

Audit Énergétique

Résidence Le Belvédère à Paris 19^{ème}



Partie concernant les locaux Tertiaires

Thermique et Scénarios de rénovation

Numéro de contrat Ademe : 1431C0266

Audit conforme au cahier des charges Audit énergétique de copropriété et prestations complémentaires, version mars 2012

DE-SO

10, rue des Bluets

75011 Paris

Tél : 01 55 43 97 07

Betrec ig
BÂTIMENT ET INFRASTRUCTURES • INGÉNIEURIE GÉNÉRALE

37-39 Avenue Ledru Rolin

75012 Paris

Tél : 01 5695 19 43

G-A

75, Avenue Parmentier

75011 Paris

tél : 01 40 21 25 28

Document établi le 30 avril 2015

(Non modifié le 24/11/2015)

SOMMAIRE

1.	Présentation générale de cette partie thermique	3
2.	Calculs réglementaires	4
2.1	Etat Initial	4
2.2	Scénario 1 : Label HPE Rénovation	5
2.3	Scénario 2 : Label Effinergie Rénovation	7
2.4	Scénario 3 : Facteur 4	8
2.4	Synthèse par bâtiment.....	Erreur ! Signet non défini.
3.	<i>Calculs par simulation thermique dynamique</i>	9
3.1	Hypothèse de Modélisation	11
3.2	Résultats obtenus	13
	Conclusion	14

1. Présentation générale de cette partie thermique

Les nombreuses visites sur site, les échanges le gardien et les membres du groupe de travail sur l'audit énergétiques, mais aussi les réponses aux questionnaires nous ont permis d'obtenir une connaissance précise de la résidence.

Sur la base des informations collectées lors de l'état des lieux, des calculs thermiques ont été réalisés pour évaluer :

- le niveau de performance réglementaire **actuel** de chaque bâtiment de la résidence (à partir du logiciel PERRENOUD).
- une consommation énergétique approchée **actuelle** par bâtiment (à partir du logiciel TRNSYS et sur la base d'hypothèse de calcul se rapprochant de la réalité).

Suite à ces calculs, les scénarios de rénovation ont été bâtis.

Il faut savoir que les systèmes de subventions (ADEME, Région Ile de France, Ville de Paris) sont basés sur les calculs réglementaires, et non sur des calculs de consommation réelle.

Les différents scénarios proposés ont donc été construits pour atteindre 3 niveaux de performance croissant.

Le premier qui vise à réduire les consommations de 20 % par rapport aux consommations de référence pour la partie bureaux et de 15 % pour la partie commerces.

Le deuxième a pour objectif d'obtenir une consommation inférieure de 40 % à la consommation de référence de la réglementation thermique « globale » des bâtiments existants (Label HPE Rénovation Tertiaire) pour la partie bureaux et d'un facteur 3 pour la partie commerces.

Le dernier scénario est un scénario encore plus ambitieux, il n'est pas inscrit au niveau de la réglementation thermique, mais donnera droit aussi à des subventions de par son approche exemplaire de réduction très conséquente des consommations. En effet, il s'agit d'un scénario pour lequel les consommations de l'état rénové sont 4 fois inférieures à l'état initial.

Une fois les scénarios bâtis par rapport au calcul réglementaire (établi à partir du logiciel PERRENOUD), nous avons réalisé une simulation thermique dynamique (avec le logiciel TRNSYS) afin d'estimer les consommations des bâtiments pour l'état initial. Les résultats ont été croisés avec les consommations réelles des 2 dernières années afin d'obtenir des résultats de calcul s'approchant des consommations réelles. Une fois le modèle informatique établi, nous lui avons appliqué les scénarios de rénovation vus précédemment pour estimer les économies énergétiques générées par ces travaux.

A partir de ces résultats, les économies de charge liées à la fourniture d'énergie ont été estimées sur la base des scénarios suivants :

AUDIT ÉNERGETIQUE POUR LA RESIDENCE LE BELVEDERE		3/14
Zone Tertiaire	Partie Thermique & Scénarios de rénovation	30 avril 2015

- Scénario A : dépense globale sur 20 ans à coût d'énergie constant.
- Scénario B dit tendanciel : avec une augmentation annuelle du CU de 4.0 %/an.
- Scénario C dit de crise : qui correspond à une augmentation de 50 % supérieur au scénario B.

2. Calculs réglementaires

2.1 Etat Initial

2.1.1. Données d'entrées

- Enveloppe

Localisation	Composition de la paroi (de l'intérieur vers l'extérieur)	Résistance thermique (K/W)
Plancher bas	Béton Fibralith d'origine	0,66
Toiture A Bis	Béton Pare-vapeur Isolant en panneaux Etanchéité type bitume élastomère Gravillons	0,95
Toiture D	Béton Isolant en panneaux Etanchéité sous espaces verts	0,95
Façades pignons	Béton armé Laine de verre Ciment fibré	0,806
Localisation	Caractéristiques techniques	Uw (m2.°C/W)
Menuiseries extérieures	chassis alu	4,00 pour les non rénovés 2,00 pour les rénovés

- Systèmes

Les systèmes décrits dans le calcul réglementaires sont ceux présentés dans l'état des lieux, à savoir :

- Une production de chaleur par une sous-station de chauffage urbain raccordée à un réseau vapeur.
- Une distribution de chaleur par réseaux de distribution faiblement calorifugée pour les parties en locaux non chauffés et non calorifugés pour les réseaux locaux chauffés.
- Des émetteurs de chaleur de type radiateur haute température avec régulation par vannes manuelles pour les commerces et par ventilo-convecteurs pour les bureaux.

- Une production d'ECS de type semi-instantané avec des réseaux de distribution faiblement calorifugés.
- Une ventilation de type simple flux auto-réglable pour les bureaux et une partie des commerces et une installation double flux pour l'autre partie des commerces.

2.1.2. Résultats obtenus

Le calcul réglementaire pour les bâtiments actuels nous donne les consommations suivantes :

- **Pour la partie bureaux**

	<i>Etat Initial</i>
	<i>Cep (kWh/m²/an)</i>
Bâtiment <u>Abis</u> :	224
Bâtiment D :	364

- **Pour la partie Commerces**

	<i>Etat Initial</i>
	<i>Cep (kWh/m²/an)</i>
Commerces	411,3

2.2 Bureaux : Scénario 1 – gain de 20 %

2.2.1. Travaux envisagés

La sous-station :

L'intervention à ce niveau permettra de passer d'un réseau primaire vapeur à un réseau primaire eau chaude. Les deux réseaux urbains sont existants et le passage à l'eau chaude permettra une diminution significative des pertes thermiques lors de l'échange avec la sous station principale au sous-sol -2.

La température de départ sera modulée en fonction de la température extérieure. Cette température extérieure sera donnée par une sonde placée dans un endroit abrité et le moins possible exposé au soleil et eau vent. Une distribution par façade pourra être envisagée pour éviter les problèmes de différence de température et confort en fonction des expositions des façades.

Le réseau secondaire cheminant en sous-sol sera isolé en classe 5.

L'ensemble des circulateurs seront remplacés par des circulateurs aux normes actuelles, beaucoup moins consommateurs en électricité.

La distribution et l'émission de chauffage/climatisation :

Les pompes de distribution seront remplacées par des pompes fonctionnant à débit variable. Les adapteront en permanence leurs débits en fonction des besoins, permettant ainsi de réduire les

AUDIT ÉNERGETIQUE POUR LA RESIDENCE LE BELVEDERE		5/14
Zone Tertiaire	Partie Thermique & Scénarios de rénovation	30 avril 2015

consommations d'énergie. Les ventilo-convecteurs seront remplacés par des ventilo-convecteurs neufs. Le gain se situera principalement au niveau des consommations électriques des ventilateurs. Une régulation par thermostat d'ambiance permettra de réguler au plus juste les températures.

Des commandes centralisées permettront de faire des abaissements globaux de température et ainsi éviter de maintenir le chauffage ou la climatisation en période d'inoccupation.

L'isolation des toitures :

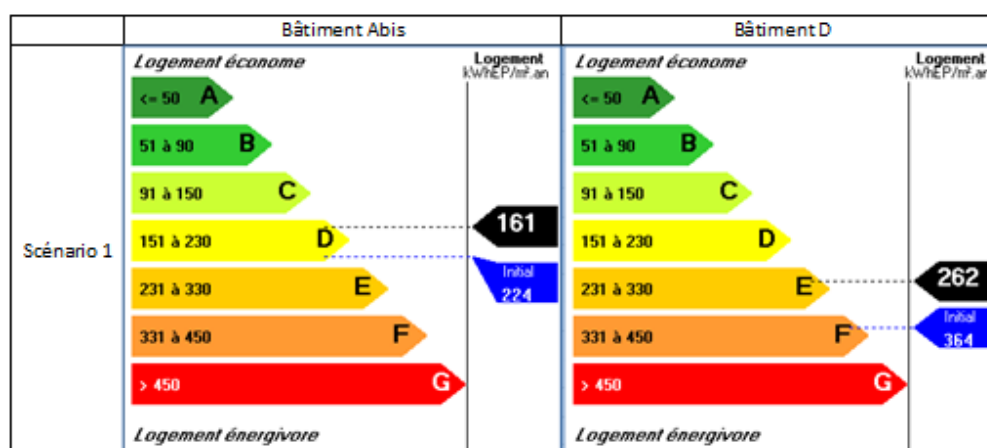
Pour le bâtiment Abis, la toiture sera isolée avec 24 cm de polyuréthane pour réduire au maximum les déperditions thermiques de ces parois.

Pour le bâtiment D, la toiture accueillant le jardin d'enfant, l'isolation sera traitée en sous-face par flochage.

2.2.2. Résultats

Le calcul réglementaire pour les bureaux suivant le scénario 1 nous donne les consommations suivantes :

	<u>Etat Initial</u>	<u>Scénario 1</u>
	<i>Cep (kWh/m²/an)</i>	<i>Cep (kWh/m²/an)</i>
Bâtiment <u>Abis</u> :	224	161
Bâtiment D :	364	262.5



2.3 Bureaux : Scénario 2 - gain de 40 %

2.3.1. Travaux envisagés

En plus du scénario 1, les travaux essentiels à réaliser seront :

Remplacement des menuiseries extérieures :

L'ensemble des menuiseries extérieures sera remplacée par des menuiseries en aluminium avec un $U_w = 1.2 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

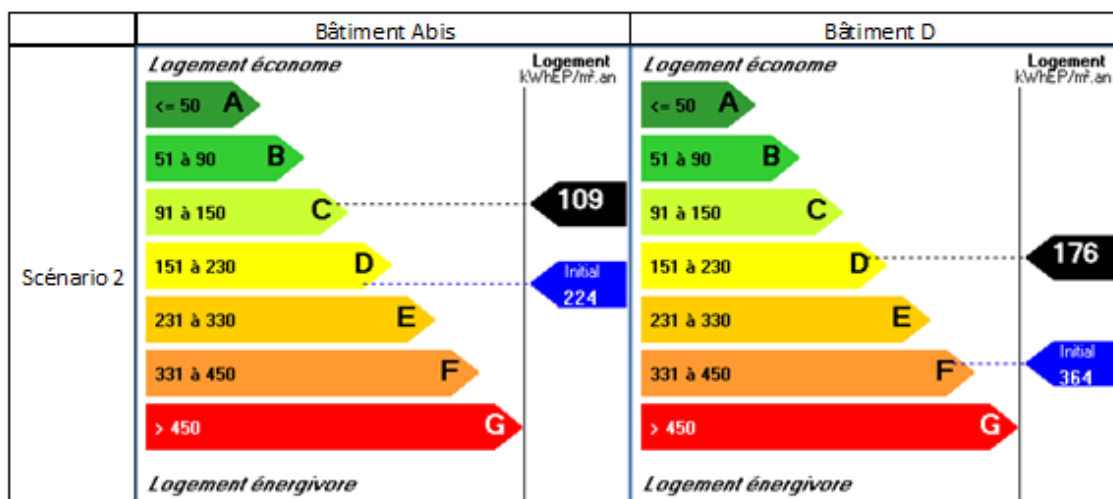
Le remplacement des vitrages permet la diminution de la perméabilité du bâtiment à 1.8.

Ventilation :

Mise en place d'une ventilation avec modulation du débit en fonction du taux d'occupation.

2.3.2. Résultats

	<i>Etat Initial</i>	<i>Scénario 2</i>
	<i>Cep (kWh/m²/an)</i>	<i>Cep (kWh/m²/an)</i>
Bâtiment Abis :	224	109
Bâtiment D :	364	176



2.4 Bureaux : Scénario 3 - Facteur 4

2.4.1. Travaux envisagés

En plus du scénario 2, les travaux essentiels à réaliser seront :

Remplacement des menuiseries extérieures :

L'ensemble des menuiseries extérieures sera remplacée par des menuiseries en aluminium avec un $U_w = 1.0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ contre $1.2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ dans le scénario 2.

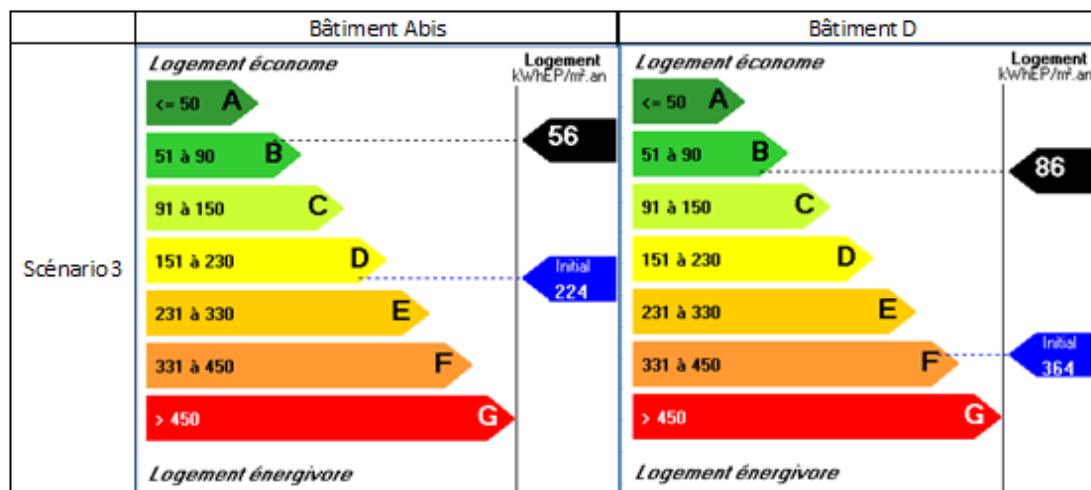
Le remplacement des vitrages permet la diminution de la perméabilité du bâtiment à 1.8.

Remplacement des façades, remplacement des façades rideaux :

Les murs rideaux seront remplacés dans leur totalité. Les maçonneries seront isolées périodiquement par l'extérieur. Un travail architectural important sera à prévoir pour garder l'image du bâtiment et pour rester sur un matériau aussi durable que celui existant.

2.4.2. Résultats

	<i>Etat Initial</i>	<i>Scénario 3</i>
	<i>Cep (kWh/m²/an)</i>	<i>Cep (kWh/m²/an)</i>
Bâtiment <u>Abis</u> :	224	55,6
Bâtiment D :	364	86,2



2.5 Commerces : Scénario 1 – gain de 15 %

2.5.1. Travaux envisagés

La sous-station :

La sous-station étant commune à l'ensemble de la résidence, les travaux sont ceux décrits dans la partie Bureaux.

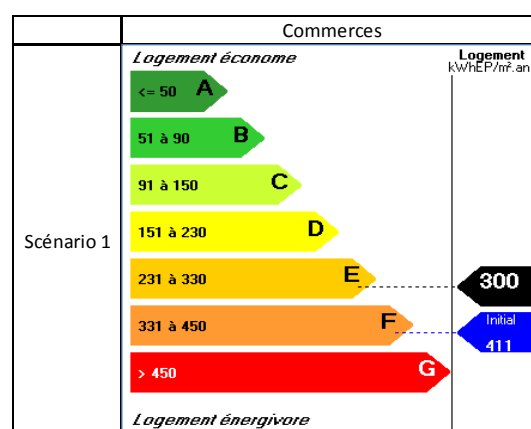
Les appareils de chauffage :

Des tés de réglages et de robinets thermostatiques seront installés sur chaque radiateur.

Elles permettront à chaque utilisateur d'obtenir la température souhaitée.

2.5.2. Résultats

	<u>Etat Initial</u>	<u>Scénario A</u>
	Cep (kWh/m ² /an)	Cep (kWh/m ² /an)
Commerces	411,3	300,2



2.6 Commerces : Scénario 2 – Facteur 3

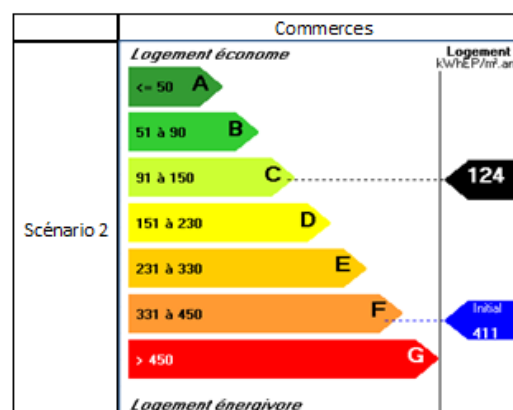
2.6.1. Travaux envisagés

En plus du scénario 1, les travaux essentiels à réaliser seront :

Remplacement des menuiseries extérieures : L'ensemble des menuiseries extérieures sera remplacée par des menuiseries en aluminium avec un $U_w = 1.6 \text{ W/m}^2.K$ minimum.

Ventilation : Mise en œuvre d'une ventilation mécanique performante.

	<u>Etat Initial</u>	<u>Scénario A</u>
	Cep (kWh/m ² /an)	Cep (kWh/m ² /an)
Commerces	411	124



2.7 Commerces : Scénario 3 – Facteur 4

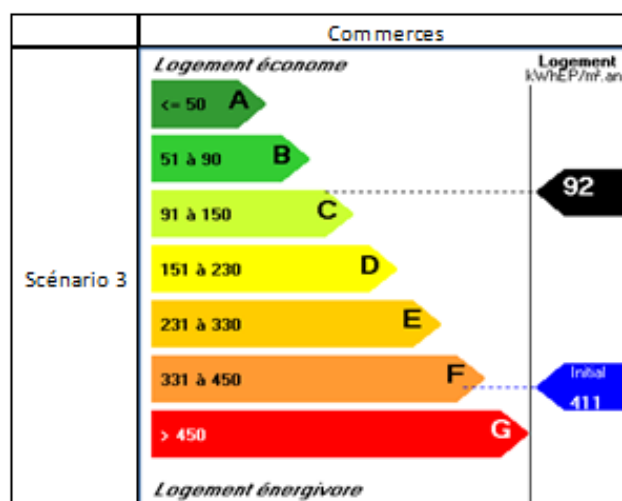
2.7.1. Travaux envisagés

En plus du scénario 2, les travaux essentiels à réaliser seront :

Flocage des plafonds : L'isolation sera traitée en sous-face par flocage.

Isolation des planchers du sous-sol à l'aplomb des boutiques « centre » : l'isolation sera traitée la aussi en sous-face par flocage.

	Scénario A	Etat Initial
	Cep (kWh/m ² /an)	Cep (kWh/m ² /an)
Commerces	92.2	411,3



3. **Calculs par simulation thermique dynamique**

Cette étude repose sur la simulation du comportement thermique au pas de temps horaire sur une année de fonctionnement, en utilisant le logiciel de simulation dynamique TRNSYS.

Nous avons modélisé l'intégralité de la résidence. La simulation du bâtiment ainsi modélisé nous permet d'évaluer les besoins de chauffage du projet par bâtiment.

Nous tenons à souligner que les résultats présentés dans ce rapport correspondent à des hypothèses de modélisation. Un bâtiment est un système thermique dynamique sensible aux sollicitations extérieures et intérieures, c'est-à-dire principalement aux conditions météorologiques et aux apports internes.

Des sollicitations très différentes de celles modélisées dans cette étude entraînent inévitablement un comportement thermique du bâtiment différent.

3.1 **Hypothèse de Modélisation**

3.1.1. Sur l'enveloppe et les systèmes

Les données utilisées sont celles décrites dans le paragraphe « Calcul réglementaire ».

3.1.2. Conditions météorologiques

Les données utilisées sont les données météo France de la station météo de Montsouris de l'année 2011/2012. Les DJU journaliers cumulés sur la période étaient de 1980 degré jour.

Les phénomènes de vent (fortement impactant pour les bâtiments très peu étanches à l'air) ont été intégrés aux calculs au niveau des infiltrations à l'air des parois.

3.1.3. Scénario d'occupation

La modulation sur la semaine a été effectuée de la manière suivante :

- Période d'occupation :
 - Pour les bureaux : 9h à 18h du lundi au vendredi
 - Pour les commerces : 9h à 18h du lundi au samedi
- Période d'inoccupation :
 - Pour les bureaux : de 18h à 9h du lundi au vendredi et les samedis et dimanches
 - Pour les commerces : de 18h à 9h du lundi au samedi et le dimanche

AUDIT ÉNERGETIQUE POUR LA RESIDENCE LE BELVEDERE		11/14
Zone Tertiaire	Partie Thermique & Scénarios de rénovation	30 avril 2015

3.1.4. Apports spécifiques

Les apports internes pris en compte sont les suivants :

- En occupation : 16 W /m²
- En inoccupation : 2 W /m²

3.1.5. Chauffage

Les données utilisées sont une température de 20°C dans les locaux en période d'occupation et de 15°C en inoccupation.

3.1.6. INFILTRATIONS

Les débits d'infiltrations d'air ont été calculés avec l'aide de l'outil « Widget » en fonction du niveau de performance d'étanchéité à l'air fixé constaté sur site, du type de ventilation et des surfaces déperditives du projet.

3.2 Résultats obtenus

3.2.1. Estimations des charges annuelles pour la fourniture d'énergie

		Commerces et bureaux
Etat existant	<u>Charge Chauffage + ECS</u>	98 000 €
Scénario 1	<u>Charge Chauffage + ECS</u>	91 589 €
	<u>soit une diminution annuelle des charge de :</u>	6 411 €
	soit une réduction de :	7%
Scénario 2	<u>Charge Chauffage + ECS</u>	73 500 €
	<u>soit une diminution annuelle des charge de :</u>	24 500 €
	soit une réduction de :	40%
Scénario 3	<u>Charge Chauffage + ECS</u>	66 667 €
	<u>soit une diminution annuelle des charge de :</u>	31 333 €
	soit une réduction de :	47%

Le prix pour la fourniture d'énergie a été pris à :

Prix du MWh été :	39,19 €
Prix du MWh hiver :	62,70 €

Il est important de noter que l'analyse des factures d'énergie de la CPCU entre 2007 et 2013 a permis de constater l'évolution du prix du MWh suivant :

- Pour l'hiver : passage de 43,53 € / MWh à 63,57 € / MWh
- Pour l'été : passage de 27,84 € / MWh à 39,19 € / MWh

Cette évolution représente une augmentation de l'ordre de 6,5 % par an depuis plus de 6 ans.

3.2.2. Bilans des charges sur 20 ans

Voici un bilan des charges pour le chauffage et l'ECS sur 20 ans.

Nous avons réalisé ce bilan pour 3 scénarios d'évolution du coût de l'énergie :

- Scénario 1 : dépense globale sur 20 ans à coût d'énergie constant
- Scénario 2 dit tendanciel : avec une augmentation annuelle du CU de 4.0 %/an
- Scénario 3 dit de crise : il correspond à une augmentation de 50 % supérieur au scénario 2, ce qui n'est pas exagéré puisque c'est ce qui a été constaté depuis plus de 6 ans.

		Energie constante	Energie + 4 % / an	Energie + 6 % / an
Etat existant	<u>Charge Chauffage + ECS sur 20 ans</u>	1 960 000 €	4 129 424 €	5 930 175 €
Scénario 1	<u>Charge Chauffage + ECS sur 20 ans :</u>	1 831 776 €	3 859 275 €	5 542 220 €
Scénario 2	<u>Charge Chauffage + ECS sur 20 ans</u>	1 470 000 €	3 097 068 €	4 447 631 €
Scénario 3	<u>Charge Chauffage + ECS sur 20 ans</u>	1 333 333 €	2 809 132 €	4 034 133 €

Ces résultats montrent que sur 20 ans l'économie sur les charges de chauffage et d'ECS sont considérables, et qu'elles permettent de financer les travaux.

Sur la base de ces chiffres, une estimation des subventions collectives et individuelles par type de foyer pourra être réalisée par le PACT. Ils pourront ensuite calculer les temps de retour sur investissement pour chacun des scénarios.

Conclusion

Cette partie de l'audit permet de classer les postes générant le plus de consommation d'énergie.

Elle permet aussi de se rendre compte l'évolution la plus importante dans la diminution des consommations d'énergie se situe entre le scénario 1 et le scénario 2, soit en remplaçant les menuiseries extérieures.

Et enfin il est important de rappeler qu'une estimation des subventions collectives permettra d'appréhender le temps de retour sur investissement.