloter plus finement la température de ces locaux et de la diminuer :</p> <ul style="list-style-type: none">- Création d'un nouveau départ dans la sous station du I4 (pompe à débit variable, organes hydrauliques, équilibrages, raccordement à la GTC, etc)- Pose d'un nouveau réseau hydraulique en vide sanitaire et branchement des tubes à ailettes du hall I4- Mise en place de sondes d'ambiance dans les halls du bâtiment I3 et I4 et réglage des robinets thermostatiques du I1 et I5.- Abaissement de la consigne à 16°C intérieur. | | |
| Avantages | Inconvénients | |
| <ul style="list-style-type: none">✓ Réduction de la consommation énergétique.✓ Réduction des émissions de GES. | <ul style="list-style-type: none">- Peut engendrer un inconfort car différence de température entre les locaux adjacents et les halls.- Création d'un nouveau réseau hydraulique | |
| Bilan détaillé de la préconisation | | |
| Économie d'énergie finale | 53 670 | kWhEF/an |
| | 7,2% | |
| Économie d'énergie primaire | 53 288 | kWhEP/an |
| Émissions de GES évitées - scope 1 | 12,2 | TéqCO ₂ /an |
| Émissions de GES évitées - scope 2 | 0,0 | TéqCO ₂ /an |
| Économies financières attendues | 3 233 | €TTC/an |
| Investissement | | €TTC |
| Temps de retour brut | | années |
| Temps de retour actualisé | | années |
| Valorisation CEE | | MWh Cumac |
| Valeur économique CEE | | € |

| Mise en place d'une gestion technique du bâtiment (GTB) | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| PRIORITÉ : Moyen terme | CONFORT : Non modifié | MISE EN ŒUVRE : Complexe |
| Descriptif technique | | |
| <p>Comme évoqué en introduction, l'application du décret BACS va nécessiter la mise en place d'un système de GTB sur les installations assujetties. Cette GTB permettra d'améliorer la surveillance et le pilotage des installations, à travers notamment la remontée des informations de fonctionnement et éventuellement de comptage.</p> <p>Nous proposons ainsi d'équiper les éléments suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Chaudière(s), vannes 3 voies et circulateurs - Caissons de VMC / centrales de traitement d'air - Eclairage <p>L'ensemble des données liées aux systèmes (utilisation, paramétrage, consommation etc...) seront remontées sur un poste de supervision qui sera facilement accessible pour le gestionnaire. En effet l'intérêt d'une telle installation est maximisé avec un usage régulier et optimisé. Une formation préalable sera indispensable pour la prise en main de l'outil logiciel.</p> <p>Voir fiche CEE BAT-TH-116 (surface concernée : 7886 m² pour le chauffage) sous réserve de l'atteinte de la classe B au sens de la norme NF EN ISO 52120-1 : 2022 pour chaque usage concerné.</p> | | |
|  | | |
| Principal général d'une gestion centralisée | | |

| Mise en place d'une gestion technique du bâtiment (GTB) | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Avantages | Inconvénients | |
| <ul style="list-style-type: none">✓ Surveillance du fonctionnement des installations.✓ Centralisation du pilotage.✓ Possibilité de suivi énergétique. | <ul style="list-style-type: none">- Mise en place relativement lourde. | |
| Bilan détaillé de la préconisation | | |
| Économie d'énergie finale | 154 000 | kWhEF/an |
| | 20,5% | |
| Économie d'énergie primaire | 158 598 | kWhEP/an |
| Émissions de GES évitées - scope 1 | 34,3 | TéqCO ₂ /an |
| Émissions de GES évitées - scope 2 | 0,2 | TéqCO ₂ /an |
| Économies financières attendues | 9 599 | €TTC/an |
| Investissement | | €TTC |
| Temps de retour brut | | années |
| Temps de retour actualisé | | années |
| Valorisation CEE | | MWh Cumac |
| Valeur économique CEE | | € |

V.8 PRECONISATIONS SUR LA MISE EN ŒUVRE D'ÉNERGIES RENOUVELABLES

| Mise en place de panneaux photovoltaïques | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| PRIORITÉ : Long terme | CONFORT : Non modifié | MISE EN ŒUVRE : Simple |
| Descriptif technique | | |
| <p>Certaines toitures présentent des orientations et inclinaisons intéressantes pour la mise en place d'une installation solaire photovoltaïque.</p> <p>Il a été pris comme hypothèse de ne pas surdimensionner l'installation PV afin de rester dans le cas d'une autoconsommation avec revente du surplus. Le cas le plus défavorable sera donc la période estivale durant laquelle la production sera maximale mais les besoins minimums. Une étude de faisabilité dédiée permettra de choisir la bonne puissance au regard du choix (autoconsommation totale, avec revente du surplus ou encore revente totale).</p> <p><u>Nota 1</u> : Une étude de structure devra être réalisée avant toute mise en œuvre de ce type de système. Il sera vérifié que les toitures existantes résisteront au poids des panneaux. De même, une étude de prise au vent devra également être réalisée.</p> <p><u>Nota 2</u> : Une étude de faisabilité (compris étude d'impact des masques) devra être réalisée au préalable.</p> <p>L'installation pourra avoir les caractéristiques suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les panneaux installés seront de type monocristallin avec une puissance minimum de 400W. • Garantie de rendement sur 25 ans. • L'installation sera composée de modules superposés à la toiture (pose des modules selon l'axe de la toiture), d'onduleurs, de câblage et protections courant continu et alternatif. • Le ou les onduleurs de l'installation devront être le plus proche possible des panneaux afin de réduire les pertes par transmissions de câbles (local technique à proximité si possible). • Les panneaux photovoltaïques auraient les caractéristiques suivantes : <ul style="list-style-type: none"> ➤ 100 panneaux ➤ Les panneaux seront inclinés à 0°. ➤ Capteur type : Monocristallin d'une puissance de 400W. ➤ Installation possible sur le bâtiment I1 par exemple <p>Puissance crête totale : 40 kWc.</p> <p>Des coûts de maintenance supplémentaires sont à prévoir et ont été pris en compte dans le calcul du TRA – ils ont été estimés à 1000 € par an.</p> | | |
| Mise en place de panneaux photovoltaïques | | |
| Avantages | Inconvénients | |
| <ul style="list-style-type: none"> ✓ Technologie fiable. ✓ Non polluant à l'utilisation et silencieux. ✓ Valorisation d'une énergie renouvelable. | <ul style="list-style-type: none"> - Opération assez lourde et coûteuse. - Contraintes techniques de réalisation. - Coûts d'entretien supplémentaires. | |

| Bilan détaillé de la préconisation | | |
|------------------------------------|--------|------------------------|
| Économie d'énergie finale | 28 923 | kWhEF/an |
| | 3,9% | |
| Économie d'énergie primaire | 74 621 | kWhEP/an |
| Émissions de GES évitées - scope 1 | 0,0 | TéqCO ₂ /an |
| Émissions de GES évitées - scope 2 | 1,9 | TéqCO ₂ /an |
| Économies financières attendues | 4 338 | €TTC/an |
| Investissement | | €TTC |
| Temps de retour brut | | années |
| Temps de retour actualisé | | années |
| Valorisation CEE | | MWh Cumac |
| Valeur économique CEE | | € |

| Mise en place d'une chaufferie bois | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| PRIORITÉ : Court terme | CONFORT : Non modifié | MISE EN ŒUVRE : Complexe |
| Descriptif technique | | |
| <p>Une alternative au remplacement de la chaudière à l'identique pourrait consister à la mise en place d'une chaufferie bois dans la chaufferie actuelle, dont la surface importante devrait être suffisante. Le choix des plaquettes semble plus adéquat du fait de la forte puissance et du besoin important en stockage.</p> <p>Dans tous les cas il sera primordial de <u>réaliser un maximum de travaux d'isolation au préalable</u>, afin de limiter les besoins de chauffage, le volume du silo et la puissance installée.</p> <p>Les travaux chiffrés comprennent ainsi :</p> <ul style="list-style-type: none"> - la dépose et l'évacuation des chaudières existantes et des éléments sujets à être remplacés - la mise en place d'une ou plusieurs chaudières modulante à plaquettes. - La création d'un silo maçonné - l'ajout d'un ballon tampon - la mise en place d'une chaudière gaz en appoint et secours - le raccordement aux équipements existants avec les modifications hydrauliques nécessaires <p>Une étude de dimensionnement sera indispensable afin de s'assurer de la capacité de l'équipement à assurer les besoins de chauffage, en fonction des travaux d'isolation réalisés.</p> <p>Des coûts de maintenance supplémentaires sont à prévoir et ont été pris en compte dans le calcul du TRA.</p> <p>Voir fiche CEE BAT-TH-157 (quantité de chaleur produite estimée : 348MWh).</p> <p><u>Des subventions sont possibles (fond chaleur ADEME, Contrat de Chaleur Renouvelable Territorial, etc), pour être éligible une étude de faisabilité par un BE qualifié (OPQIBI 20.12) est à réaliser obligatoirement.</u></p> | | |
|  | | |
| Exemple d'installation | | |
| Mise en place d'une chaufferie bois | | |

| Avantages | Inconvénients | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| <ul style="list-style-type: none">✓ Utilisation d’une énergie renouvelable.✓ Baisse des émissions de gaz à effet de serre.✓ Renouvellement de matériel. | <ul style="list-style-type: none">- Entretien plus régulier nécessaire.- Gestion des livraisons.- Pas d’impact sur l’énergie finale (décret tertiaire) | |
| Bilan détaillé de la préconisation | | |
| Économie d’énergie finale | 65 123 | kWhEF/an |
| | 8,7% | |
| Économie d’énergie primaire | 212 937 | kWhEP/an |
| Émissions de GES évitées - scope 1 | 90,2 | TéqCO ₂ /an |
| Émissions de GES évitées - scope 2 | 0,0 | TéqCO ₂ /an |
| Économies financières attendues | 7 860 | €TTC/an |
| Investissement (cp hypothèse subventions) | | €TTC |
| Temps de retour brut | | années |
| Temps de retour actualisé | | années |
| Valorisation CEE | | MWh Cumac |
| Valeur économique CEE | | € |

| Mise en place de PAC géothermique | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| PRIORITÉ : Long terme | CONFORT : Non modifié | MISE EN ŒUVRE : Complexe |
| Descriptif technique | | |
| <p>La mise en place de pompe à chaleur sur captage géothermique (sondes ou nappe) pourrait être une alternative intéressante aux autres solutions envisageables pour renouveler la production de chaleur, dans l'hypothèse où la ressource disponible est suffisante pour répondre aux besoins du site. En effet, le terrain annexe et parking de l'IUT sont disponibles à proximité immédiate.</p> <p>Ce type d'installation nécessite des travaux plus conséquents que pour les autres solutions mais elle permet de réaliser des économies de fonctionnement importantes grâce à sa très bonne efficacité énergétique. De plus son impact environnemental est moindre et la maintenance nécessaire est peu contraignante, notamment vis-à-vis d'une chaufferie bois.</p> <p>Deux solutions techniques sont envisageables : installation sur sondes verticales ou sur nappe. La faisabilité a été préalablement étudié par un hydrogéologue, la conclusion d'une solution sur nappe s'avère la plus pertinente.</p> <p>Le chiffrage comprend comprends :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Un estimatif pour l'installation de captage sur nappe, correspondant au coût moyen généralement constaté pour ce type d'installation. - La dépose de la chaudière en place et des équipements anciens nécessitant un remplacement - La mise en place d'une pompe à chaleur et d'un ballon tampon en chaufferie - La mise en place de chaudière gaz neuves à condensation en appoint et secours - Le raccordement aux réseaux existants, y/c modifications électriques/hydrauliques nécessaires - La mise en service de l'installation avec équilibrage des réseaux. - le remplacement de certains émetteurs (aérothermes principalement) <p>A l'heure actuelle le site se situe en zone réglementaire orange, ainsi l'avis d'un expert est nécessaire au préalable. Dans plus de 95% des cas, la zone orange débouche sur un avis favorable permettant à l'installation géothermique de se dérouler avec une simple déclaration auprès du Code minier.</p> <p>Une étude de faisabilité détaillée reste nécessaire afin de s'assurer de la faisabilité de l'opération.</p> <p>Voir fiche CEE BAT-TH-113 (surface chauffée : 7886m²).</p> | | |
|  | |  |
| Schéma de principe installation sur nappe | | Schéma de principe installation sur sondes |
| Mise en place de PAC géothermique - suite | | |
| Avantages | | Inconvénients |

| | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| <ul style="list-style-type: none">✓ Valorisation d'une énergie renouvelable.✓ Très faible impact environnemental.✓ Forte baisse des consommations d'énergie et des dépenses associées.✓ Rentabilité très intéressante à terme.✓ Pas de mobilisation du foncier qui reste exploitable après travaux. | <ul style="list-style-type: none">- Investissement initial conséquent.- Performances dégradées en cas de fonctionnement en haute température.- Nécessité de ressources foncières (qui restent disponibles après travaux).- Puissance électrique souscrite à rehausser si insuffisante. | |
| Bilan détaillé de la préconisation | | |
| Économie d'énergie finale | 320 504 | kWhEF/an |
| | 42,8% | |
| Économie d'énergie primaire | 109 165 | kWhEP/an |
| Émissions de GES évitées - scope 1 | 103,1 | TéqCO ₂ /an |
| Émissions de GES évitées - scope 2 | -8,6 | TéqCO ₂ /an |
| Économies financières attendues | 7 485 | €TTC/an |
| Investissement (cp hypothèse subventions) | | €TTC |
| Temps de retour brut | | années |
| Temps de retour actualisé | | années |
| Valorisation CEE | | MWh Cumac |
| Valeur économique CEE | | € |

V.9 SYNTHÈSE DES PRECONISATIONS

| N° | Libellé | Investissement (€TTC) | Economies | | | | | Temps de retour TRB/TRA* (années) | Potentiel CEE (MWh cumac) | Valorisation des CEE (€) |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| | | | Energie finale (kWh/an) | Energie primaire (kWh/an) | GES - Scope 1 (TéqCO2/an) | GES - Scope 2 (TéqCO2/an) | Financières (€TTC/an) | | | |
| 1 | Suivi énergétique et sensibilisation des usagers | | 37 480 | 53 265 | 6,2 | 0,6 | 3 165 | | | |
| 2 | Remplacement façades rideaux des hall (I3 et I4) | | 104 665 | 105 000 | 23,7 | 0,0 | 6 365 | | | |
| 3 | Ajout SAS (I3, I4) | | 835 | 880 | 0,2 | 0,0 | 55 | | | |
| 4 | Mise en œuvre de ventilation double flux (classes et TP I3, I4, I5 et amphi I5) | | 1 315 | -24 625 | 4,0 | -1,1 | -1 385 | | | |
| 5 | Remplacement des luminaires par des LED (I1, I3, I4 et I5) | | 22 410 | 98 845 | -5,9 | 3,1 | 5 680 | | | |
| 6 | Remplacement des départs constants par des départs régulés + remplacement des V3V (CTA, aérothermes) par V2V | | 3 010 | 7 770 | 0,0 | 0,2 | 450 | | | |
| 7 | Remplacement aérothermes par des panneaux rayonnants (atelier I4, amphi I5) | | 3 530 | 4 180 | 0,7 | 0,0 | 250 | | | |
| 8 | Remplacement aérothermes par une CTA (amphi I3) | | 16 355 | 25 840 | 2,3 | 0,4 | 1 530 | | | |
| 9 | Suppression aérotherme (hall I5) et ajout de radiateurs | | 1 895 | 1 875 | 0,4 | 0,0 | 115 | | | |
| 10 | Séparation des réseaux radiateurs et tubes à ailettes (I4) et Gestion température halls (I3 et I4 par sonde d'ambiance, Réglages des thermostatiques I1 et I5) pour 16°C ambiance | | 53 670 | 53 290 | 12,2 | 0,0 | 3 235 | | | |
| 11 | Régulation-GTC : audit décret BACS, mise en place GTC, création de réduits nocturnes et pendant absences, etc | | 154 000 | 158 600 | 34,3 | 0,2 | 9 600 | | | |
| 12 | Mise en place de panneaux photovoltaïques | | 28 925 | 74 620 | 0,0 | 1,9 | 4 340 | | | |
| 13 | Mise en œuvre d'une chaufferie biomasse | | 65 125 | 212 935 | 90,2 | 0,0 | 7 860 | | | |
| 14 | Mise en place d'une PAC géothermique | | 320 505 | 109 165 | 103,1 | -8,6 | 7 485 | | | |

* Comme défini précédemment, le temps de retour brut correspond au rapport entre l'investissement et l'économie, alors que le temps de retour actualisé TRA prend également en compte l'évolution du coût des énergies, les différents coûts de maintenance des équipements, et les coûts de renouvellement du matériel.

VI. PROGRAMME D’AMELIORATION ET SCENARIOS

VI.1 SCENARIOS DE TRAVAUX DETAILLES

VI.1.1 Description des scénarios

Trois scénarios ont été étudiés dans la partie suivante :

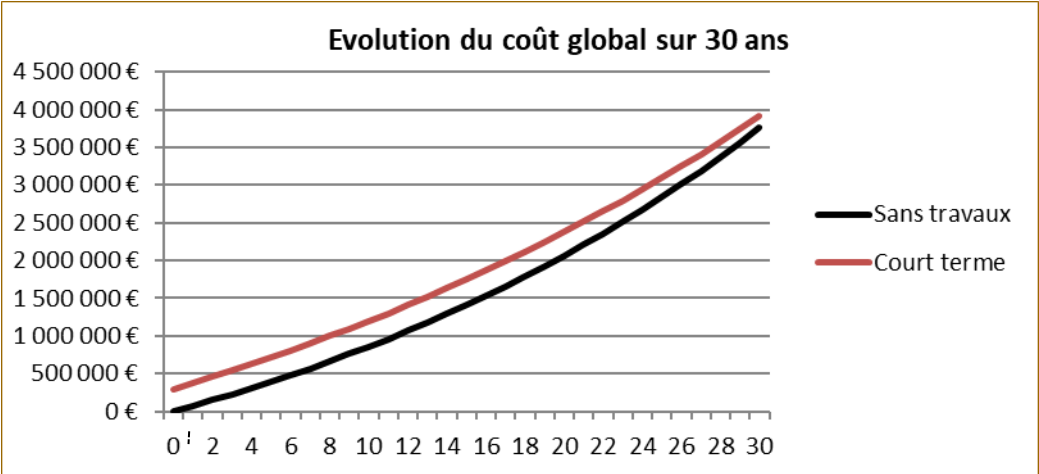
- Scénario « court terme » : travaux prioritaires (pérennité du bâti, travaux réglementaires) et travaux à faible temps de retour.
- Scénario d’investissement - objectif -30% sur la consommation d’énergie finale.
- Scénario ambitieux

VI.1.2 Scénario 1 - « court terme »

Ce scénario rassemble les préconisations de travaux d’ordre réglementaire, ceux à réaliser rapidement pour des raisons de confort ou de pérennité du bâti, et ceux à faible investissement ou à temps de retour très court.

| N° | Libellé | Investissement (€TTC) | Economies | | | | | Temps de retour TRB/TRA (années) | Potentiel CEE (MWh cumac) | Valorisation des CEE (€) |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| | | | Energie finale (kWhef/an) | Energie primaire (kWhep/an) | GES – Scope 1 (TéqCO2/an) | GES – Scope 2 (TéqCO2/an) | Financières (€TTC/an) | | | |
| 1 | Suivi énergétique et sensibilisation des usagers | | 203 731 | 333 006 | 107,4 | 0,3 | 15 996 | | | |
| 6 | Remplacement des départs constants par des départs régulés + remplacement des V3V (CTA, aérothermes) par V2V | | | | | | | | | |
| 10 | Séparation des réseaux radiateurs et tubes à ailettes (I4) et Gestion température halls (I3 et I4 par sonde d’ambiance, Réglages des thermostatiques I1) pour 16°C ambiance | | | | | | | | | |
| 11 | Régulation-GTC : audit décret BACS, mise en place GTC, création de réduits nocturnes et pendant absences, etc | | | | | | | | | |
| 13 | Mise en œuvre d'une chaufferie biomasse | | | | | | | | | |
| Investissement total (€TTC) | | | | | | | | | | |
| Ratio coût des travaux (€TTC/m²SHON) | | | | | | | | | | |

Le temps de retour actualisé pour le scénario est de >30 ans, comme le montre le graphique ci-dessous :

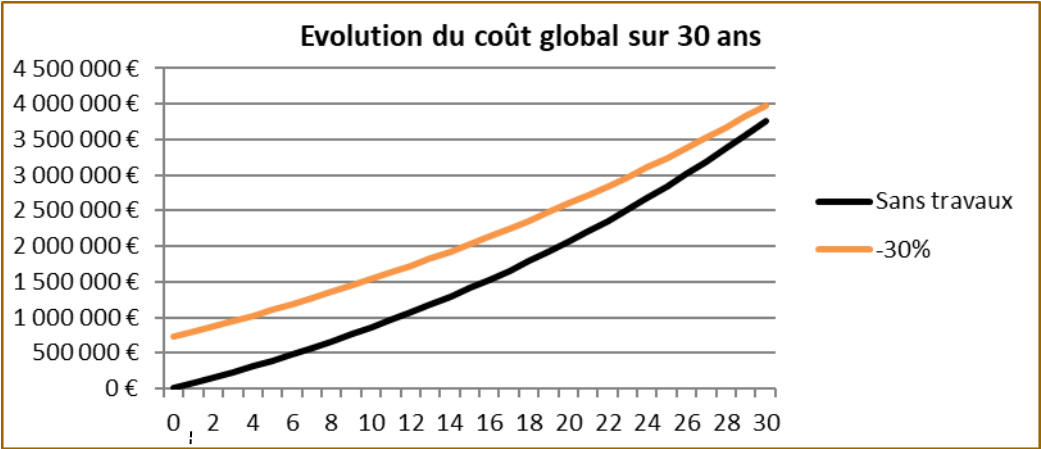


VI.1.3 Scénario 2 - Réduction de 30% des consommations

Ce scénario rassemble toutes les préconisations pouvant permettre un gain de 30% sur les consommations d’énergie finale du site.

| N° | Libellé | Investissement (€TTC) | Economies | | | | | Temps de retour TRB/TRA (années) | Potentiel CEE* (MWh cumac) | Valorisation des CEE* (€) |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| | | | Energie finale (kWhef/an) | Energie primaire (kWhep/an) | GES – Scope 1 (TéqCO2/an) | GES – Scope 2 (TéqCO2/an) | Financières (€TTC/an) | | | |
| 1 | Suivi énergétique et sensibilisation des usagers | | 247 991 | 466 245 | 106,3 | 3,8 | 23 635 | | | |
| 3 | Ajout SAS (I3, I4) | | | | | | | | | |
| 5 | Remplacement des luminaires par des LED (I1, I3, I4 et I5) | | | | | | | | | |
| 6 | Remplacement des départs constants par des départs régulés + remplacement des V3V (CTA, aérothermes) par V2V | | | | | | | | | |
| 7 | Remplacement aérothermes par des panneaux rayonnants (atelier I4, amphi I5) | | | | | | | | | |
| 8 | Remplacement aérothermes par une CTA (amphi I3) | | | | | | | | | |
| 9 | Suppression aérotherme (hall I5) et ajout de radiateurs | | | | | | | | | |
| 10 | Séparation des réseaux radiateurs et tubes à ailettes (I4) et Gestion température halls (I3 et I4 par sonde d’ambiance, Réglages des thermostatiques I1) pour 16°C ambiance | | | | | | | | | |
| 11 | Régulation-GTC : audit décret BACS, mise en place GTC, création de réduits nocturnes et pendant absences, etc | | | | | | | | | |
| 13 | Mise en œuvre d'une chaufferie biomasse | | | | | | | | | |
| Investissement total (€TTC) | | | | | | | | | | |
| Ratio coût des travaux (€TTC/m²SHON) | | | | | | | | | | |

Le temps de retour actualisé pour le scénario est de >30 ans, comme le montre le graphique ci-dessous :

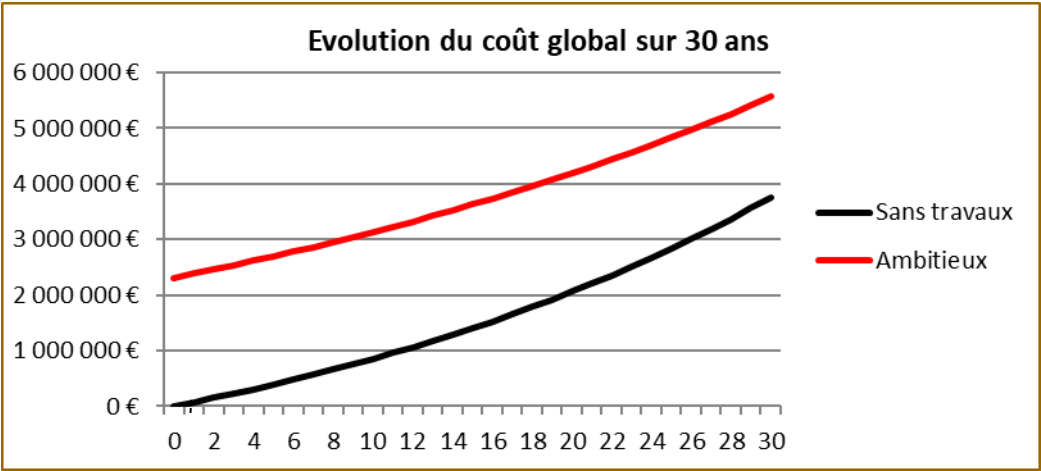


VI.1.4 Scénario 3 - Ambitieux

Ce scénario rassemble la majeure partie des préconisations proposées :

| N° | Libellé | Investissement (€TTC) | Economies | | | | | Temps de retour TRB/TRA (années) | Potentiel CEE* (MWh cumac) | Valorisation des CEE* (€) |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|----------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| | | | Energie finale (kWh _{ef} /an) | Energie primaire (kWh _{ep} /an) | GES – Scope 1 (TéqCO2/an) | GES – Scope 2 (TéqCO2/an) | Financières (€TTC/an) | | | |
| 1 | Suivi énergétique et sensibilisation des usagers | | 474 280 | 387 206 | 120,2 | -3,5 | 23 839 | | | |
| 2 | Remplacement façades rideaux des hall (I3 et I4) | | | | | | | | | |
| 3 | Ajout SAS (I3, I4) | | | | | | | | | |
| 4 | Mise en œuvre de ventilation double flux (I3, I4 et I5) | | | | | | | | | |
| 5 | Remplacement des luminaires par des LED (I1, I3, I4 et I5) | | | | | | | | | |
| 6 | Remplacement des départs constants par des départs régulés + remplacement des V3V (CTA, aérothermes) par V2V | | | | | | | | | |
| 7 | Remplacement aérothermes par des panneaux rayonnants (atelier I4, amphi I5) | | | | | | | | | |
| 8 | Remplacement aérothermes par une CTA (amphi I3) | | | | | | | | | |
| 9 | Suppression aérotherme (hall I5) et ajout de radiateurs | | | | | | | | | |
| 10 | Séparation des réseaux radiateurs et tubes à ailettes (I4) et Gestion température halls (I3 et I4 par sonde d’ambiance, Réglages des thermostatiques I1) pour 16°C ambiance | | | | | | | | | |
| 11 | Régulation-GTC : audit décret BACS, mise en place GTC, création de réduits | | | | | | | | | |
| 12 | Mise en place de panneaux photovoltaïques | | | | | | | | | |
| 14 | Mise en place d'une PAC géothermique | | | | | | | | | |
| Investissement total (€TTC) | | | | | | | | | | |
| Ratio coût des travaux (€TTC/m²SHON) | | | | | | | | | | |

Le temps de retour actualisé pour le scénario est de >30 ans, comme le montre le graphique ci-dessous :



VI.2 SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS ET BILAN EN COUT GLOBAL

VI.2.1 Récapitulatif des scénarios

Le tableau ci-dessous rappelle la composition des différents scénarios de travaux, et les principales données associées :

| PRECONISATIONS | | SCENARIOS | | |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------|-------------------------|
| N° | Libellé | Scénario 1 Court terme | Scénario 2 -30% | Scénario 3 Ambitieux |
| 1 | Suivi énergétique et sensibilisation des usagers | X | X | X |
| 2 | Remplacement façades rideaux des hall (I3 et I4) | | | X |
| 3 | Ajout SAS (I3, I4) | | X | X |
| 4 | Mise en œuvre de ventilation double flux (classes et TP I3, I4, I5 et amphi I5) | | | X |
| 5 | Remplacement des luminaires par des LED (I1, I3, I4 et I5) | | X | X |
| 6 | Remplacement des départs constants par des départs régulés + remplacement des V3V (CTA, aérothermes) par V2V | X | X | X |
| 7 | Remplacement aérothermes par des panneaux rayonnants (atelier I4, amphi I5) | | X | X |
| 8 | Remplacement aérothermes par une CTA (amphi I3) | | X | X |
| 9 | Suppression aérotherme (hall I5) et ajout de radiateurs | | X | X |
| 10 | Séparation des réseaux radiateurs et tubes à ailettes (I4) et Gestion température halls (I3 et I4 par sonde d'ambiance, Réglages des thermostatiques I1 et I5) pour 16°C ambiance | X | X | X |
| 11 | Régulation-GTC : audit décret BACS, mise en place GTC, création de réduits nocturnes et pendant absences, etc | X | X | X |
| 12 | Mise en place de panneaux photovoltaïques | | | X |
| 13 | Mise en œuvre d'une chaufferie biomasse | X | X | |
| 14 | Mise en place d'une PAC géothermique | | | X |
| Investissement (€TTC) - hors surcoût MOE de 7 à 10% | | | | |
| Valorisation CEE (€) | | | | |
| Economies financières (€TTC/an) | | 15 996 | 23 635 | 23 839 |
| Economies énergie finale (kWh _{ef} /an) | | 203 731 | 247 991 | 474 280 |
| Economies énergie finale (%) | | 27% | 33% | 63% |
| Etiquette énergie primaire après travaux | | C | B | B |
| Etiquette GES après travaux | | A | A | A |

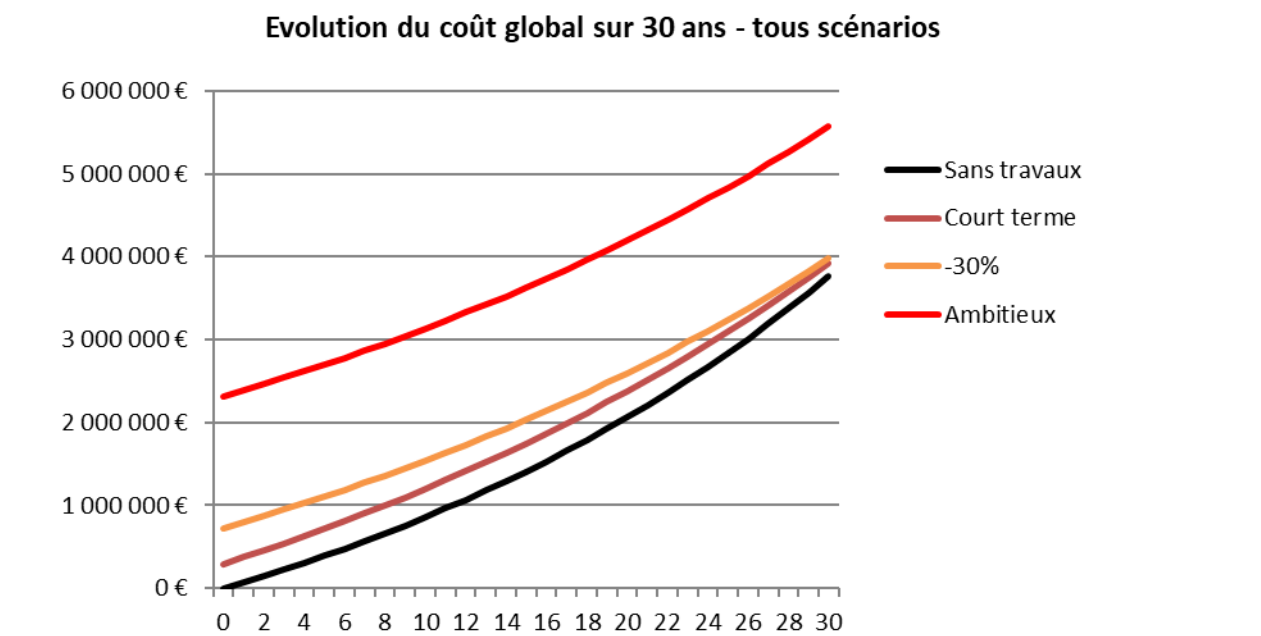
La réduction de consommations d'énergie finale peut atteindre entre 30 et 60% en fonction des scénarios.

Dans le premier scénario l'étiquette reste inchangée tandis que dans les 2 autres scénarios un gain d'une classe est obtenu.

VI.2.1 Analyse financière

Est présentée ici une projection des dépenses liées au site sur les 30 prochaines années, avec actualisation des coûts. Ceci afin d’avoir une vision plus globale des enjeux financiers.

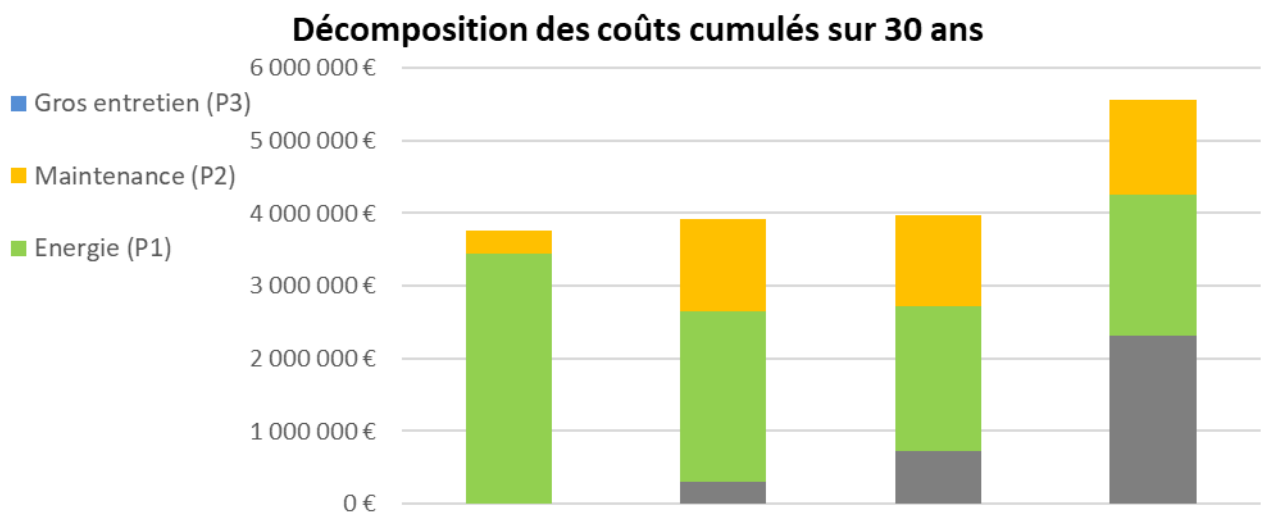
On peut dans un premier temps comparer l’évolution des coûts globaux pour chaque scénario, et les comparer au scénario de référence « sans travaux » :



Malheureusement aucun des scénarios de travaux ne trouve une rentabilité dans les 30 années à venir. Néanmoins les scénarios à court termes et -30% s’avèrent être les plus proches du scénario sans travaux et les coûts globaux cumulés sont similaires aux incertitudes près.

Au-delà de la rentabilité brute, l’amélioration du confort des personnes, la réduction des charges énergétiques et la revalorisation du site peuvent présenter un fort intérêt pour le maître d’ouvrage.

Les différentes composantes du coût global sont présentées dans le graphique ci-dessous :



| | Sans travaux | Court terme | -30% | Ambitieux |
|------------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| Investissement initial €TTC | 0 € | | | |
| Energie (P1) / 30 ans | 3 448 300 € | 2 359 400 € | 1 987 800 € | 1 947 300 € |
| Maintenance (P2) / 30 ans | 313 900 € | 1 265 600 € | 1 265 600 € | 1 307 000 € |
| Gros entretien (P3) / 30 ans | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € |
| Total / 30 ans | 3 762 200 € | 3 919 000 € | 3 977 400 € | 5 568 300 € |
| Valorisation du site | ✗ | ● | ● | ● |

Ce graphique met en avant la compensation des coûts liés aux travaux par les gains réalisés sur les dépenses énergétiques, qui sont nettement réduites. Des coûts supplémentaires sont à prévoir concernant la maintenance des installations qui sera plus conséquente avec les travaux sur la ventilation et le chauffage.

On constate que le coût global est similaire pour les 2 premiers scénarios et le scénario sans travaux, il est en revanche nettement supérieur pour le scénario ambitieux.

VII. PERSPECTIVE TRAVAUX

| N° | Préconisations | Remarques |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Suivi énergétique et sensibilisation des usagers | - |
| 2 | Remplacement façades rideaux des hall (I3 et I4) | - |
| 3 | Ajout SAS (I3, I4) | - |
| 4 | Mise en œuvre de ventilation double flux (I3, I4, I5, amphi I5) | - Une étude de dimensionnement devra être réalisée avant la mise en place des systèmes de ventilation. |
| 5 | Remplacement des luminaires par des LED (I1, I3, I4 et I5) | - |
| 6 | Remplacement des départs constants par des départs régulés + remplacement des V3V (CTA, aérothermes) par V2V | - |
| 7 | Remplacement aérothermes par des panneaux rayonnants (atelier I4, amphi I5) | - |
| 8 | Remplacement aérothermes par une CTA (amphi I3) | - |
| 9 | Suppression aérotherme (hall I5) et ajout de radiateurs | - |
| 10 | Séparation des réseaux radiateurs et tubes à ailettes (I4) et Gestion température halls (I3 et I4 par sonde d'ambiance, Réglages des thermostats I1 et I5) pour 16°C ambiance | - |
| 11 | Régulation-GTC : audit décret BACS, mise en place GTC, création de réduits nocturnes et pendant absences, etc | - Un audit doit être réalisé afin de connaître avec précision les travaux à entreprendre pour se conformer au décret BACS. |
| 12 | Mise en place de panneaux photovoltaïques | - Une étude de structure devra être réalisée avant toute mise en œuvre de ce type de système. Il sera vérifié que les toitures existantes résisteront au poids des panneaux. Une étude de prise au vent devra également être réalisée. - Une étude d'impact des masques devra être réalisée avant toute mise en œuvre de ce type de système. |
| 13 | Mise en œuvre d'une chaufferie biomasse | - Une étude de faisabilité dédiée doit être réalisée afin de définir précisément les caractéristiques de l'installation |

| | | |
|----|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | (puissance chaudière bois, puissance appoint, dimensions silos, etc) et pour calculer les subventions possibles. |
| 14 | Mise en place d'une PAC géothermique | - Une étude de faisabilité dédiée doit être réalisée afin de définir précisément les caractéristiques de l'installation (puissance PAC, puissance appoint, forages, etc) et pour calculer les subventions possibles. |

VIII. CONCLUSION

Concernant le bâti, l'IUT ne nécessite pas de gros travaux d'isolation des parois. Néanmoins les halls vitrés sont une source importante de déperditions et pourraient être rénovés mais pour un coût important.

De nombreuses préconisations pourraient améliorer le confort des occupants : qualité d'air avec la mise en place de ventilation double flux (en plus d'une anticipation de la réglementation sur la QAI), confort visuel avec le remplacement des luminaires par des LED (en plus d'être une source importante d'économie d'énergie), mise en place de panneaux rayonnants plus confortable que des émetteurs sur vecteur air (aérothermes par exemple).

Des préconisations sur la régulation du chauffage, que ce soit directement en chaufferie, en sous station, sur les émetteurs, ou encore sur la programmation, permettent des économies d'énergies grâce à une optimisation des systèmes. Nous alertons sur le fait que ces préconisations devront être conforme au décret BACS (audit spécifique à réaliser).

Enfin, la substitution de la chaufferie gaz par une énergie renouvelable (chaufferie biomasse ou PAC géothermique), permettrait de réduire considérablement les émissions de GES.

Pour rappel, les travaux proposés dans le présent rapport sont uniquement ceux liés à l'aspect énergétique - le montant total des travaux d'une opération de rénovation sera nécessairement supérieur à celui indiqué dans les différents scénarios, car viendront s'ajouter aux coûts liés à l'énergie ceux des travaux de rafraîchissement, de mise aux normes, de reprise de la structure...

Attention à bien prendre compte les exigences des fiches standards du pôle CEE dans les commandes de devis. Pour rappel le lien vers les différentes fiches est le suivant :

<https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/operations-standardisees-deconomies-denergie#e5>

ANNEXES

ANNEXE 1

MEMO ENERGETIQUE / ENVIRONNEMENTAL

NOTE SUR LE KG EQUIVALENT CO₂

Le kilogramme équivalent CO₂ est **la mesure utilisée pour comparer l'impact de chaque source d'énergie sur l'atmosphère**. En effet, selon son origine (fioul gaz, solaire, bois ou électricité), un kWh n'aura pas la même incidence sur l'environnement.

Il est ensuite possible de convertir par exemple les kilogrammes de CO₂ en km parcourus par une voiture moyenne afin de donner une image concrète au bilan carbone ainsi réalisé, ou encore en « nombre d'habitant de Poitou-Charentes ». Pour cela, on utilise les relations suivantes :

- une voiture rejette en moyenne 200 g de CO₂ pour 1 km
- un habitant de Poitou-Charentes rejette en moyenne 7 000 kg éq CO₂ par an.

Le tableau suivant donne certaines équivalences entre les différentes énergies thermiques et les kg éq CO₂ ; il présente les différentes énergies par valeur décroissante de leur indice environnemental :

| Énergies thermiques | 1 MWh en kgéq. CO ₂ |
|----------------------------------------------|--------------------------------|
| Gasoil | 324 |
| Fioul domestique | 324 |
| Gaz propane | 273 |
| Chauffage urbain des Couronneries (Poitiers) | 73 |
| Gaz de ville (MWh PCI) | 227 |
| Bois granulés | 30 |
| Bois bûche | 30 |
| Bois plaquettes | 24 |

Parce qu'elle est utilisée pour plusieurs usages différents, l'énergie électrique fait l'objet de 2 indicateurs environnementaux distincts, tels que présentés dans le tableau suivant :

| Énergies électriques | 1 MWh en kgéq. CO ₂ |
|----------------------|--------------------------------|
| Chauffage | 79 |
| Autres | 64 |

Note : Les valeurs affichées dans les tableaux ci-dessus, viennent de l'annexes 3 du cahier des charges ADEME du 18/12/2020 « Audit énergétique dans les bâtiments ».

ANNEXE 2

GLOSSAIRE TECHNIQUE

| Termes techniques | Définition |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PCI (Pouvoir Calorifique Inférieur) | Quantité de chaleur dégagée par la combustion complète d'une unité de combustible, la vapeur d'eau étant supposée non condensée et la chaleur non récupérée. |
| PCS (Pouvoir Calorifique Supérieur) | Quantité de chaleur dégagée par la combustion complète d'une unité de combustible, la vapeur d'eau étant supposée condensée et la chaleur récupérée (exemple : rapport PCS/PCI = 1,11 pour le gaz naturel). |
| Cep | Le coefficient Cep est calculé en appliquant la méthode de calcul Th-C-E Ex (RT existant) en utilisant comme données d'entrée les caractéristiques de référence du bâtiment et de ses équipements. |
| Énergie primaire (Ep) | Énergie brute non transformée après extraction. L'énergie primaire permet de comparer les énergies entre elles avec équité. Le facteur de conversion selon les énergies est le suivant : 1 kWh de combustible → 1 kWhEp 1 kWh d'électricité → 2,58 kWhEp |
| kWh Cumac | Toute personne physique ou morale (association, collectivité, entreprise...) qui réalisera des économies d'énergie se verra délivrer un certain nombre de certificats en fonction des kWh économisés et pourra les revendre. Les CEE sont comptabilisés en kWh CUMAC d'énergie finale économisée. L'abréviation CUMAC provient de la contraction de « cumulé » et « actualisé » car le kWh est ramené à la durée de vie du produit et actualisé au marché. |
| Ubât | Les déperditions thermiques d'un bâtiment par transmission à travers les parois et les baies sont caractérisées par le coefficient moyen de déperdition par les parois et les baies du bâtiment, appelé Ubât, exprimé en W/(m²K), et déterminé dans la méthode de calcul Th-C-E. (Article 15 de l'arrêté du 24 Mai 2006). |
| D.J.U. (Degrés Jours Unifiés) | Écart de température journalier entre la température observée et la température de référence 18°C. Par convention, le degré jour unifié est égal à zéro si la température observée est supérieure ou égale à la température de référence. Les degrés jour unifiés sont un indice de rigueur climatique. |
| kWh évité | Correspond au coût unitaire auquel doivent revenir les économies d'énergie pour que l'opération soit économiquement rentable. Il est obtenu en divisant l'investissement initial par les économies annuelles à un coût actualisé sur la durée de vie de l'équipement. Le taux d'actualisation du prix de l'énergie pris en compte pour le reste des calculs est de 5% par an. |
| VMC | Abréviation pour Ventilation Mécanique Contrôlée. |
| ECS | Abréviation pour Eau Chaude Sanitaire. |
| BBC | Abréviation pour Bâtiment Basse Consommation |
| CTA | Abréviation pour Centrale de Traitement d'Air |
| GES | Abréviation pour Gaz à Effet de Serre |
| GTC | Abréviation pour Gestion Technique Centralisée |
| SHON | Abréviation pour Surface Hors Œuvre Nette. |
| R | C'est la résistance thermique d'un matériau. Elle mesure la résistance qu'une épaisseur de matériau oppose au passage de la chaleur. Elle constitue en fait son pouvoir isolant qui est d'autant plus fort que le R est élevé. Elle dépend du coefficient de conductivité thermique lambda du matériau et de son épaisseur. |
| Uw | Le coefficient U, exprimé en W/(m²K), définit la performance des parois vitrées (menuiserie + vitrage). Plus le chiffre U est faible, meilleure sera l'isolation de la paroi vitrée. Le « w » signifie « window » (« fenêtre » en anglais). |

ANNEXE 3

SENSIBILISATION DES USAGERS

RAPPEL

« Avant de consommer autrement, il faut consommer moins » : des campagnes de sensibilisation aux usagers pourraient être menées par le biais d'opérations et de rencontres des acteurs avec des professionnels. Cette opération pourrait permettre aux intéressés de se renseigner sur le réel impact de leur comportement sur les consommations d'énergie et d'approfondir les gestes que nous allons développer à présent.

Chauffage



- ✓ Conserver une température confortable de 19°C dans les pièces à vivre et inviter les plus frileux à se couvrir chaudement. En effet passer de 20°C à 19°C, c'est peut-être un pull en plus, mais c'est surtout 7% de consommations en moins.
- ✓ Ne pas détériorer les robinets thermostatiques, organes de régulation terminale.
- ✓ Ne pas ouvrir les robinets thermostatiques au maximum (position 5) car ils ne seront pas plus efficaces que sur la position 3.
- ✓ Baisser au minimum les robinets des radiateurs lors de l'ouverture des fenêtres.
- ✓ Baisser les chauffages électriques (s'il n'y a pas d'horloge pour réguler leur fonctionnement) le soir quand on quitte les locaux et les week-ends.

Éclairage



- ✓ Eteindre la lumière lorsque l'on quitte une pièce.
- ✓ Privilégier la lumière du jour, n'allumer l'éclairage artificiel que lorsque cela est vraiment nécessaire.

Ventilation



- ✓ Arrêter la VMC (à l'exception de celle des sanitaires) lors de la fermeture des bâtiments, cela engendre des économies sur le fonctionnement du moteur et sur le chauffage.
- ✓ Faire nettoyer le réseau aéraulique.

Eau



- ✓ Bien fermer les robinets pour éviter les débits d'eau inutiles.
- ✓ Réaliser une recherche de fuites lorsqu'un compteur indique une consommation trop importante.

Déplacement



- ✓ Privilégier le déplacement en covoiturage au quotidien plutôt que le déplacement individuel.
- ✓ Privilégier les transports en commun pour le déplacement urbain.

ANNEXE 4

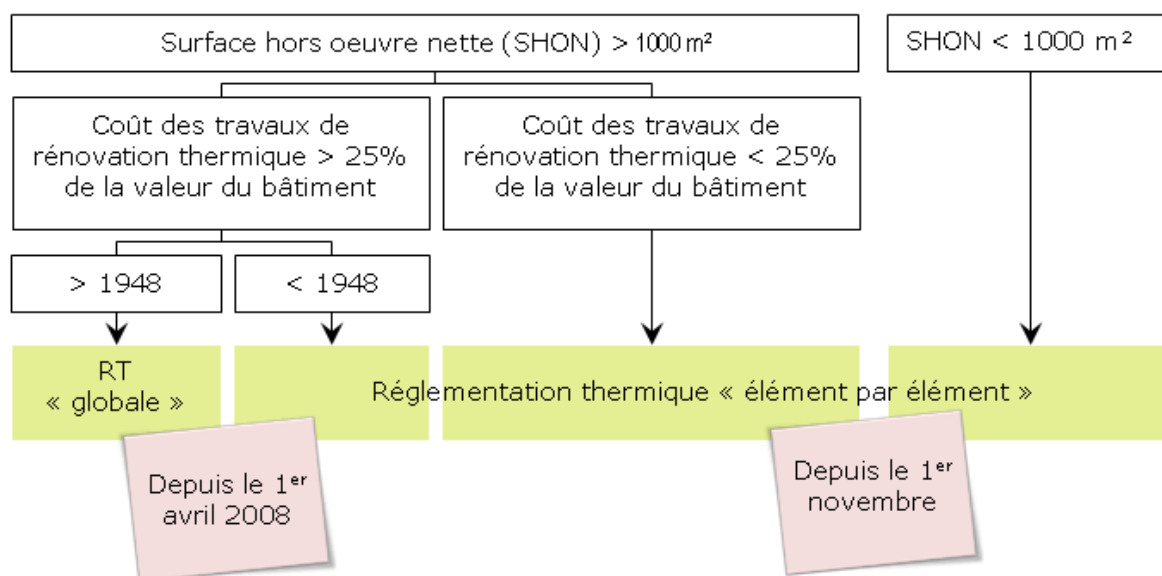
REGLEMENTATION THERMIQUE DANS L'EXISTANT

Au même titre que les bâtiments neufs, les bâtiments existants sont soumis à une réglementation thermique. Celle-ci fixe, suivant les caractéristiques du bâtiment (surface hors œuvre nette, année de construction), des valeurs à respecter concernant les résistances thermiques ou rendements de chaudières si des travaux de rénovation sont prévus. Le bâtiment doit, soit respecter la RT élément par élément décrite dans l'arrêté du 17 mai 2007, soit la RT globale décrite dans l'arrêté du 8 août 2008.

Les textes de références relatifs à l'application de la Réglementation Thermique dans l'existant sont les suivants (tous ces textes sont consultables sur internet sur le site : www.rt-batiment.fr) :

- RT Existant Dispositif général :
 - ❖ Décret n°2007-363 du 19 mars 2007
- RT Existant par élément :
 - ❖ Arrêté du 03 mai 2007 modifié par l'arrêté de 22 mars 2017
- RT Existant globale :
 - ❖ Arrêté du 20 décembre 2007
 - ❖ Arrêté du 13 juin 2008
 - ❖ Arrêté du 08 août 2008
 - ❖ Articles R. 131-25 et R. 131-26
 - ❖ Méthode de calcul TH-C-E ex (annexe de l'arrêté du 08 août 2008)

L'organigramme ci-dessous explicite les critères permettant de définir dans quel cas de rénovation se trouveront les différents bâtiments objet de la présente étude :



*Source : site www.rt-batiment.fr

Les actions d'améliorations proposées dans un rapport d'audit énergétique respecteront donc les valeurs d'une des deux colonnes (en fonction de la réglementation appliquée) :

| Quelques exemples d'exigences | RT Élément par Élément | RT Globale |
|-----------------------------------------------------------|------------------------|------------------|
| Murs en contact avec l'extérieur ou le sol | R = 3,20 | U = 0,45 |
| Toiture terrasse en béton / acier | R = 4,30 | U = 0,34 |
| Combles perdus | R = 5,20 | U = 0,28 |
| Plancher bas donnant sur l'extérieur | R = 3,00 | U = 0,36 |
| Fenêtre et porte fenêtre | Uw = 1,90 | Uw = 2,60 |
| Chaudière basse température ou condensation et régulation | - | Rend. PCI > 92,4 |

Les isolants préconisés sont les plus utilisés sur le marché. Toutefois, le maître d'ouvrage est libre d'utiliser des isolants naturels tant que la résistance thermique préconisée est respectée. Les principaux isolants ont été listés dans le tableau ci-dessous avec leurs caractéristiques thermiques.

| Matériaux isolants | Conductivité thermique moyenne (lambda) W/m.K | Épaisseur en cm | Résistance thermique (R) m²K/W |
|--------------------|-----------------------------------------------|-----------------|--------------------------------|
| Laine de verre | 0,036 | 20 | 5,6 |
| Laine de roche | 0,037 | 20 | 5,4 |
| Polystyrène | 0,038 | 20 | 5,3 |
| Laine de chanvre | 0,042 | 20 | 4,8 |
| Fibre de bois | 0,038 | 20 | 5,3 |
| Laine de coton | 0,041 | 20 | 4,9 |
| Ouate de cellulose | 0,039 | 20 | 5,1 |
| Liège | 0,042 | 20 | 4,8 |
| Laine de mouton | 0,041 | 20 | 4,9 |
| Laine de lin | 0,040 | 20 | 5 |