

Sommaire

Introduction générale	01
Chapitre 01 : Etat de l'art de la consommation énergétique	07
Introduction	08
1.1 Production et Consommation d'énergie dans le monde.....	09
1.2 Production et Consommation d'énergie en l'Algérie.....	12
1.3 Intensité énergétique dans le monde et en Algérie.....	14
1.4 La stratégie énergétique Algérienne dans la perspective du développement durable.....	17
1.4.1 Réglementation de la gestion de l'énergi.....	17
1.4.2 La loi sur la distribution d'électricité et de gaz par pipelines....	18
1.4.3 Loi sur la promotion des énergies renouvelables dans le cadre du développement durable.....	19
Conclusion	19
Chapitre 02 : L'audit énergétique	20
Introduction	21
2.1 Fondamentaux de l'audit énergétique.....	22
2.1.1 Définition	23
2.1.2 Typologie d'audit énergétique	23
2.1.3 Phases d'audit énergétique.....	24
2.2 Paramètres à mesurer lors de l'audit énergétique.....	28
2.3 Instruments pour l'audit énergétique.....	31
2.3.1 Outillage de mesure (thermographie).....	31
2.3.2 Documentation.....	32
2.3.3 Logiciels	33
Conclusion	35
Chapitre 03 : mode opératoire de mise en œuvre de l'audit	36
Introduction	37

3.1	L'état actuel du site.....	37
3.1.1	Consommation énergétiques total de la faculté.....	37
3.1.2	Classe énergétique de la faculté.....	43
3.2	Évaluation globale des déperditions thermiques dans la faculté et le besoin en chauffage.....	48
3.2.1	Définitions	48
3.2.2	Méthode de calculs.....	49
3.2.3	Résultats.....	72
	Conclusion	75
 Chapitre 04 : Analyse Technico-économique		
	Introduction	76
4.1	Améliorations possibles pour l'efficacité énergétique de la faculté	77
4.2	Etude Économique/Énergétique de la faculté de technologie.....	78
4.2.1	Devis actuel pour la facturation de l'électricité et du gaz.....	83
4.2.2	Aperçu général du logiciel RETScreen.....	86
4.3	Cas étudié	90
	Conclusion	112
	Conclusion générale.....	113

كجزء من هذا العمل، يتم إجراء مراجعة للطاقة داخل كلية التكنولوجيا بجامعة تلمسان بهدف تحسين كفاءة الهياكل وتقليل استهلاك الطاقة. تعتمد المنهجية المتبعة على الكشف عن تسرب الطاقة الذي يمكن أن يظهر من خلال ممارسات العزل السيئة أو استهلاك الطاقة أو المعدات. للقيام بذلك، تم استخدام الكاميرا الحرارية testo 875i طوال عملية التشخيص. ثم تم استخدام البيانات التي تم جمعها من خلال برنامج Retscreen لتقييم الجدوى الفنية والاقتصادية للحلول الموصى بها. في نهاية هذا التقييم، يبدو أنه يمكن تحقيق توفير في الطاقة بنحو 60% من خلال استثمارات معقولة على المدى المتوسط.

الكلمات المفتاحية: تدقيق الطاقة؛ استهلاك الطاقة؛ فقدان الحرارة؛ كفاءة الطاقة؛

Abstract

In the scope of this work, an energy audit is carried out within the Faculty of Technology at the University of TLEMCEN to improve the efficiency of structures and reduce energy consumption.

The methodology followed is based on the detection of energy leaks that can manifest themselves through poor insulation, energy-consuming practices or equipment failures. To do this, a thermal camera type dough 875i was used throughout the diagnosis. The data collected were then used through the Retscreen software to assess the technical and economic viability of the recommended solutions. At the end of this evaluation, it appears that an energy saving of around 60% can be achieved with reasonable investments over the medium term.

Keywords : Energy audit ; energy consumption; heat losses; energy efficiency;

Résumé

Dans le cadre de ce travail, un audit énergétique est effectué au sein de la faculté de Technologie Université de TLEMCEN visant l'amélioration de l'efficacité des structures et la réduction de la consommation de l'énergie.

La méthodologie suivie repose sur la détection des fuites de l'énergie pouvant se manifester à travers une mauvaise isolation, des pratiques énergivores ou encore des défaillances des équipements. Pour ce faire, une caméra thermique type testo 875i a été utilisée durant tout le diagnostic. Les données relevées ont été ensuite utilisées à travers le logiciel Retscreen pour évaluer la viabilité technique et économique des solutions préconisées.

A l'issue de cette évaluation, il en ressort qu'une économie d'énergie de l'ordre de 60% peut être réalisée avec des investissements raisonnables sur un moyen terme.

Mots-clés : L'audit énergétique ; la consommation énergétique ; pertes thermiques ;
L'efficacité énergétique ;

Liste des figures

Figures	Titres	Pages
Figure 0.1	Structure d'un système consommateur d'énergie	03
Figure 0.2	Structure du mémoire	06
Figure 1.1	Variation annuelle moyenne en production mondiale de combustibles fossiles par combustible	09
Figure 1.2	Répartition de la production mondiale de gaz naturel par région	11
Figure 1.3	la production brute d'électricité, Répartition selon la source, 2016	11
Figure 1.4	Production brute totale d'électricité	11
Figure 1.5	Aperçu des champs d'hydrocarbures en Algérie	12
Figure 1.6	Niveaux d'intensité énergétique primaire par région (2011)	15
Figure 1.7	Evolution de l'intensité sectorielle	16
Figure 1.8	Comparaison internationale	16
Figure 2.1	tableau synoptique de la méthode de l'audit énergétique	30
Figure 2.2	la caméra thermique Testo 875 i	31
Figure 2.3	modèle d'une facture d'électricité	32
Figure 2.4	modèle d'une facture du gaz naturel	33
Figure 2.5	interface de IRsoft	34
Figure 2.6	interface de Retscreen	35
Figure 3.1	L'évolution de la consommation électrique	40
Figure 3.2	La consommation électrique en 2016	41
Figure 3.3	La consommation électrique en 2017	41
Figure 3.4	La consommation électrique en 2018	41
Figure 3.5	L'évolution de la consommation du gaz	42
Figure 3.6	La consommation du gaz en 2016	43
Figure 3.7	La consommation du gaz en 2017	43
Figure 3.8	La consommation du gaz en 2018	43
Figure 3.9	Image réelle d'un mur dans le télé-enseignement	55
Figure 3.10	Image thermique d'un mur télé-enseignement	55

Figure 3.11	Image réelle d'une paroi télé-enseignement	56
Figure 3.12	Image thermique d'une paroi télé-enseignement	56
Figure 3.13	Image réelle d'une paroi dans télé-enseignement	57
Figure 3.14	Image thermique d'une paroi dans télé-enseignement	57
Figure 3.15	Image réelle d'une paroi télé-enseignement	58
Figure 3.16	Image thermique d'une paroi télé-enseignement	58
Figure 3.17	Image réelle d'une paroi télé-enseignement	59
Figure 3.18	Image thermique d'une paroi télé-enseignement	59
Figure 3.19	Image réelle d'une paroi télé-enseignement	60
Figure 3.20	Image thermique d'une paroi télé-enseignement	60
Figure 3.21	Image réelle d'une paroi dans l'administration	61
Figure 3.22	Image thermique d'une paroi dans l'administration	61
Figure 3.23	Image réelle d'une paroi dans l'administration	62
Figure 3.24	Image thermique d'une paroi dans l'administration	62
Figure 3.25	Image réelle d'une paroi dans l'administration	63
Figure 3.26	Image thermique d'une paroi dans l'administration	63
Figure 3.27	Image réelle d'une paroi dans l'administration	64
Figure 3.28	Image thermique d'une paroi dans l'administration	64
Figure 3.29	Image réelle d'une paroi dans l'administration	65
Figure 3.30	Image thermique d'une paroi dans l'administration	65
Figure 3.31	Image réelle d'une paroi dans l'administration	66
Figure 3.32	Image thermique d'une paroi dans l'administration	66
Figure 3.33	Image réelle d'une paroi dans le bloc A	67
Figure 3.34	Image thermique d'une paroi dans le bloc A	67
Figure 3.35	Image réelle d'une paroi dans le bloc A	68
Figure 3.36	Image thermique d'une paroi dans le bloc A	68
Figure 3.37	Image réelle d'une paroi dans le bloc A	69
Figure 3.38	Image thermique d'une paroi dans le bloc A	69
Figure 3.39	Le coefficient de déperdition thermique	71
Figure 3.40	la comparaison de l'utilisation de la lampe à tube et de la LED	71
Figure 3.41	Déperditions calorifiques dans un bâtiment habituel	79
Figure 4.1	Etat de paiement SONALGAZ de l'électricité pour l'université	81

Figure 4.2	Etat de paiement SONALGAZ de l'électricité pour la faculté de technologie	83
Figure 4.3	Etat de paiement SONALGAZ du gaz naturel pour l'université	83
Figure 4.4	Etat de paiement SONALGAZ du gaz naturel pour la faculté de technologie	84
Figure 4.5	Etat de paiement SONALGAZ 2016	84
Figure 4.6	Etat de paiement SONALGAZ 2017	85
Figure 4.7	Etat de paiement SONALGAZ 2018	85
Figure 4.8	les 2 méthodes d'analyse standard du modèle	85
Figure 4.9	1 ^{er} page dans la simulation	87
Figure 4.10	lieu et données climatiques	88
Figure 4.11	Modèle énergétique	89
Figure 4.12	Modifications possibles	90
Figure 4.13	l'isolation thermique	92
Figure 4.14	l'isolation acoustique	92
Figure 4.15	une fenêtre a double vitrage d'oxxo	93
Figure 4.16	la rentabilité du projet avec le prix actuel de l'électricité	95
Figure 4.17	la rentabilité du projet avec la future tarification de l'électricité	95
Figure 4.18	la rentabilité du projet avec le prix actuel de l'électricité	96
Figure 4.19	la rentabilité du projet avec la future tarification de l'électricité	96
Figure 4.20	la rentabilité du projet avec le prix actuel de l'électricité	97
Figure 4.21	la rentabilité du projet avec la future tarification de l'électricité	97
Figure 4.22	la rentabilité du projet avec le prix actuel de l'électricité	98
Figure 4.23	la rentabilité du projet avec la future tarification de l'électricité	98
Figure 4.24	la rentabilité du projet avec le prix actuel de l'électricité	99
Figure 4.25	la rentabilité du projet avec la future tarification de l'électricité	99
Figure 4.26	la rentabilité du projet avec le prix actuel de l'électricité	100
Figure 4.27	la rentabilité du projet avec la future tarification de l'électricité	100
Figure 4.28	la rentabilité du projet avec le prix actuel de l'électricité	101
Figure 4.29	la rentabilité du projet avec la future tarification de l'électricité	101
Figure 4.30	la rentabilité du projet avec le prix actuel de l'électricité	102
Figure 4.31	la rentabilité du projet avec la future tarification de l'électricité	102

Figure 4.32	la rentabilité du projet avec le prix actuel de l'électricité	103
Figure 4.33	la rentabilité du projet avec la future tarification de l'électricité	103
Figure 4.34	la rentabilité du projet avec le prix actuel de l'électricité	104
Figure 4.35	la rentabilité du projet avec la future tarification de l'électricité	104
Figure 4.36	la rentabilité du projet avec le prix actuel de l'électricité	105
Figure 4.37	la rentabilité du projet avec la future tarification de l'électricité	105
Figure 4.38	la rentabilité du projet avec le prix actuel de l'électricité	106
Figure 4.39	la rentabilité du projet avec la future tarification de l'électricité	106
Figure 4.40	la rentabilité du projet avec le prix actuel de l'électricité	107
Figure 4.41	la rentabilité du projet avec la future tarification de l'électricité	107
Figure 4.42	la rentabilité du projet avec le prix actuel de l'électricité	108
Figure 4.43	la rentabilité du projet avec la future tarification de l'électricité	108
Figure 4.44	la rentabilité du projet avec le prix actuel de l'électricité	109
Figure 4.45	la rentabilité du projet avec la future tarification de l'électricité	109
Figure 4.46	la rentabilité du projet avec le prix actuel de l'électricité	110
Figure 4.47	la rentabilité du projet avec la future tarification de l'électricité	110

Liste des tableaux

Tableaux	Titres	Pages
Tableau 1.1	Consommation d'énergie primaire par habitant en 2015, en tep	10
Tableau 1.2	Consommation finale par produit	13
Tableau 3.1	Tarifs applicables en (HTA)	38
Tableau 3.2	Tarifs applicables en (BT)	38
Tableau 3.3	Tarifs applicables en (MP)	41
Tableau 3.4	Tarifs applicables en (BP)	42
Tableau 3.5	la consommation réelle annuelle total	44
Tableau 3.6	la surface bâties de chaque blocs	45
Tableau 3.7	la consommation nécessaire annuelle total	47
Tableau 3.8	la classe énergétique de la faculté	48
Tableau 3.9	les résistances thermique d'échanges convective	50
Tableau 3.10	Valeurs des coefficients K_{jn} des parois vitrées courantes	51
Tableau 3.11	Valeurs des coefficients K des porte courantes	51
Tableau 3.12	Valeurs de la conductance thermique	72
Tableau 3.13	Valeurs des coefficients de déperditions thermique	73
Tableau 3.14	Besoin en chauffage	74
Tableau 4.1	caractéristiques des modelés disponibles	94

Abréviation /Nomenclature

AE : Audit Energétique

APRUE : Agence pour la promotion et la rationalisation de l'utilisation de l'énergie(Algérie).

ADEME : Agence de Développement de l'Economie et de La Maitrise de l'Energie (France)

BBC : Bâtiment Basse Consommation

BT : Base tension

D_s : déperditions surfacique ;

D_e : déperditions à travers les liaisons ;

D_{sol} : déperditions à travers les parois en contact avec le sol ;

D_{inc} : déperditions à travers les parois en contact avec des locaux non chauffés

EE : Efficacité Energétique

FNME : Fonds National de Maitrise De L'énergie

HTA : Haute tension appliquée

h : nombre des heures de chauffage pour chaque jour

n : nombre de jour de chauffage pour chaque mois

PE : Performance Energétique

TEP : Tonnes Equivalent Pétrole

TRI : Taux de rentabilité interne

SONELGAZ : Société Nationale d'Electricité et de Gaz

OCDE : L'Organisation de coopération et de développement économiques

CIS : Commonwealth of Independent States

ICEM : Conseil intersectoriel de gestion énergétique

RETScreen : logiciel de gestion d'énergies propres

Φ : flux de chaleur	[W]
λ : conductivité thermique.....	[W/mK]
ΔT : Différence de température entre l'état initial et finale.....	[K]
A : surface.....	[m ²]
B : Besoin en chauffage.....	[KWh]
Cp : chaleur spécifique	[J/Kg.K]
e : épaisseur.....	[m]
G : coefficient de déperditions volumique.....	[W/m ³ °C]
hi :coefficient convectif intérieur.....	[W/m ² K]
he : coefficient convectif extérieur.....	[W/m ² K]
K : conductance thermique.....	[W/m ² K]
Kjn : conductance thermique moyenne jour-nuit.....	[W/m ² K]
m : masse.....	[kg]
Rs : Résistance thermique.....	[m ² K/W]
Vh : volume a chauffé.....	[m ³]
P : Puissance active.....	[W]
Q : Puissance réactive.....	[W]
Qnec : consommation nécessaire.....	[KWh]
Tref : température de référence.....	[°C]
S : Puissance apparente.....	[W]

Introduction générale

Introduction Générale

La demande énergétique dans le secteur du bâtiment a considérablement augmenté ces dernières années et reste l'une des consommations d'énergie les plus élevées. Au niveau mondial, l'énergie primaire consommée par le bâtiment représente environ 40% [1]. La connaissance des risques environnementaux, économiques et sociaux a incité les responsables politiques et scientifiques à prendre une série d'initiatives pour améliorer les performances du bâtiment

L'homme a recours de plus en plus aux ressources à haute valeur énergétique, mais non renouvelables et polluantes. Ce qui a fait naître la crainte d'un épuisement prématuré de ces ressources « la consommation de toutes les générations qui ont vécu sur terre a été dépassée par la consommation des ressources naturelles de ces 40 dernières années » [2]

Il faut affirmer d'emblée que ce n'est pas là tant une question de technicité à développer que de stratégie à engager, laquelle va requérir la participation personnelle et financière de tout un chacun. Et que l'on soit opposé ou favorable à telle ou telle décision importe peu, l'essentiel est de mettre en avant les meilleurs arguments. Au cours de ce travail, on devrait toujours avoir à l'esprit le rôle décisif joué par l'énergie à l'échelle planétaire et le devoir incontournable de l'utiliser au mieux. Les professionnels de l'énergie, les chefs d'entreprise, les hommes politiques et les décideurs ne pourront que bénéficier de la reconnaissance publique de l'importance de leurs activités. Une vue globale des problèmes énergétiques se dégagera alors, qui contribuera à favoriser l'utilisation réfléchie de l'énergie, par tous, et à tous les échelons des activités humaines [3].

Dans le monde entier et plus particulièrement en Algérie, la maîtrise de l'énergie est essentielle. Dans un contexte où la demande est en constante augmentation dans notre société et en se concentrant sur le fait actuel dans notre pays concernant la perte d'énergie (tel que des problèmes d'isolations) nous devons procéder à un audit énergétique. L'audit énergétique amène à un processus de vérification de l'utilisation de l'énergie et en amont de l'identification des zones où la déperdition thermique pourra être réduite au minimum dans le cas où elle n'est pas totalement éliminée. Cet audit comprend plusieurs tâches qui pourront être effectuées en fonction du type de contrôle donné et de la fonction de l'installation étudiée. L'étude commence par un examen des données historiques, sur la consommation d'énergie, qui peuvent être compilées à partir des factures d'électricité et/ou de gaz.

En bref, la vérification vise à déterminer où, quand, pourquoi et comment l'énergie est utilisée. Cette information peut ensuite servir à cerner les possibilités d'améliorer l'efficacité énergétique, de réduire les coûts énergétiques et de réduire les émissions de gaz à effet de serre qui contribuent aux changements climatiques. Les vérifications énergétiques peuvent également vérifier l'efficacité des possibilités de gestion de l'énergie (PGE) une fois qu'elles ont été mises en œuvre. Bien que les vérifications énergétiques soient souvent effectuées par des consultants externes, il y a beaucoup de choses qui peuvent être faites à l'aide de ressources internes. Nous allons présenter une méthode pratique pour effectuer des audits énergétiques dans les différentes structures afin que même les petites entreprises puissent intégrer l'audit dans leurs stratégies globales de gestion énergétique. L'audit énergétique consiste à établir un diagnostic de la qualité énergétique d'une infrastructure et à formuler un diagnostic sous forme de recommandations afin d'améliorer la performance énergétique d'un bâtiment. Cet avis comprend les éléments suivants :

- ✓ Informations sur la performance énergétique de la structure
- ✓ Propositions d'améliorations avec des économies réalisables.
- ✓ Fiches techniques sur les recommandations proposées.
- ✓ Coordonnées, publications et incitations financières.

L'auditeur a pour mission de conseiller sur la base du diagnostic énergétique, des besoins et du budget. Tout d'abord, il faut définir les limites d'un système. Nous entendons tout bâtiment,

toute zone à l'intérieur d'un bâtiment, tout système d'exploitation, tout équipement qui consomme de l'énergie ou tout ensemble d'installations individuelles. Autour de ces éléments, on peut placer une limite figurative. Dans un diagramme schématisé (Figure 0.1). [4]

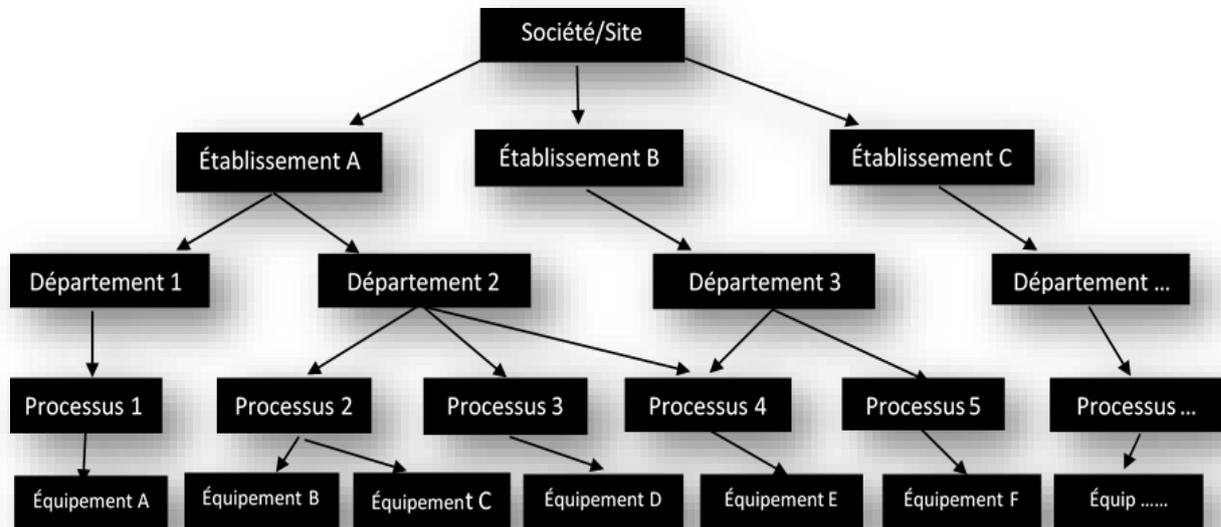


Figure 0.1 : Structure d'un système consommateur d'énergie

Pour le deuxième challenge, il est techniquement plus difficile parce qu'il s'agit de collecter des données sur les flux énergétiques provenant de différentes sources par des mesures directes. Il s'agit probablement aussi d'estimer les flux d'énergie qui ne peuvent pas être mesurés directement, comme les pertes de chaleur à travers un mur. Comme les seuls flux d'énergie préoccupants sont ceux qui traversent les limites du système, il faut tenir compte de ce qui suit lorsqu'on mesure les flux d'énergie :

- ✓ Sélectionner des unités de mesure pratiques qui peuvent être converties en une seule unité pour la consolidation des données.
- ✓ Satisfait ou remboursé, il sait calculer l'énergie contenue dans les flux de matières telles que l'eau chaude à évacuer, l'air refroidi à évacuer, l'énergie intrinsèque dans les matières traitées, etc. sait calculer la chaleur à partir de différentes formes d'énergie précurseur.

Dans ce contexte, ce travail tente de définir la consommation et l'efficacité énergétique des structures tertiaires existantes en adoptant des techniques d'audit énergétique déjà reconnues et identifiées et en proposant des solutions d'amélioration énergétique.

Problématique

La maîtrise de l'énergie vise à orienter la demande d'énergie vers une plus grande efficacité du système de consommation, à travers un modèle de consommation énergétique nationale, dans le cadre de la politique énergétique nationale.

Le modèle de consommation énergétique nationale, en tant que cadre de référence pour l'orientation et la gestion de la demande d'énergie, repose sur les options énergétiques suivantes :

- l'utilisation prioritaire et maximale du gaz naturel, notamment pour les usages thermiques finaux ;
- l'orientation de l'électricité vers ses usages spécifiques ;
- la promotion des énergies renouvelables ;
- la réduction progressive de la part des produits pétroliers dans le bilan de la consommation nationale d'énergie ;
- la conservation de l'énergie, la substitution inter énergies et les économies d'énergie, tant au niveau de la production, de sa transformation et de son utilisation.

Tous les pays signataires du protocole de KYOTO ont utilisé l'audit énergétique comme outil pour améliorer les performances énergétiques. Alors que nos problématiques sont les suivantes :

- Que faire pour optimiser la performance énergétique des infrastructures comme la faculté de la technologie à un coût optimal ?
- Que représente la rentabilité de ces améliorations ?

Hypothèses

Pour faire face à ces problématiques, nous formulons les hypothèses suivantes :

- ✓ La conception des blocks est l'un des facteurs les plus influents qui ont une incidence sur le bilan final, par rapport au facteur technologique ou social
- ✓ Il faut comparer la consommation théorique à la consommation réelle d'un bâtiment existant à la base pour que l'adoption d'un audit basé uniquement sur des données réelles donne des résultats fiables sur la consommation de chaque bloc.

Objectifs

Notre étude s'inscrit dans le cadre de la définition d'une stratégie de maîtrise de l'énergie pour la faculté de la technologie Chetouane-Tlemcen. Il est destiné à :

- ✓ Mettre en évidence et détecter à l'avance les zones les plus consommatrices d'énergie afin d'intervenir et ainsi améliorer la performance énergétique de la structure.
- ✓ Mettre en évidence les causes de la mauvaise performance énergétique et y donner suite en formulant des recommandations générales visant à améliorer la performance énergétique.
- ✓ Une évaluation des coûts inhérents aux solutions d'amélioration est effectuée.

Méthode de la recherche

Ce qui nous a poussés à mener notre étude, c'est la réalité sur le terrain dans notre faculté, où nous avons constaté des lacunes dans les audits énergétiques et en particulier dans le secteur tertiaire. Notre objectif était d'essayer d'établir les étapes d'une procédure d'audit simplifiée, basée sur des méthodes reconnues et adaptée à notre contexte.

Auparavant nous avons justifié la pertinence du sujet par l'importance de la consommation énergétique dans ce secteur. Nous avons ensuite dressé l'état de l'art de l'audit énergétique avec ses définitions, procédures, outils et objectifs, tant dans la littérature internationale que dans la réglementation algérienne.

A travers des exemples d'audits à travers le monde et en Algérie, nous avons pu établir la comparaison et définir les modalités, outils et rapports d'un audit. Nous avons rejoint la méthodologie APRUE, parce qu'elle est très explicite et pratique. Ce croisement nous a permis de définir les outils (questionnaires, niveaux d'investigation de la recherche) d'une approche réinterprétée et adaptée au contexte algérien. Les résultats ont été discutés afin de répondre à nos hypothèses de travail et de les vérifier.

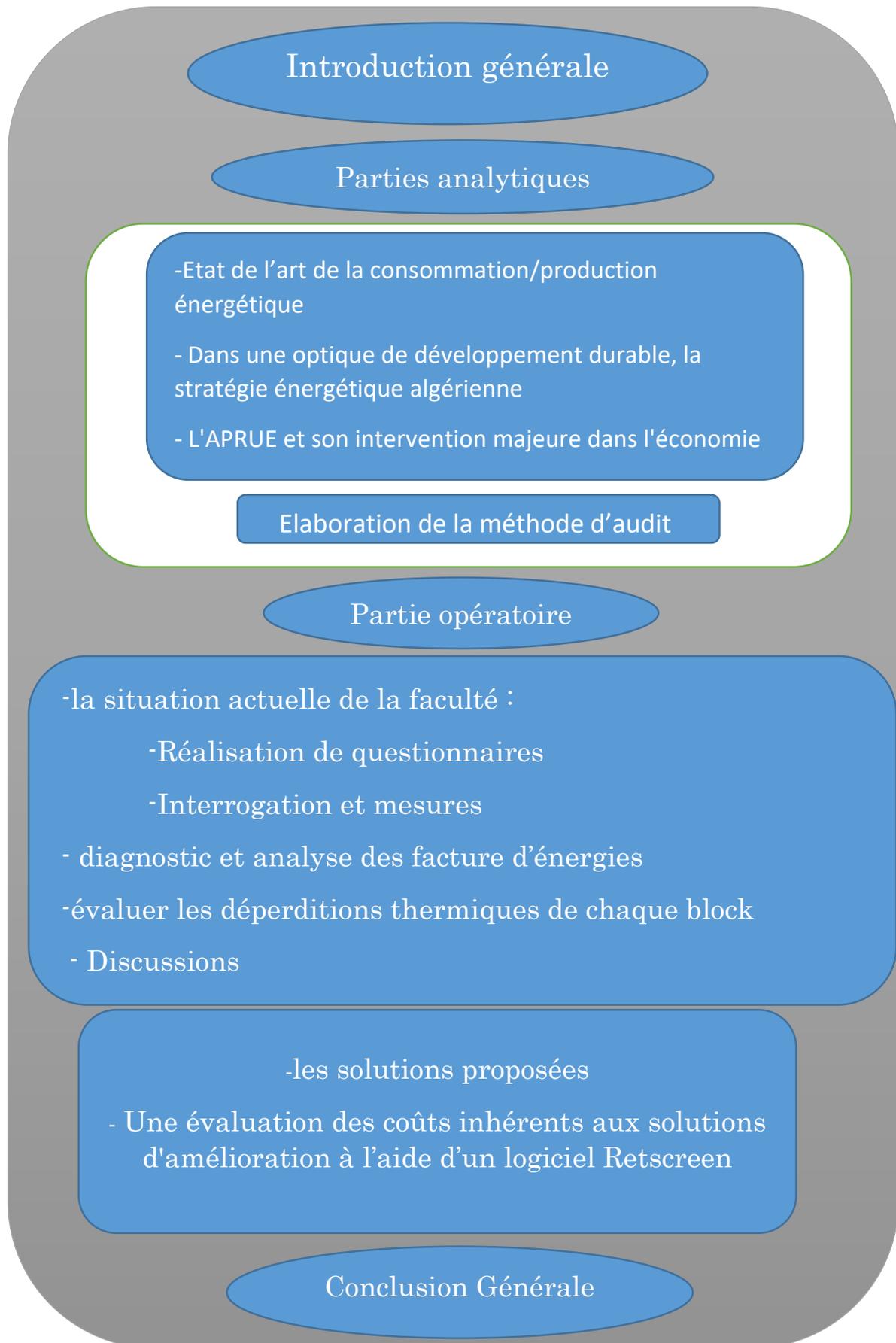


Figure 1.2 : Structure du mémoire

Chapitre 01 : *Etat de l'art de la consommation énergétique*

Chapitre 01

Etat de l'art de la consommation énergétique

Chapitre 01 : *Etat de l'art de la consommation énergétique*

1. **Etat de l'art de la consommation énergétique**

Introduction

La demande énergétique a considérablement crû et le secteur du bâtiment fait partie des secteurs les plus consommateurs d'énergie. En cette période, l'un des problèmes majeurs de l'humanité est d'allier l'énergie, le respect de l'environnement et le développement économique, en particulier pour les pays du Sud, un enjeu de développement durable a été clairement démontré lors du Sommet de Johannesburg en 2002.

Dans cette perspective, de grandes batailles doivent être menées au cours du siècle pour la survie de la planète : faire de l'efficacité énergétique une priorité de la politique internationale, réduire les émissions de gaz à effet de serre, économiser l'énergie pour le développement économique et réduire les inégalités, responsabiliser les acteurs. L'Algérie a inscrit sa stratégie énergétique dans le cadre du développement durable en intégrant la promotion des énergies renouvelables. Dans le contexte de la prise de conscience mondiale sur le changement climatique et vers un avenir durable et économique.

Dans ce chapitre, nous souhaitons présenter et expliquer quelques données sur la production et la consommation énergétique dans le monde puis en Algérie après cela, nous allons poser à savoir quelle est la stratégie de l'Algérie pour améliorer la situation actuelle.

Chapitre 01 : *Etat de l'art de la consommation énergétique*

1.1. Production et Consommation d'énergie dans le monde

Dans le monde entier, le secteur du bâtiment est le plus gros consommateur d'énergie, Ce secteur tend principalement à jouer un rôle de plus en plus important dans le contexte économique

Les données relatives à la production mondiale de 2017 au niveau des pays sont préliminaires et limitées aux combustibles fossiles. Sur la base de ces données, la croissance de la production de combustibles fossiles s'est accélérée après deux années de baisse (+1,9% - Figure 1.1). Cela a été fait par l'envolée de la production de charbon après deux ans d'activité (+3,1% en 2017, -5,9% en 2016, -2,3% en 2016, -2,3% en 2017, -5,9% en 2017, -5,9% en 2016, -5,9% en 2016). 2015). A continué d'augmenter et la production de gaz naturel a augmenté. À un rythme plus élevé (plus du double de la croissance de 2016) (+3,6 % en 2017). La production de pétrole brut a été assez élevée stable en 2017 (-0,2%), contre +1,4% en 2016.

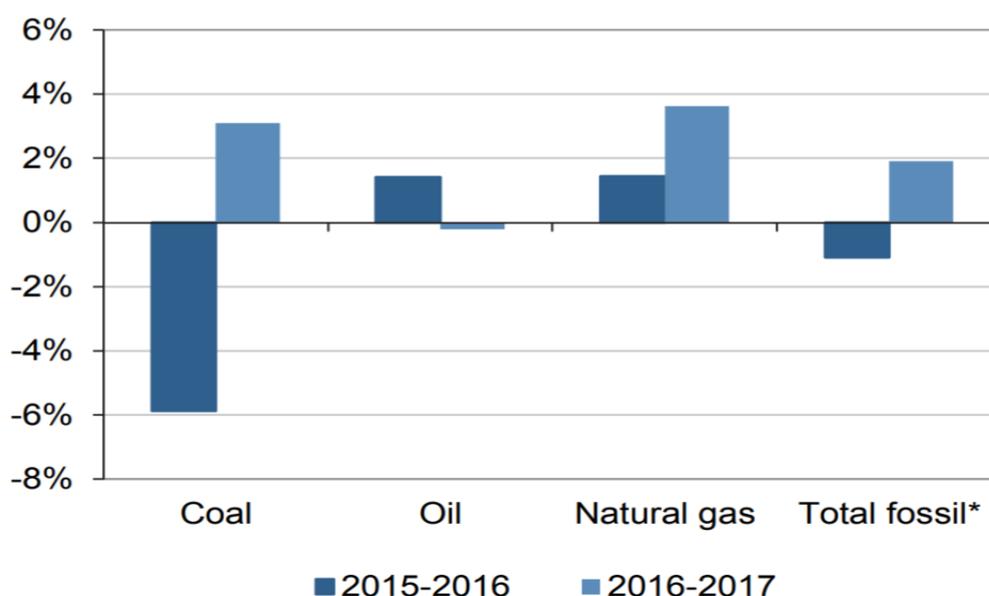


Figure 1.1. Variation annuelle moyenne en production mondiale de combustibles fossiles par combustible

L'augmentation de la production de charbon a été particulièrement forte dans de nombreuses régions : Chine (+54 Mtep, +3,1%), Pays de l'OCDE (+23 Mtep, +2,8%) et autres pays les pays d'Asie hors OCDE (+23 Mtep, +3,9%). La production de gaz naturel a augmenté dans toutes

Chapitre 01 : *Etat de l'art de la consommation énergétique*

les régions en 2017, en particulier en Europe et en Eurasie hors OCDE (+42 Mtep, +5,8%) et OCDE (+25 Mtep, +2,3%). [9]

On est curieux de voir comment cette production d'énergie primaire a évolué dans le temps depuis 1973. On peut voir à la figure 2.1 la croissance, ainsi que la part de chaque source. Cette production d'énergie primaire a conduit, en 2015, à une consommation totale d'énergie dans le monde de 9 384 MTep, et le tableau suivant prouve le-nous la Disparités des consommations d'énergie dans les différentes zones économiques [9] :

Zone économique	Consommation d'énergie primaire par habitant (tep/hab)
Amérique Latine	1.28
USA	6.80
O.C.D.E.	4.12
Allemagne	3.77
France	3.71
Afrique	0.66
Moyen Orient	3.21
Asie	0,73
Chine	2,17
Japon	3,38
Moyenne mondiale	1,86

Tableau 1.1 – Consommation d'énergie primaire par habitant en 2015, en tep

En 2017, la production mondiale de gaz naturel a atteint un nouveau record de 3 768 milliards de mètres cubes. Il s'agit d'un taux de 3,6 % par rapport à 2016, ce qui constitue la plus forte augmentation depuis 2010. La production de gaz naturel augmente chaque année depuis la crise économique de 2009 avec un taux de croissance annuel composé de 2,6%. Bien que l'Europe/Eurasie non membre de l'OCDE ait connu la plus forte hausse en raison d'une

Chapitre 01 : Etat de l'art de la consommation énergétique

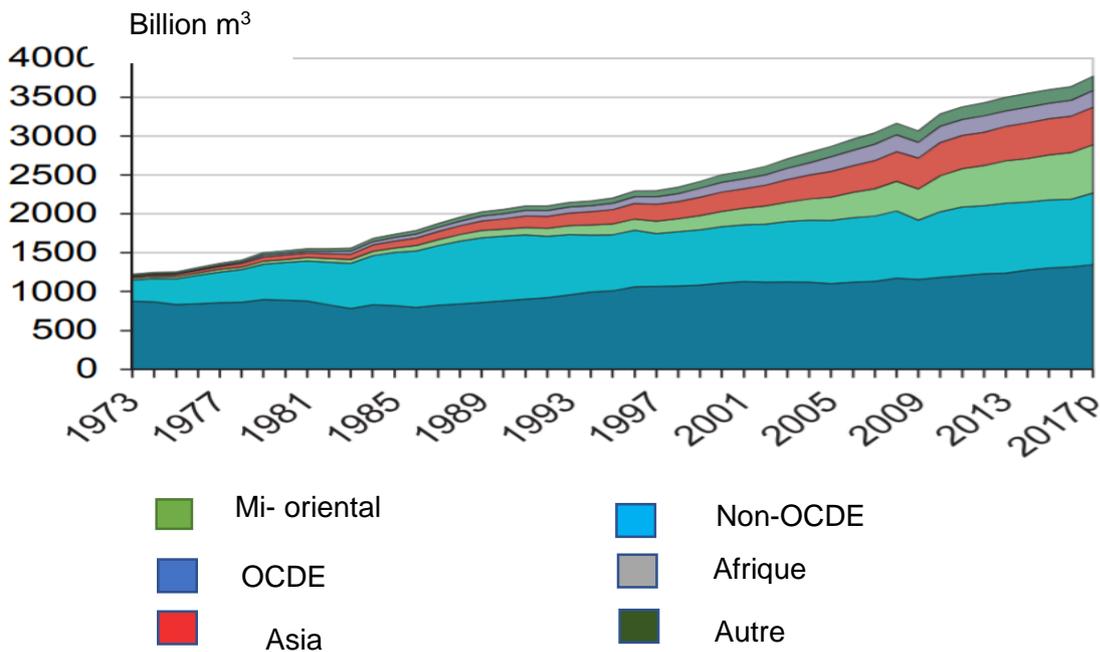


Figure 1.2 : Répartition de la production mondiale de gaz naturel par région

augmentation considérable de la production russe, les 132,0 milliards m³ supplémentaires produits en 2017 étaient répartis approximativement proportionnellement entre les régions. [11]

Ainsi, la production mondiale brute d'électricité est passée de 6 298 TWh à 25 082 TWh entre 1974 et 2016, soit un taux de croissance annuel moyen de 3,3%. En 2016, la production était supérieure de 2,9 % à celle de 2015. Sur une base annuelle, la production mondiale d'électricité n'a cessé d'augmenter depuis 1974, sauf entre 2008 et 2009, lorsque la

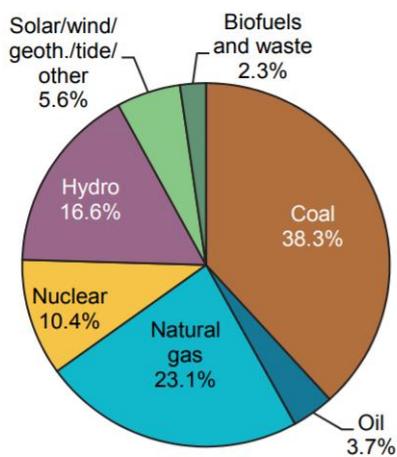


Figure 1.4 : la production brute d'électricité, Répartition selon la source, 2016

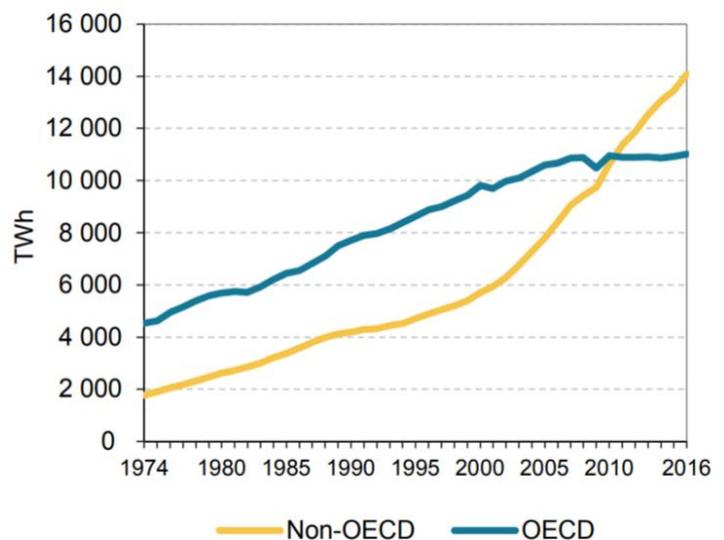


Figure 1.3 : Production brute totale d'électricité

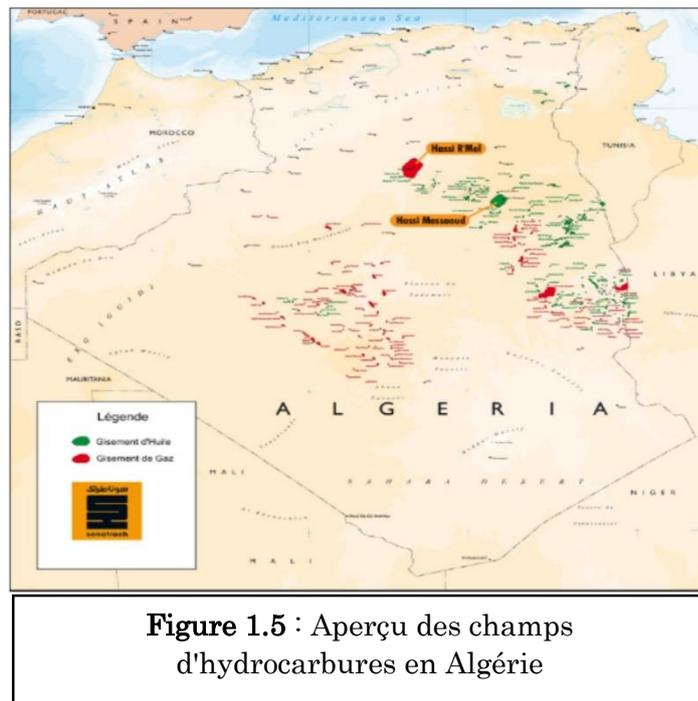
Chapitre 01 : *Etat de l'art de la consommation énergétique*

crise économique dans les pays de l'OCDE a provoqué une baisse visible de la production mondiale.

La consommation totale mondiale finale d'électricité en 2016 a atteint 20 863 TWh, en hausse de 3,2 % par rapport à 2015. Le taux de croissance moyen de la consommation finale d'électricité dans le monde entre 1974 et 2016 a pour sa part été de 3,3 %. [12]

1.2. Production et Consommation d'énergie en l'Algérie

Sur le plan du potentiel énergétique, l'Algérie possède les dixièmes réserves mondiales de gaz et les troisièmes en gaz de schiste. Elle possède également les troisièmes réserves de pétrole en Afrique, selon l'Agence américaine pour l'énergie. En Algérie, les ressources en hydrocarbures conventionnels découvertes à ce jour sont contenues dans un peu plus de 200 gisements de pétrole et de gaz, dont 73 dans le bassin Illizi, 57 dans les bassins du Sahara central, 34 dans les bassins Ghadames-Rhourde Nous et 31 dans le bassin Oued Maya (figure 1.5). [14]



Dans un rapport du ministère de l'énergie, le taux de consommation interne d'énergie poursuit sa tendance à la hausse et va vraisemblablement doubler vers 2030, puis tripler, selon les estimations en 2040.

Chapitre 01 : *Etat de l'art de la consommation énergétique*

En 2017, la consommation finale d'énergie a ainsi grimpé de 4,1% pour atteindre 44,6 millions de tonnes de produits pétroliers, dont le gaz naturel (+7,9%) et l'électricité (+6,4%) en particulier. En revanche, la consommation de produits pétroliers a diminué de 1,2%. L'observation faite par les fonctionnaires du Ministère de l'énergie montre que la production nationale est restée stable alors que la consommation intérieure a augmenté. Ainsi, la consommation des ménages a atteint 19 808 tonnes de produits pétroliers en 2017, dont 14 196 tonnes pour le résidentiel et 416 tonnes pour l'agriculture, contre 18 584 tonnes l'année précédente, ce qui correspond à une augmentation de 6,6%.

Il est important de noter que l'énergie électrique représente plus de 60 % de l'énergie consommée par les ménages, alors que 98 % de l'électricité est produite à partir du gaz naturel. [13] En conséquence des augmentations de températures notées dans le nord du pays, le gestionnaire du réseau a enregistré le mardi 11 juillet 2017, à 15h30, avec une consommation électrique record de 13 227 MW sur le réseau national. Cette demande d'électricité dépasse de 330 MW la demande maximale enregistrée à l'été 2016 le 1er août de la même année, ce qui correspond à une augmentation de plus de 3%. [15]

Produit	Unités	2016	2017	Evolution
Produits pétroliers	K Tep	15 527	15 338	-1.2
	K Tonnes	14 842	14 664	
Gaz naturel	K Tep	12 654	13 655	7.9
	10 ⁶ m ³	13 390	14 449	
Electricité	K Tep	12 476	13 270	6.4
	GWh	52289	56376	
GPL	K Tep	2220	2335	5.2
	K Tonnes	1881	1979	
Coal sidérurgique	K Tep	-	38	-
	K Tec	-	54	
Autres : Bois	K Tep	6	10	70.2
	K Tec	31	53	
TOTAL	K Tep	42 883	44 646	4,1

Tableau 1.2 : Consommation finale par produit

Chapitre 01 : *Etat de l'art de la consommation énergétique*

On peut déduire du tableau ci-dessus ce qui suit :

- Augmentation significative (7,9%) de la consommation de gaz naturel à 13,7 Mtep, grâce aux besoins croissants des clients de Sonelgaz, notamment dans le secteur résidentiel, où le nombre total de ses clients atteint 5,3 millions en 2017. [16]
- Un accroissement de la consommation d'électricité (+6,4%) à 13,3 Mtep, principalement en raison de l'augmentation de la demande des clients haute et basse tension (principalement les ménages), dont le nombre total d'abonnés dépasse 9,2 millions à fin 2017, contre 8,8 millions à fin 2016 (+4,3%). [16]

1.3. Intensité énergétique dans le monde et l'Algérie

L'intensité énergétique finale d'un pays désigne la quantité d'énergie finale utilisée dans l'économie une année donnée pour produire une unité de PIB. Elle est calculée comme le *ratio* « consommation finale d'énergie / PIB » et est généralement exprimée en tonnes équivalent pétrole (tep) par unité monétaire (dollar, euro) en PPA (parité de pouvoir d'achat). [14]

Au cours des trois dernières décennies, la plupart des pays ont réduit de manière significative leur consommation totale d'énergie primaire par unité de PIB. Cette amélioration de l'intensité énergétique s'explique en grande partie par l'amélioration de l'efficacité énergétique aux 5 niveaux des principaux utilisateurs finals que sont les véhicules, les appareils électriques, le chauffage des locaux et les processus industriels. Les gouvernements ont mis en place un large éventail de politiques et de programmes tels que des normes d'efficacité énergétique, des campagnes d'information, des obligations pour les acteurs du marché et des mesures d'incitation financière destinées à accélérer le développement et l'adoption de mesures d'efficacité énergétique. Ces politiques et ces programmes ont contribué à l'amélioration de l'efficacité énergétique enregistrée dans les pays de l'OCDE, parallèlement au progrès technologique permanent, à la prise en compte de l'augmentation du prix de l'énergie et à la concurrence croissante qui a incité les entreprises à baisser les coûts énergétiques.

Chapitre 01 : *Etat de l'art de la consommation énergétique*

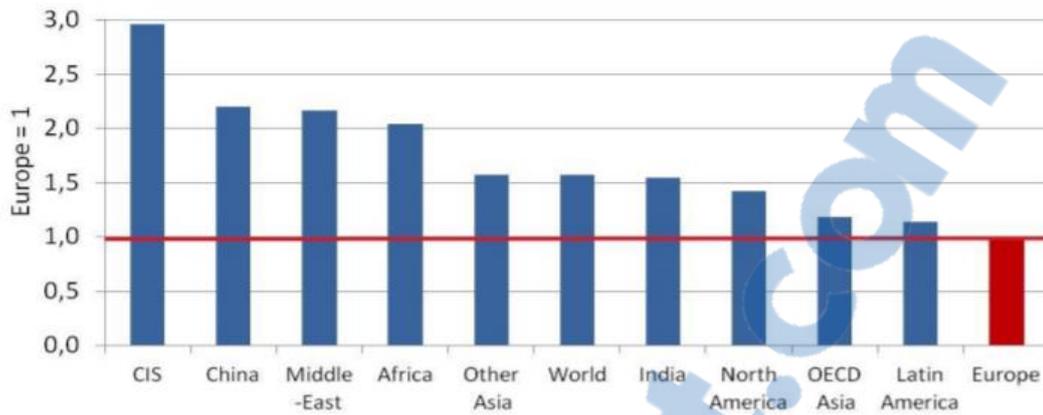


Figure 1.6 : Niveaux d'intensité énergétique primaire par région (2011)

L'Europe de l'Ouest est actuellement la région qui présente l'intensité énergétique la plus faible bien qu'elle soit constituée des grands pays consommateurs. À titre de comparaison, la CEI consomme près de 3 fois plus d'énergie par unité de PIB que l'Europe. En Chine, en Afrique et au Moyen-Orient, l'intensité énergétique est deux fois supérieure à la moyenne européenne. Les niveaux d'intensité énergétique s'expliquent par plusieurs facteurs, notamment la structure de l'industrie, la part des secteurs à haute intensité énergétique, la faiblesse des prix de l'énergie et d'autres facteurs. L'Amérique latine et les pays de l'OCDE Asie-Pacifique se situent à environ 15 % au-dessus du niveau européen, tandis que l'Inde et d'autres pays d'Asie sont au même niveau que la moyenne mondiale avec un niveau d'intensité énergétique 50 % supérieur à celui de l'Europe et légèrement inférieur à celui de l'Amérique du Nord. [14]

Selon l'étude à venir du Conseil Mondial de l'Énergie, intitulée : *World Energy Scenarios : Composing energy futures to 2050*, qui sera rendue publique à l'occasion du Congrès mondial de l'énergie, la demande énergétique mondiale va augmenter d'un tiers entre 2010 et 2035 et 90 % de cette croissance concernera des pays en dehors de l'OCDE. La Chine et l'Inde figurent en tête de la croissance de la demande et représentent plus de la moitié du total. À elle seule, la Chine représente près d'un tiers de cette croissance. Néanmoins, en 2035, la consommation d'énergie par habitant de la Chine restera inférieure de moitié aux niveaux enregistrés aux États-Unis ou en Australie. Dans les pays en dehors de l'OCDE, souvent en raison des subventions des carburants et des obstacles institutionnels, le potentiel d'amélioration de l'efficacité énergétique n'est pas pleinement ni même partiellement atteint.

Chapitre 01 : *Etat de l'art de la consommation énergétique*

En Algérie

En Algérie, l'intensité énergétique finale s'est stabilisée autour de 0.21ktep\$2000ppa en 2012, elle s'est dégradée de 0.5 points depuis 2000 soit 0.17ktep\$2000ppa, indique une élasticité entre l'énergie finale et le PIB de l'ordre de 1.24. Cette détérioration de l'efficacité énergétique est due à une mauvaise optimisation du taux d'utilisation des capacités (TUC) du système de production par ailleurs l'augmentation de la population et l'industrialisation stimulera parallèlement la croissance économique.

Dans la majorité des pays, sauf au Maroc et au Liban, l'intensité primaire a décliné plus vite que l'intensité finale, ou a cru moins rapidement que l'Algérie ; de ce fait le secteur énergie qui permet l'écart entre les 2 intensités primaire et finale a contribué à faire baisser l'intensité primaire dans tous ces pays, du fait d'une amélioration du rendement de la production électrique liée à la pénétration des cycles combinés et des ENR. L'intensité énergétique finale des pays a reculé de 0,4%/an ; ce résultat est très inégal selon les deux zones, puisque dans les 5 pays de l'UE, l'intensité a baissé de 0,6%/an alors que dans les pays du sud, l'intensité a progressé de 0,4%/an

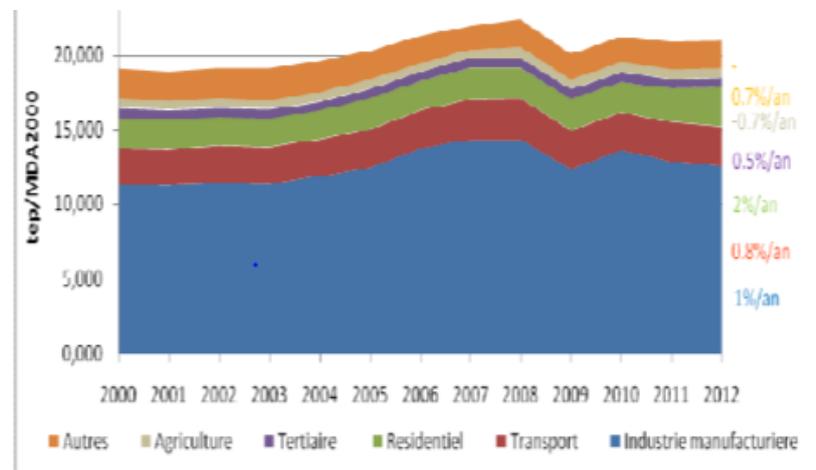


Figure 1.7 : évolution de l'intensité sectorielle

Chapitre 01 : *Etat de l'art de la consommation énergétique*

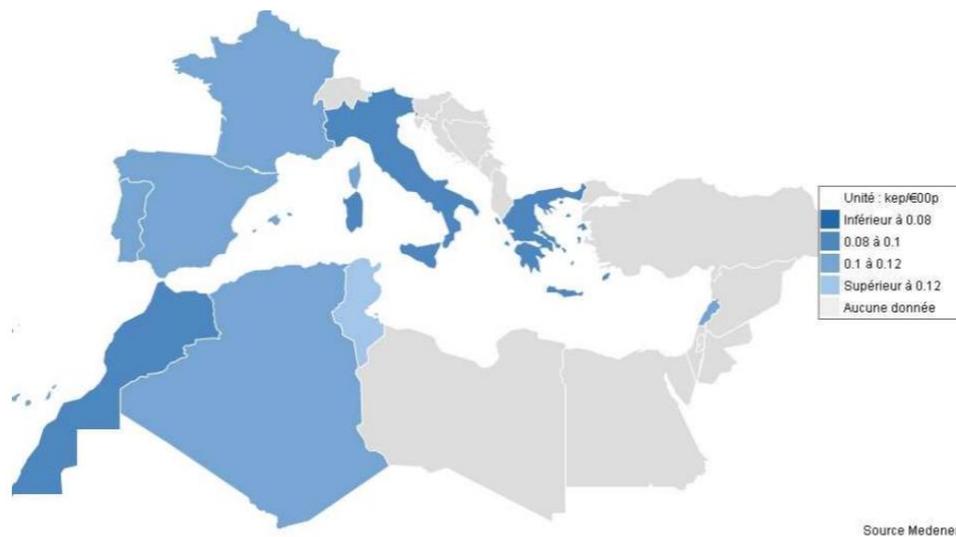


Figure 1.8 : comparaison internationale

- ✓ La croissance de l'intensité finale est expliquée par celle du secteur de l'industrie (2%/an) surtout la branche des matériaux de construction par contre l'intensité des autres secteurs d'activité est restée presque stable (-0.5%/an).
- ✓ Comme l'industrie est environ 3 fois plus intensive que les services la structure du PIB a contribué à une baisse de l'intensité finale et tend à favoriser les services au dépend de l'industrie-Croissance modérée de l'Indice de production dans les MC 1.8%/an par contre une croissance négative de 2.7%/an due à une contre-performance dans le secteur manufacturier
- ✓ Le segment de la BT continue a progressé et constitue l'essentiel de l'énergie électrique reflétant le faible niveau d'industrialisation

1.4. La stratégie énergétique Algérienne dans la perspective du développement durable

1.4.1 Réglementation de la gestion de l'énergie

A ce propos, la loi algérienne 99-09 du 28 juillet 1999 sur la maîtrise de l'énergie est une loi-cadre. Il dessine le schéma général de la politique nationale de maîtrise de l'énergie et définit les instruments juridiques sur lesquels s'appuyer. Elle reflète un objectif fondamental de la politique énergétique nationale, à savoir la gestion rationnelle de la demande énergétique. Dans son premier article, elle énonce trois dimensions de la gestion de l'énergie : la gestion



Chapitre 01 : *Etat de l'art de la consommation énergétique*

rationnelle de l'énergie, le développement des énergies renouvelables et la protection de l'environnement contre les effets négatifs du système énergétique. [16]

Celle-ci définit les grandes lignes de l'audit énergétique qui vise à orienter la demande énergétique vers une plus grande efficacité du système de consommation, à travers un modèle de consommation énergétique nationale.

En 1999, cette loi a mis en place une stratégie et des dispositions institutionnelles qui s'articulent autour :

- de la création d'une agence nationale de maîtrise de l'énergie (APRUE), chargée de piloter et de faciliter le processus de mise en œuvre des programmes et actions de maîtrise de l'énergie,

- de la création d'un Conseil intersectoriel de gestion énergétique (ICEM) qui sert de forum de concertation et de coordination entre différents acteurs impliqués dans ce domaine,

- d'un Fonds national de gestion énergétique (NFEM), catalyseur des actions et programmes à engager. [17]

En effet, la maîtrise de l'énergie repose principalement sur le programme national de maîtrise de l'énergie (NPEM). Les actions et les projets inclus dans le NPEM sont réalisés par le fait de fournir le Fonds national pour la gestion de l'énergie, dont le rôle principal sera de stimuler le marché de la gestion énergétique. Ce Fonds national de maîtrise de l'énergie (NFEM) contribue au financement de projets d'énergies renouvelables. L'article 33 énonce les divers avantages fiscaux et douaniers accordés aux projets qui contribuent à la promotion des énergies renouvelables. L'animation et la coordination nationale du programme national de maîtrise de l'énergie sont assurées par l'institution chargée de la maîtrise de l'énergie, l'APRUE.

D'autres organismes pourraient assurer la coordination technique des actions de gestion de l'énergie, en particulier au niveau sectoriel. Les mesures concernant les énergies renouvelables devraient être financées dans ce contexte au titre du plan national de maîtrise de l'énergie (PNEM) 2006-2010. Ces transactions concernent les secteurs résidentiel et tertiaire. Il s'agit de l'installation, dans le secteur tertiaire, de 400 chauffe-eau solaires pour produire de l'eau chaude. Pour le secteur résidentiel, les actions concernent 20 opérations d'installation d'équipements solaires pour la production d'eau chaude sanitaire et de chauffage. [17]

Chapitre 01 : *Etat de l'art de la consommation énergétique*

1.4.2 La loi sur la distribution d'électricité et de gaz par pipelines.

Ce décret (N° 02-01 du 5 février 2002) prend en compte la protection de l'environnement et prévoit l'intégration des énergies renouvelables dans le mix énergétique du pays. L'article 95 de cette loi dispose que "la production d'électricité à partir d'énergies renouvelables bénéficie de primes et d'autres mesures destinées à couvrir les surcoûts liés au transport et à la distribution qui sont les frais de diversification prévus par la loi pour la promotion des énergies renouvelables". Un décret entré en vigueur le 25 mars 2004, sur les coûts de diversification de la production d'électricité, établit un régime d'incitation pour la production d'électricité à partir de sources renouvelables. Tous les avantages fiscaux décrits dans ce décret. Des primes sont avantageusement accordées aux producteurs d'électricité produite à partir de sources renouvelables. La prime peut atteindre 300 % du tarif applicable. [16]

1.4.3 Loi sur la promotion des énergies renouvelables dans le cadre du développement durable.

Ce règlement (N° 04-09 du 14 août 2004) a confirmé la préoccupation environnementale en établissant des "modalités de promotion des énergies renouvelables dans le cadre du développement durable".

Est clairement précisé à l'article 2 que cette loi vise à "protéger l'environnement en encourageant l'utilisation de sources d'énergie propres, à contribuer à la lutte contre le réchauffement climatique en limitant les émissions de gaz à effet de serre", à "participer au développement durable par la préservation et la conservation des combustibles fossiles" et "contribuer à la planification des politiques nationales en favorisant les énergies renouvelables en généralisant leur usage". La promotion des énergies renouvelables dans le contexte du développement durable est assurée par un programme national de promotion des énergies renouvelables dans le contexte du développement durable, ainsi que par l'utilisation annuelle des énergies renouvelables et par les instruments de promotion des énergies renouvelables. [16]

Le développement de la recherche-développement et l'utilisation des énergies renouvelables bénéficient d'incitations financières.

Chapitre 01 : *Etat de l'art de la consommation énergétique*

Conclusion :

Nous avons vu dans ce chapitre le vrai problème que nous vivons et dans le scénario actuel, le gaspillage d'énergie est le plus durement réparti entre les utilisateurs domestiques. L'analyse de l'APRUE montre que la demande énergétique va fortement augmenter d'ici 2020. Les besoins du secteur résidentiel seront multipliés par 2.7 et ceux du secteur tertiaire par 3.2, soit une augmentation de 40% par rapport à la consommation actuelle.

Changez la politique énergétique et prenez des actions pour réduire la consommation énergétique, le changement commence par l'audit énergétique et c'est ce que nous allons expliquer en détails dans le prochain chapitre.

Chapitre 02 : l'audit énergétique

Chapitre 02 : L'audit énergétique

Chapitre 02 : l'audit énergétique

2. L'audit énergétique

Introduction

Ces dernières années, l'audit et la planification énergétiques, que ce soit pour les bâtiments existants ou pour les bâtiments neufs, ont suscité un intérêt de plus en plus considérable en raison des préoccupations environnementales qui ne cessent de croître.

L'audit énergétique est la clé d'une approche systématique pour la prise de décision dans le domaine de la gestion de l'énergie. Il tente d'équilibrer les intrants énergétiques totaux et leur utilisation, et sert à identifier tous les flux d'énergie dans un site. L'audit énergétique permettrait de donner une perspective intéressante aux programmes de réduction des coûts énergétiques, d'entretien préventif et de contrôle de la qualité, qui sont essentiels aux activités de production et de services publics. Un tel programme de contrôle aidera à garder toujours la priorité sur les variations qui se produisent dans les coûts énergétiques, la disponibilité et la fiabilité de l'approvisionnement en énergie, à décider de la combinaison énergétique appropriée, à identifier les technologies de conservation de l'énergie, à moderniser l'équipement de conservation d'énergie, etc. [17]

En général, l'audit énergétique consiste à traduire les idées d'économie d'énergie en réalités, en prêtant des solutions techniquement réalisables avec des considérations économiques et autres considérations organisationnelles dans un délai précis. L'objectif principal de l'audit énergétique est de trouver des moyens de réduire la consommation d'énergie par unité de production ou de diminuer les coûts d'exploitation.

Chapitre 02 : l'audit énergétique

Pour cela, et dans ce chapitre, nous verrons la définition réelle de l'audit énergétique et expliquerons la bonne façon de le faire correctement, après avoir déjà fait connaître la méthode de ce type de vérification, nous allons voir quels sont les outils à adopter pour perfectionner notre travail

2.1. Fondamentaux de l'audit énergétique

2.1.1. Définition

Un audit énergétique peut être défini comme une inspection ou une analyse des flux d'énergie dans une structure, dans un ou plusieurs procédés ou dans un système, visant à réduire la quantité d'énergie utilisée sans que cela soit nuisible pour le rendement des installations. [17] C'est la première étape qui permet de réduire la dépense énergétique, un élément clé dans les décisions en matière de gestion énergétique. Pour une organisation, la vérification énergétique aide à comprendre, à quantifier et à analyser son utilisation de l'énergie. Elle permet de détecter où se produisent les pertes, ce qui permet de cerner les points les plus critiques et de découvrir les possibilités de réduire la consommation énergétique.

Enfin, par des pratiques éco-efficaces et réalisables et par les moyens permettant la réduction de l'efficacité énergétique globale de l'organisation et une facture énergétique plus économique. [18]

2.1.2. Typologie d'audit énergétique

Un audit énergétique peut être classé dans les deux types suivants :

1. Audit préliminaire : La contrôle énergétique préliminaire est un processus relativement rapide de faire de l'exercice :

- a. Etablir la consommation d'énergie dans l'organisation
- b. Estimer les possibilités d'économie
- c. Identifier les domaines prioritaires (et les plus faciles) pour l'attention
- d. Identifier les améliorations et les économies immédiates (surtout si elles sont gratuites ou peu coûteuses)
- e. Établir un " point de repère ".

Chapitre 02 : l'audit énergétique

f. Identifier les domaines nécessitant une étude/mesure plus détaillée

g. L'audit énergétique préliminaire utilise des données existantes ou faciles à obtenir.

2. Audit détaillé : Une vérification détaillée fournit un plan complet de mise en œuvre d'un projet énergétique pour une installation, puisqu'elle évalue tous les principaux systèmes consommateurs d'énergie.

Ce type d'audit offre l'estimation la plus précise des économies d'énergie et des coûts. Il tient compte des impacts interactifs de tous les projets, de la consommation d'énergie de tout le matériel majeur et comprend des calculs détaillés des économies d'énergie et du coût du projet. Dans un audit détaillé, l'un des éléments clés est le bilan énergétique. Ce calcul est fondé sur un inventaire des systèmes consommateurs d'énergie, des hypothèses sur les conditions d'exploitation actuelles et des calculs de la consommation d'énergie.

Cette utilisation estimée est ensuite comparée aux frais de facturation des services publics. L'audit énergétique détaillée se déroule en trois phases : phase I, II et III. [19]

Phase I : Phase de pré-audit

Phase II : Phase d'audit

Phase III : Phase postérieure à la vérification

Le type de vérification énergétique à effectuer dépend de :

- Fonction et type d'industrie
- l'étendue de la vérification finale requise, et
- Potentiel et ampleur de la réduction des coûts souhaitée

2.1.3. Phases d'audit énergétique

Phase I : Pré-audit

Il est nécessaire de disposer au préalable d'une méthodologie structurée pour réaliser un audit énergétique afin de travailler efficacement. Une étude initiale du site doit toujours être effectuée, car la planification des procédures nécessaires à un audit est la plus importante.

Nécessité d'une visite initiale des lieux et d'une préparation en vue d'une vérification détaillée :

Chapitre 02 : l'audit énergétique

Une première visite du site peut prendre une journée et donne l'occasion au auditeur énergétique de rencontrer le personnel concerné et de le familiariser avec le site. Au cours de la visite initiale du site, l'auditeur doit prendre les mesures suivantes :

- Discuter avec la haute direction du site des objectifs de l'audit énergétique.
- Analyser les principales données de consommation d'énergie avec le personnel concerné.
- Obtenir les plans d'implantation là où ils sont disponibles - disposition du bâtiment, distribution de la vapeur, distribution de l'air comprimé, distribution de l'électricité, etc.
- Visite du site accompagnée de l'ingénierie et de la production.

Les principaux objectifs de cette visite sont :

- Finaliser l'équipe de vérification énergétique.
- Identifier les principales zones/éléments de l'usine consommateurs d'énergie qui feront l'objet d'une enquête au cours de l'audit.
- Identifier toute instrumentation existante ou tout comptage supplémentaire requis.
- Décider si des compteurs devront être installés avant la vérification, par exemple des compteurs de kWh, de vapeur, de pétrole ou de gaz.
- Identifier l'instrumentation nécessaire à la réalisation de l'audit.
- Planifier avec un calendrier.
- Recueillir des macro-données sur les ressources énergétiques, les principaux centres consommateurs d'énergie.
- Sensibiliser les gens par le biais de réunions et de programmes. [20]

Phase II : Audit énergétique détaillé

Selon la nature et la complexité du site, une vérification complète peut prendre de plusieurs semaines à plusieurs mois. [21] Des études détaillées visant à établir et à étudier les bilans énergétiques.

Quand cela est possible, les opérations de contrôle du site sont effectuées sur de longues périodes de temps, la nuit et le week-end, ainsi que pendant les heures normales de travail de

Chapitre 02 : l'audit énergétique

jour, pour s'assurer que rien n'est négligé. Le rapport d'audit devrait comprendre une description des sources d'énergie et des sorties de produits par grande fonction de transformation, et il doit évaluer l'efficacité de chaque étape du processus de fabrication. Les moyens d'améliorer ces gains d'efficacité doivent être énumérés, et au moins une évaluation préliminaire du coût des améliorations doit être faite pour indiquer le retour sur investissement attendu.

Le rapport d'audit devrait se conclure par des recommandations spécifiques pour des études d'ingénierie détaillées et des analyses de faisabilité, qui doivent ensuite être effectuées pour justifier la mise en œuvre des mesures de conservation qui nécessitent des investissements.

L'information à recueillir au cours de la vérification détaillée comprend les éléments suivants :

1. Consommation d'énergie par type d'énergie.
2. Données de bilan matières (matières premières, produits intermédiaires et finaux, matières recyclées, utilisation de ferraille ou de déchets, production de sous-produits pour réutilisation dans d'autres industries, etc.
3. Données sur les coûts et les tarifs de l'énergie.
4. Diagrammes de processus et de flux de matières.
5. Production et distribution de services sur place.
6. Sources d'approvisionnement en énergie.
7. Procédures de gestion de l'énergie et programmes de formation de sensibilisation à l'énergie au sein de l'établissement.

Les informations de base et les rapports existants sont utiles pour obtenir les habitudes de consommation, les coûts de production et les niveaux de productivité en termes de produit par intrant de matière première.

L'équipe d'audit devrait recueillir les données de base suivantes :

- Technologie, procédés utilisés et détails sur l'équipement.
- Quantité et type de matières premières utilisées.
- Consommation d'eau.

Chapitre 02 : l'audit énergétique

- Consommation de carburant.
- Consommation d'énergie électrique.
- Autres entrées telles que l'air comprimé, l'eau de refroidissement, etc.

Diagramme du procédé et liste des étapes du procédé

Un aperçu des opérations de chaque service, des étapes importantes du procédé, des domaines d'utilisation des matériaux et de l'énergie et des sources de production de matières résiduelles devrait être recueilli et représenté dans un organigramme. Les documents et les croquis existants, ainsi que la visite de l'atelier aideront à réaliser cet organigramme. Simultanément, l'équipe doit identifier les différents flux d'entrées et de sorties à chaque étape du processus.

Saisir les possibilités d'économie d'énergie

Remplacement de combustible : Identifier le combustible approprié pour une conversion efficace de l'énergie.

Production d'énergie : Identifier les possibilités d'amélioration de l'efficacité énergétique l'équipement et les services publics de conversion tels que la production d'énergie captive, la production de vapeur dans les chaudières, le chauffage du fluide thermique, le chargement optimal des appareils de production d'électricité, la combustion d'air excédentaire minimale avec les chaudières et le chauffage du fluide thermique, l'optimisation des rendements existants, les équipements efficaces de conversion énergétique, les gazogènes de biomasse, la cogénération, les appareils à haute efficacité pour production d'électricité, etc.

Distribution d'énergie : Identifier les réseaux d'opportunité d'efficacité tels que les transformateurs, les câbles, les appareillages de commutation et l'amélioration du facteur de puissance dans les systèmes électriques et l'eau glacée, l'eau de refroidissement, l'eau chaude, l'eau comprimé, etc.

Consommation d'énergie par secteur d'activité : C'est là qu'il y a de grandes possibilités d'amélioration. L'analyse des processus est un outil utile pour les mesures d'intégration des processus.

Chapitre 02 : l'audit énergétique

2.1 Paramètres à mesurer lors de l'audit énergétique

L'audit énergétique nécessite des mesures ; ces mesures nécessitent la mise en œuvre des instruments précis, fiables, durables, faciles à utiliser et relativement coûteux pour mesurer et estimer les paramètres requis, il est impératif d'utiliser des données précises et complètes surveillées pendant une durée représentative. En pratique cependant, des données complètes rarement disponibles. L'auditeur doit contrôler périodiquement l'état d'exploitation et d'entretien des instruments et évaluer leurs erreurs de mesure probables pour s'assurer de la fiabilité des mesures. L'activité de mesure utilisant à la fois des instruments à haute efficacité.

L'auditeur doit contrôler périodiquement l'état d'exploitation et d'entretien des instruments et évaluer leurs erreurs de mesure probables pour s'assurer de la fiabilité des mesures. L'activité de mesure utilisant à la fois des instruments portatifs et installés survient généralement pendant la phase de réalisation, fournissant un historique immédiat ou de courte durée des performances pendant une courte période, il est alors préférable de mesurer pendant une durée représentative pour chaque utilisation de matériel.

Les paramètres habituellement surveillés au cours d'une vérification énergétique peuvent couvrir les éléments suivants [21] :

- les mesures électriques englobant : intensité du courant de tension, facteur de puissance, puissance active, puissance apparente et la puissance réactive, la consommation d'énergie.
- la température, la pression, l'humidité relative, rayonnement, le flux de chaleur.
- les émissions de gaz d'échappement.
- le flux de carburant liquides et gazeuses.

Chapitre 02 : l'audit énergétique

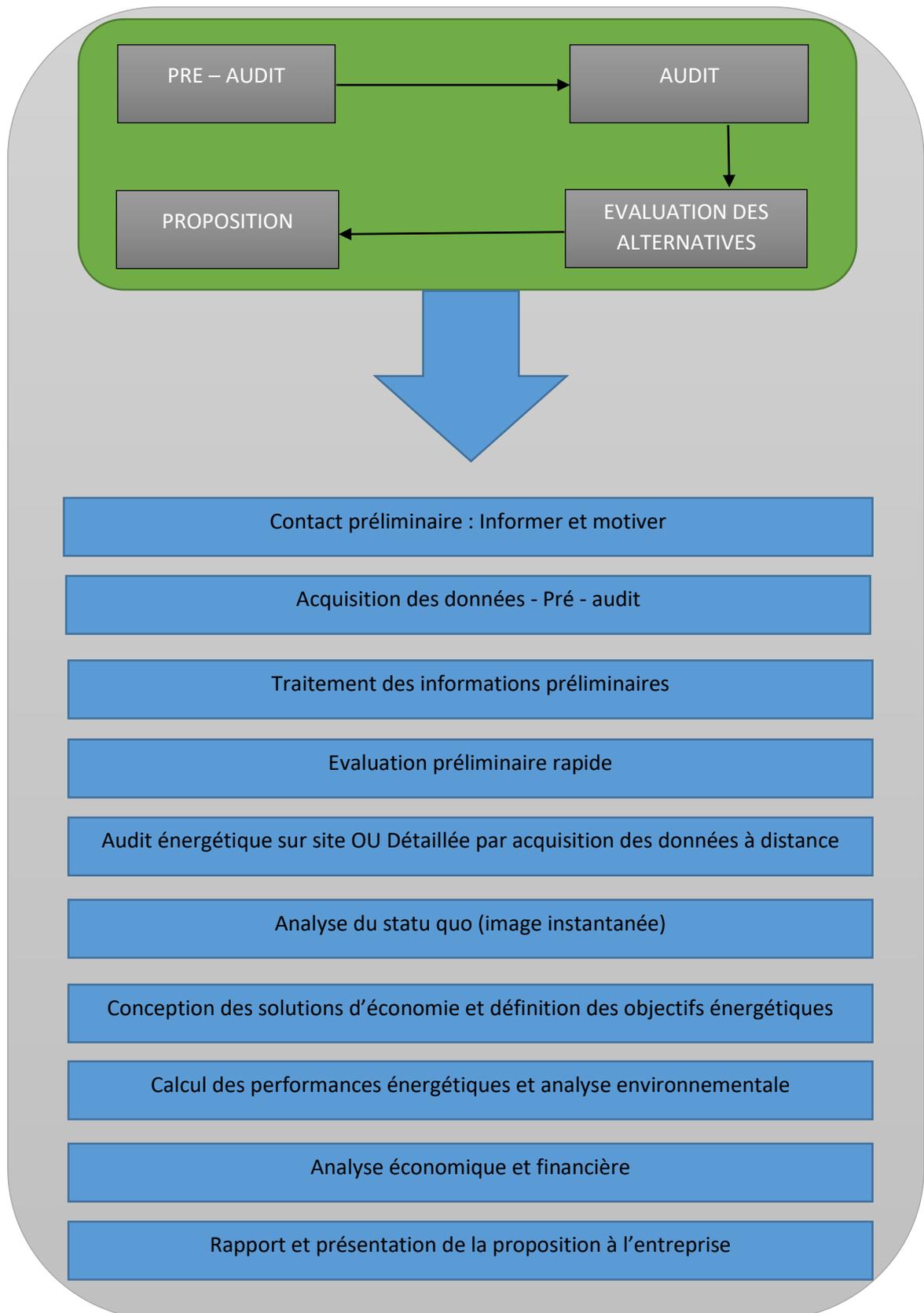


Tableau 2.1 : tableau synoptique de la méthode de l'audit

Chapitre 02 : l'audit énergétique

2.2 Les instruments pour l'audit énergétique

Pour aider concrètement les consommateurs à évaluer et à analyser leur consommation d'énergie, que ceux-ci soient non-spécialistes ou professionnels, plusieurs outils se sont succédés. Les outils sont subdivisés en instruments de mesure, ainsi qu'en documents et logiciels de soutien à la décision. Alors dans notre travail on a utilisé la caméra thermique, les factures, les questionnaires et quelques logiciels pour évaluer la consommation énergétique, localiser le véritable emplacement des pertes thermique et faire en sorte que nous puissions améliorer la performance de notre faculté.

2.2.1 Outillage de mesure (thermographie)

Pour réaliser les opérations de mesure nécessaires à l'évaluation de la consommation réelle de chaque bâtiment, l'auditeur utilise plusieurs outils de mesure en fonction des spécificités de ce dernier. En ce qui nous concerne, nous avons utilisé le thermographe Testo 875i permet de détecter toutes les anomalies et les zones de faiblesse des matériaux et des composants rapidement et de façon crédible. Grâce à un traitement thermique, les déperditions énergétiques se produisent. Et les ponts thermiques ainsi que les détériorations ou surchauffes dans les systèmes industriels peuvent être détectés sans contact. Alors que le avec d'autres méthodes, les systèmes de câbles ou de tuyauteries doivent être exposés sur une grande surface, avec l'imageur thermique. Testo 875i, un seul coup d'œil suffit. Testo Super Résolution augmente également la résolution du testo 875i de 160 x 120 pixels dans le testo logiciel IRSoft jusqu'à 320 x 240 pixels. C'est quatre fois plus de lectures, vous permettant de détecter les moindres dysfonctionnements. [23]



Figure 2.2 : la caméra thermique Testo 875 i

Chapitre 02 : l'audit énergétique

2.2.2 Documentation

Sans cela, aucune action n'est possible. Les documents sont des outils d'audit, en particulier les factures d'énergie qui permettent de suivre la consommation réelle des bâtiments et les plans, ces plans n'étaient accessibles dans aucun endroit alors pour cela et pour poursuivre notre travail, nous avons dû évaluer de manière manuelle la surface de chaque bloc dans la faculté.

De plus, le travail d'audit de la faculté de technologie requière la prise en compte de la facturation au fil des années (nous avons pu ainsi ne consulter que les factures des 3 dernières années grâce au département facturation du rectorat) dans le but de bien établir un profil. On a élaboré des codes pour analyser et évaluer la facture énergétique que ce soit pour l'électricité ou du gaz naturel et identifier les points faibles. Cet outil offre la possibilité de décomposer la facture énergétique par utilisation à l'aide d'un bilan.

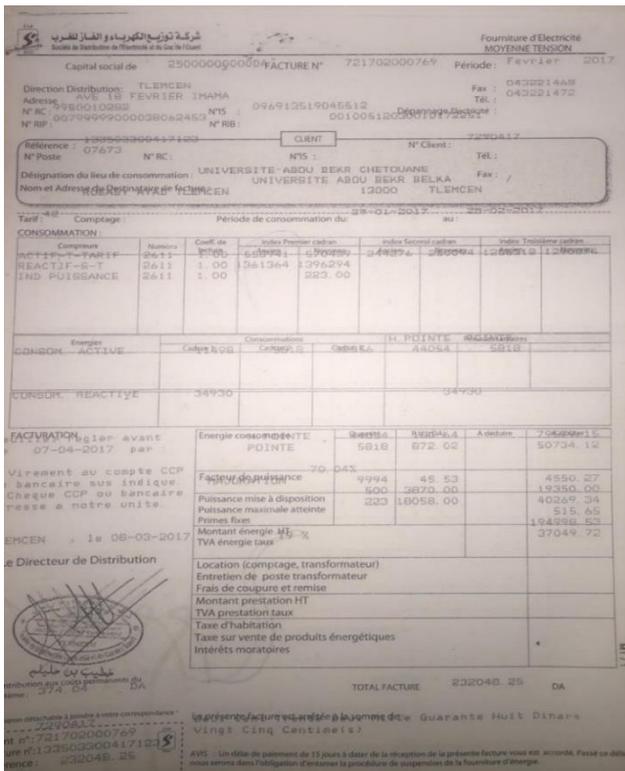


Figure 2.3 : modèle d'une facture d'électricité

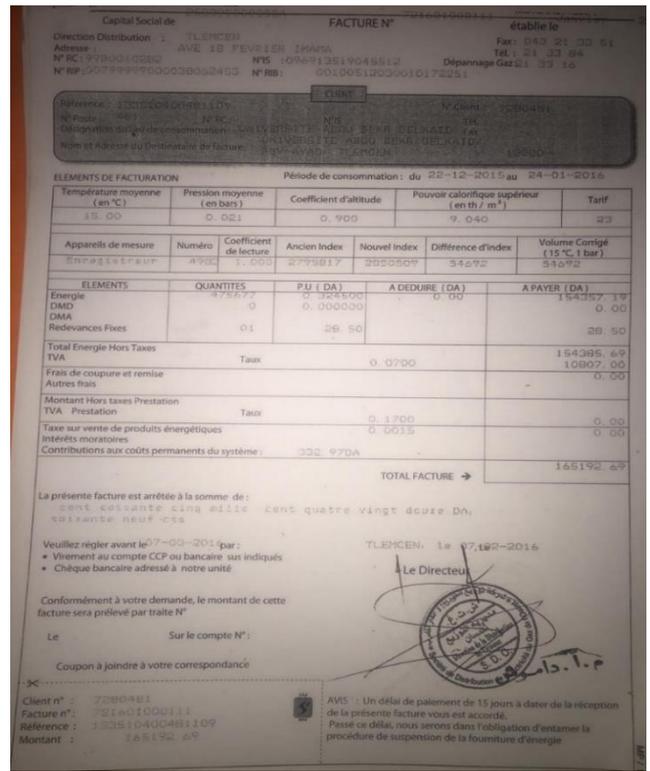


Figure 2.4 : modèle d'une facture du gaz naturel

Nous avons utilisé des logiciels qui nous permettent soit de calculer ou comparer les consommations et les déperditions thermiques, et qui sont utilisés en phase d'étude pour simuler

Chapitre 02 : l'audit énergétique

le comportement thermique futur du site, ou en phase de comparaison pour quantifier ses performances réelles, détecter ses points faibles et y apporter des améliorations.

- ✓ **IRsoft 4.5** : Les échantillons infra-rouge sont traités et analysés confortablement à l'aide du logiciel IRSoft. Il existe de multiples fonctions pour l'analyse professionnelle de l'image.
 - Il est également possible, par exemple, de régler les valeurs d'émissivité des différents matériaux dans la zone illustrée.
 - La fonction "Histogramme" sert à afficher la répartition de la température sur une image. Jusqu'à cinq profils sont utilisés pour analyser les courbes de température. Pour visualiser les températures critiques de l'image, les dépassements - en haut et en bas - des limites, mais aussi les pixels peuvent être mis en évidence dans une plage de température définie.
 - De plus, il est possible de définir un nombre illimité de points de mesure, de déterminer les points chaud/froid et d'enregistrer des commentaires pour analyse.
 - Les images infrarouges et réelles s'affichent simultanément à l'écran dès l'analyse et sont automatiquement ajoutées au rapport. Une documentation professionnelle et aisée des résultats de mesure est ainsi possible. L'outil de rédaction ne nous guide pas-à-pas pour établir un rapport complet et clair.
 - Grâce à la superposition professionnelle des images, IRSoft peut nous permettre de superposer deux images. La thermoplaque et les informations de l'image réelle sont affichées ensemble dans une seule image. La définition des points de marquage, coïncidant dans l'image thermique et dans l'image réelle, permet aux images d'être parfaitement superposées. Même les scènes représentant des objets de mesure à différentes distances peuvent facilement être fusionnées et représentées dans une seule image.

Chapitre 02 : l'audit énergétique

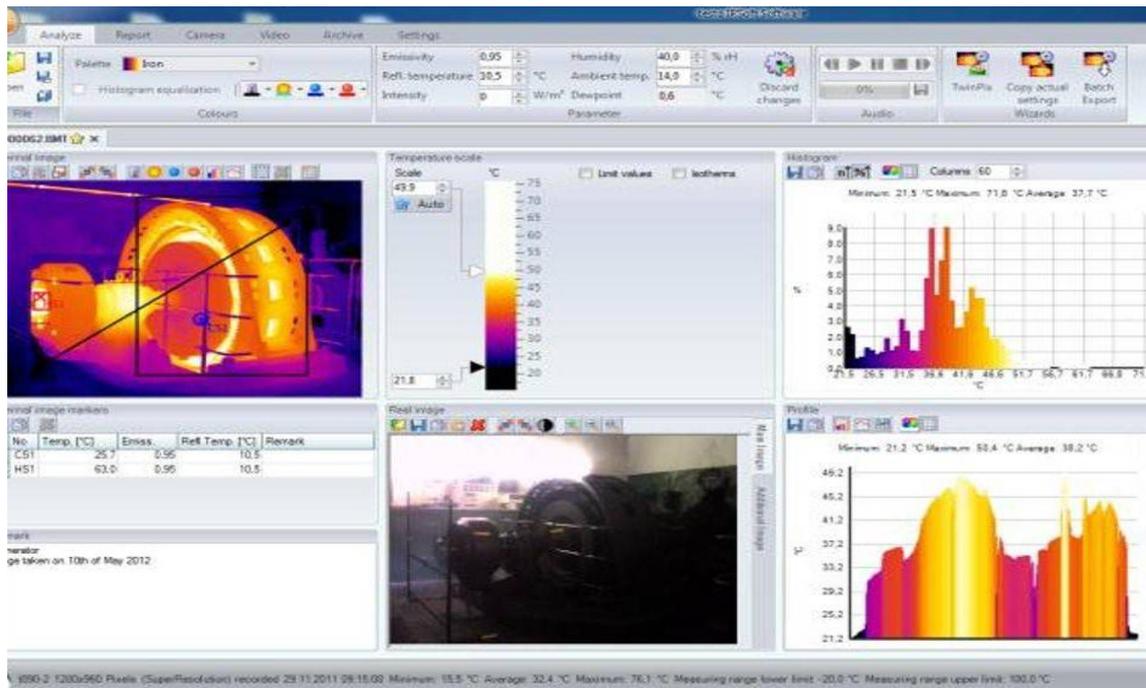


Figure 2.5 : interface de IRsoft

- ✓ **RetScreen** : RETScreen est un logiciel de gestion de l'énergie propre qui permet d'analyser la faisabilité de projets d'efficacité énergétique, d'énergie renouvelable et de cogénération tout en continuant à analyser le rendement énergétique. RETScreen permet aux professionnels et aux décideurs d'identifier, d'évaluer et d'optimiser rapidement la viabilité technique et financière de projets potentiels d'énergie propre. Cette plate-forme logicielle BI permet également aux gestionnaires de mesurer et de vérifier facilement la performance réelle de leurs installations, ainsi que de trouver des opportunités supplémentaires d'économies et de production d'énergie. [24]

Chapitre 02 : l'audit énergétique

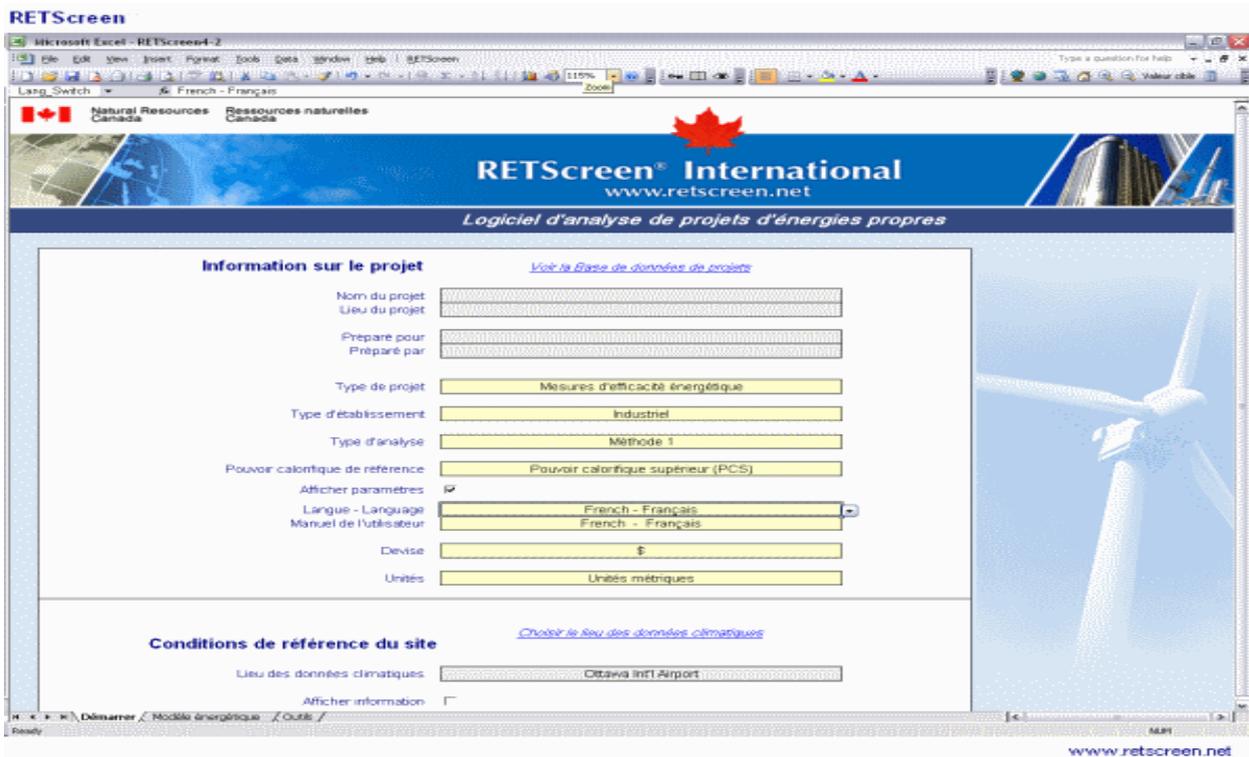


Figure 2.6 : interface de Retscreen

Conclusion :

Une fois que cette partie a été traitée, il nous semble que nous avons déjà une appréciation satisfaisante sur la méthode d'audit et les matériaux que nous allons utiliser dans ce travail, ainsi que sur le véritable objectif que représente notre travail et le but qui nous attend. Pour cela, nous abordons le volet théorique et pouvons donc passer au processus qui dans la phase opérationnelle, analyse, détermination et à l'évaluation des consommations énergétique de toute la faculté et de la situation actuelle du site, parce que le fait d'analyser le côté énergétique ou thermique pour un site est un facteur essentiel en termes aussi bien pour les économies d'énergie et que pour la gestion des coûts ou encore pour assurer globalement un plus grand niveau de confort, et ce sera celui que l'on va voir au cours des prochains chapitres.

Chapitre 03 :

mode opératoire de mise en œuvre de l’audit

3. Mode opératoire de mise en œuvre de l’audit

Introduction

Une des plus importantes méthodes auxquelles a accès le responsable de l'énergie est l'audit énergétique des bâtiments et des sites. Les audits révèlent des inefficacités et des déperditions énergétiques qui peuvent engendrer d'importantes économies sur les investissements énergétiques.

Il nous a paru que l’audit énergétique d'un seul bloc ou département était insuffisant. De plus, avec la précieuse collaboration de chaque membre de la faculté et bien sûr de notre encadreur, nous décidons d'inclure tous les blocs de la faculté dans notre projet.

Ce chapitre présente la situation énergétique actuelle de la faculté de technologie (surface, consommation, catégorie), nous allons évaluer les pertes énergétiques dans chaque bloc de la faculté en utilisant tout d'abord la caméra thermique TESTO-875i pour voir et localiser les points qui ont subi de telles pertes, puis nous allons utiliser quelques règles pour calculer la valeur réelle des déperditions énergétiques de chaque bâtisse dans la faculté.

3.1 L'état actuel du site

3.1.1 La consommation énergétique totale de la faculté

En ce qui concerne le plan énergétique de la faculté, le bilan énergétique requiert : mesures et factures qui vont nous permettre d'établir la consommation réelle de notre faculté. Nous avons collecté les données et avons procédé au calcul de la consommation réelle au cours des 3 dernières années (de 2016 à 2018) à travers les factures de SONELGAZ.

Chapitre 03 : mode opératoire de mise en œuvre de l’audit

Pour l’électricité :

La facturation de l’électricité acheminée par les Sociétés de Distribution chargées de la commercialisation s'effectue de manière uniforme sur tout le territoire national, sur la base des taux hors taxes suivants :

- Tarifs applicables en (HTA) pour une puissance comprise entre 40 kVa et 15000 kVa
- Tarifs applicables en basse tension (BT) pour une puissance inférieure à 40 kVa

Pour la HTA :

code	Redevance fixe (DA/mois)	Prix de la puissance DA/KW/mois		Prix de l’énergie active CDa/kWh						Prix de l’énergie réactive CDa/kvarh	
		Mise à disposition	absorbée	Pleine	pointe	nuit	Hors pointe	jours	Poste unique	bonus	malus
41	38673.35	25.85	116.15	193.76	872.02	102.4		-	-	9.11	45.53
42	515.65	38.70	180.58	-	872.02	-	180.64	-	-	9.11	45.53
43	515.65	38.70	154.56	-	-	102.4		428.3	-	9.11	45.53
44	515.65	38.70	180.58	-	-	-		-	375.62	9.11	45.53

Tableau 3.1 : Tarifs applicables en (HTA)

Pour la BT :

Type de tarife	code	Redevance fixe (DA/mois)	Prix de la puissance Mise à disposition DA/KW/mois	Prix de l’énergie active CDa/kWh				
				Pleine	pointe	nuit	Hors pointe	jours
Poste horaire	51	286.44	29.85	811.47	216.45	120.5	-	-
	52	66.4	29.85	811.47	-	-	178.07	-
	53	66.4	14.81	-	-	120.5	-	486.98
				Tranche 1		Tranche 2	Tranche 3	
progressif	54	-	4.37	417.89		481.20	547.96	

Tableau 3.2 : Tarifs applicables en (BT)

Chapitre 03 : mode opératoire de mise en œuvre de l'audit

Dans le cas de notre faculté, je ne sais pas vraiment qui choisit le type de tarification mais il le fait avec un code de tarification 42. Ce tarif serait souhaitable que les consommateurs dont la consommation par rapport à la consommation totale sont :

- Moins de 30 % en heures creuses.
- Inférieur à 20 % en pointe.

Et le comptage choisi est de type A, car la puissance PMD < 500 kW

NB. Le tarif et le PMD sont généralement convenus pendant la phase d'étude avec la collaboration des techniciens de Sonelgaz. Néanmoins, il est possible de demander à un client déjà intégré : modifier le taux. Le choix du tarif dépendra du régime de consommation du client.

D'après les factures on remarque qu'il y a 3 puissances différentes :

➤ La puissance apparente

La puissance apparente est la somme (trigonométrique) de la puissance active et réactive. C'est par ailleurs la puissance souscrite (kVA) pour son contrat d'électricité. Elle se calcule comme suit : $S=U*I$ (3.1)

$S =$ Puissance apparente (W)

➤ La puissance active

La puissance active est la puissance qui va provoquer un mouvement, on pourrait la qualifier d'"utile". Elle est souvent confondue avec la puissance apparente. Elle représente, en particulier dans les habitations, la majorité de l'énergie consommée.

$P=$ puissance active (W)

$P=U.I.\cos \varphi$ (3.2)

➤ La puissance réactive

Elle est nécessaire dans de nombreux systèmes, notamment dans tous ceux qui sont équipés d'un bobinage. Parmi eux, on peut noter les moteurs tournants évidemment, mais aussi les appareils de froid, certains composants informatiques, etc. Les appareils purement résistifs, dont les convecteurs se rapprochent le plus, sont les seuls à ne pas consommer d'énergie réactive.

Chapitre 03 : mode opératoire de mise en œuvre de l’audit

Cette puissance réactive peut être compensée par des batteries de condensateurs qui ont la propriété de pouvoir fournir de l'énergie réactive au système en ayant besoin. $Q =$ puissance réactive (VAR) , $Q = U.I.\sin \phi$ (3.3)

NB. Bien que la puissance réactive soit plus abstraite que la puissance active, le fait qu'elle puisse être compensée offre la possibilité d'économiser de l'énergie et donc de réduire la facture d'électricité.

La consommation d'électricité totale de la faculté est présentée dans le graphe suivant :

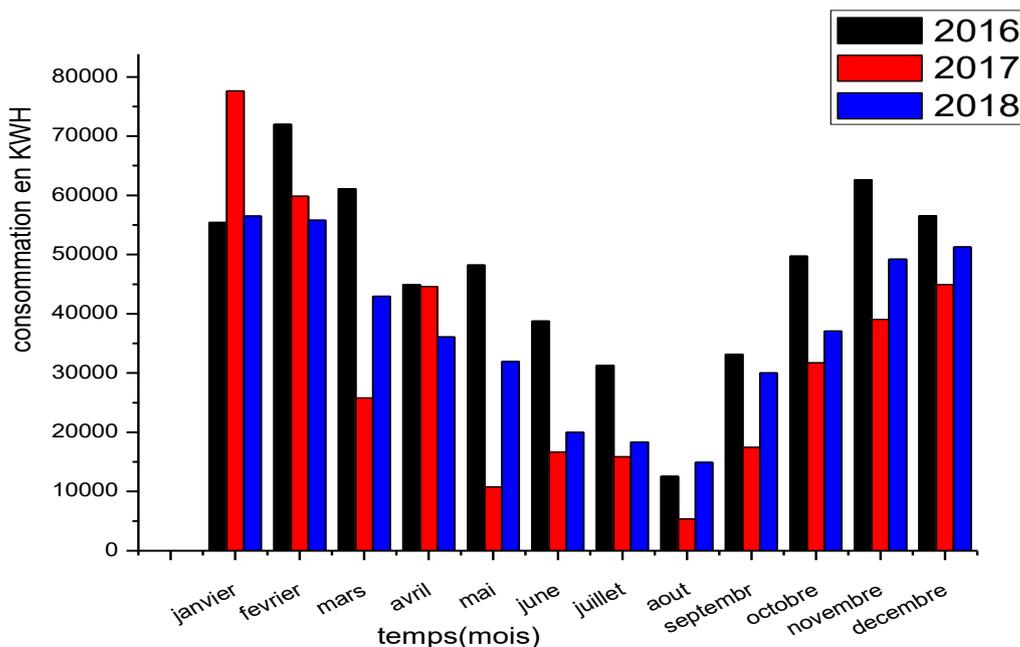
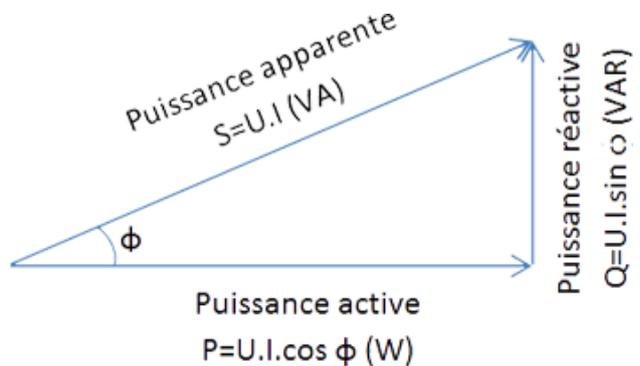


Figure 3.1 : L'évolution de la consommation électrique

D'après ce graphique, on constate qu'au cours des trois années 2016, 2017 et 2018, l'évolution de la consommation d'électricité est scindée en trois zones durant l'année.

La première zone :

[Janvier-Juin] : la consommation diminue d'une valeur maximale sauf pour l'année 2017 il y a un changement dans le mois de mars-avril (grève)

Chapitre 03 : mode opératoire de mise en œuvre de l’audit

La deuxième zone :

[Juillet - début septembre] : la consommation est négligeable par rapport aux autres régions

La troisième zone :

[Septembre-décembre] : l’augmentation de la consommation avec le début de l’année universitaire

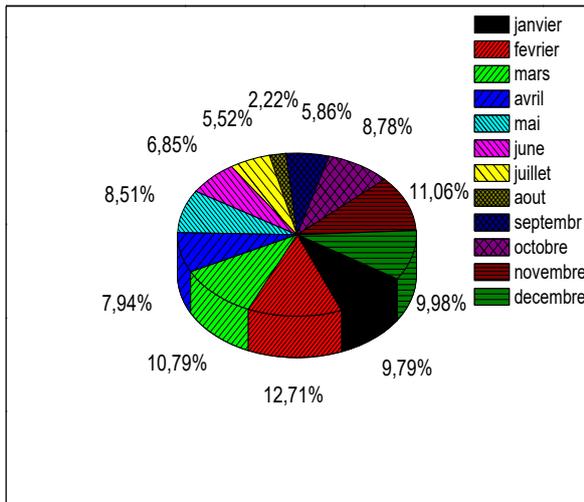


Figure 3.2 : La consommation électrique en 2016

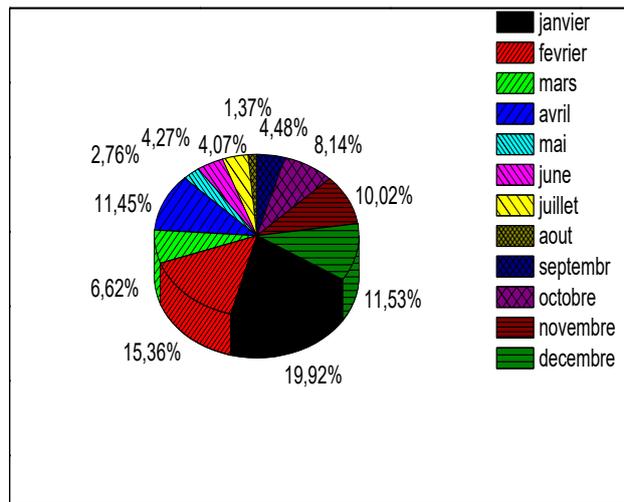


Figure 3.3 : La consommation électrique en 2017

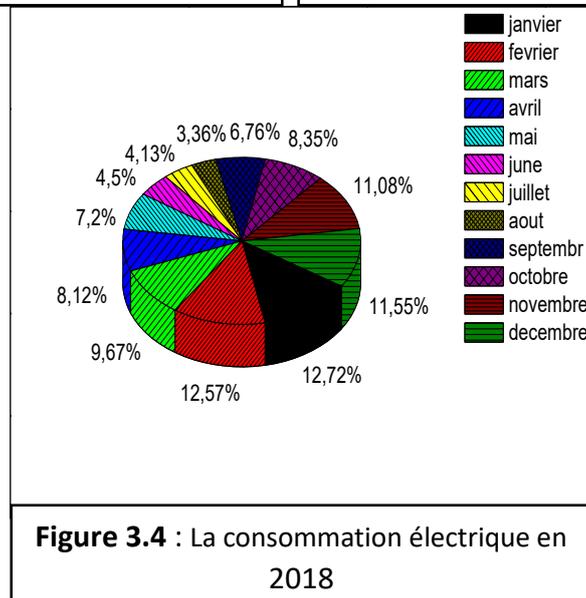


Figure 3.4 : La consommation électrique en 2018

Les tarifs du gaz naturel sont fixes par la commission de régulations de l’électricité et du gaz par décision CREG n°D/22-15/CD du 29/12/2015 portant fixation des tarifs de l’électricité et du gaz et sont données en hors taxes à compter du 1^{er} janvier 2016. [15]

Chapitre 03 : mode opératoire de mise en œuvre de l’audit

- Tarifs de la clientèle moyenne pression (MP)

Code tarifs	Redevance fixe (DA/mois)	Prix unitaire débit mise à disposition Da/mois/th/h	Prix énergie consommée CDa/th
21	7882.73	12.42	20.54
22	788.23	3.04	42.63

- Tarifs applicables aux clients basse pression (BP)

Type de tarifs	Code tarifs	Redevance fixe (DA/mois)	Prix énergie consommée CDa/th		
			Tranche 1	Tranche 2	Tranche 3
progressif	23MN	28.50	32.45	40.25	45.99

Tableau 3.4 : Tarifs applicables en (BP)

Pour notre faculté, le code de tarification est le code 22.

Pour le débit mise en disposition DMD :

C’est le débit réservé par votre distributeur selon votre demande de raccordement. Il correspond à vos besoins réels (chaudières, chauffage, etc.) et est exprimée en Nm³/h. il y a plusieurs choix pour le DMD : 65 - 100 - 250 - 400 - 500 - 650 - 1 000 - 1 600 - 2 500, dans notre faculté le 2500 est le DMD choisit

La consommation du gaz naturel totale de la faculté est présentée dans le diagramme suivant :

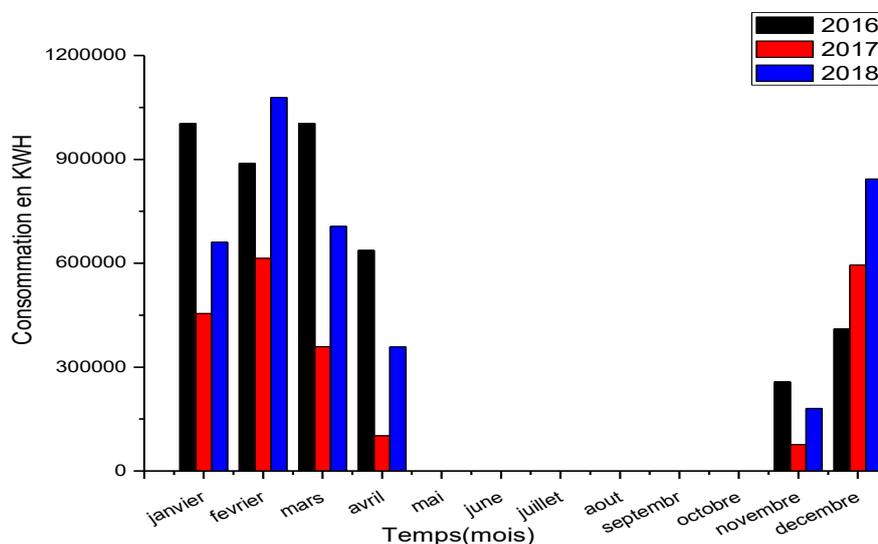


Figure 3.5 : L'évolution de la consommation du gaz

Chapitre 03 : mode opératoire de mise en œuvre de l’audit

D’après cette figure, on constate que dans les trois années 2016,2017 et 2018 l’évolution de la consommation du gaz est répartie en trois zones durant l’année.

La première zone :

[Février-avril] : la consommation diminue d’une valeur maximale sauf pour l’année 2017 il y a un changement dans la période de mars-avril (la grève)

La deuxième zone :

[Mai -octobre] : la consommation est nulle par rapport les autres zones

La troisième zone

[Novembre-janvier] : l’augmentation de la consommation avec la diminution de la température.

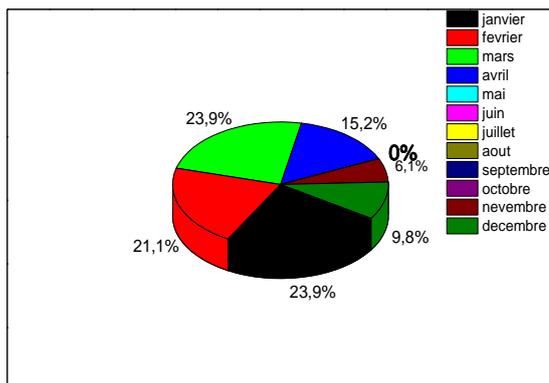


Figure 3.6 : La consommation du gaz en 2016

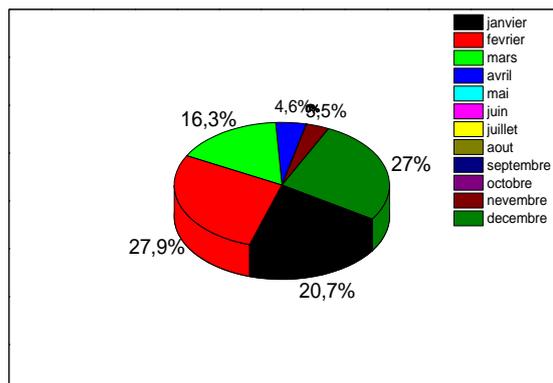


Figure 3.7 : La consommation du gaz en 2017

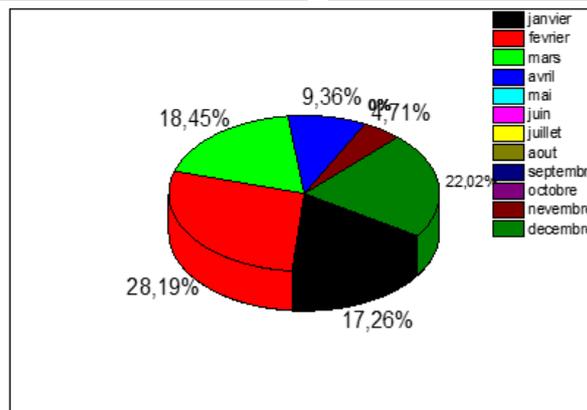


Figure 3.8 : La consommation du gaz en 2018

Chapitre 03 : mode opératoire de mise en œuvre de l'audit

3.1.2 La classe énergétique de la faculté

- Définition :

La classe énergétique d'un logement est tout simplement un indice de la consommation annuelle en énergie. Cet indice est exprimé sous la forme d'une lettre, qui donne un indice des performances énergétiques du bâtiment. Elle peut être une garantie de qualité d'un bâtiment.

- **Les différentes classes énergétiques :**

Le classement énergétique d'un appartement ou d'une maison est présenté sous la forme d'une lettre, qui commence d'A (bâtiment économe en énergie) à G (bâtiment gourmand en énergie). La signification du classement énergie d'un logement est la suivante :

- **Catégorie A** : consommation moins de 50 kWh/m². an
- **Catégorie B** : consomme entre 51 et 90 kWh/m². an
- **Catégorie C** : consomme entre 91 et 150 kWh/m². an
- **Catégorie D** : consomme entre 151 et 230 kWh/m². an
- **Catégorie E** : consomme entre 231 et 330 kWh/m². an
- **Catégorie F** : consomme entre 331 et 450 kWh/m². an
- **Catégorie G** : consomme plus de 450 kWh/m². an

Il est évident qu'un logement de catégorie E, F ou G est une structure qui souffre de nombreux ponts thermiques et d'une isolation médiocre. Au contraire, une maison de catégorie A ou B est une maison parfaitement isolée, et qui sera économe en énergie.

Alors pour déterminer la classe énergétique de la faculté, il nous faut la surface globale de la faculté, la consommation nécessaire annuelle et nous y intégrons la notion du confort thermique aussi.

A partir des factures d'électricité et du gaz naturel on a calculé la consommation totale de la faculté :

Chapitre 03 : mode opératoire de mise en œuvre de l’audit

Année	2016	2017	2018
Consommation réelle			
Electricité (kWh/an)	471571	415050	433230
Gaz naturel (kWh/an)	4200422,219	2199485,371	3829179,826
Total (kWh/an)	4671993,219	2614535,371	4262409,826
Tableau 3.5: la consommation réelle annuelle total			

Pour la surface totale de la faculté, c'était vraiment difficile parce qu'il n'y avait pas de plan pour aucun bloc ou département, ni dans la faculté, ni dans le rectorat, ni dans l'ADLP, ni dans aucun autre endroit, donc nous avons dû prendre les dimensions de chaque bloc manuellement avec un décimètre, cela a pris du temps supplémentaire car notre faculté est vraiment assez grande mais on a réussi cela en 1 semaine.

blocs	Surface (m ²)
Bloc A	5 563,20
Bloc B	3 347,24
Bloc C	1 022,80
Pauwes	809,10
Scolarité	543,80
Administration	1 022,36
Labo de recherche	2 157,20
Télé-enseignement	1 770,60
Labo-automatique	1 717,34
Labo	1 470,20
Amphis	860,30
Bibliothèque	885,20
Architecture	690,53
Hall de technologie	764,24

Chapitre 03 : mode opératoire de mise en œuvre de l’audit

Bureau de sécurité	322,87
Salle de conférence	433,34
Totale	23 380,32
Tableau 3.6: la surface bâtis de chaque blocs	

Pour le confort thermique :

Pour le confort, il n'y a pas de règle générale et fixe qui pourrait s'appliquer dans toutes les conditions et pour tous les individus. Seules sont données les conditions pour lesquelles la majorité des individus ayant approuvé une sensation de confort.

On sait que le confort thermique est toujours lié à 6 paramètres :

- Le métabolisme, qui correspond à la production de chaleur dans le corps humain pour le maintenir à environ 37°C. Un métabolisme de travail correspondant à une activité particulière est ajouté au métabolisme de base du corps au repos.
- Vêtement, qui représente une résistance thermique à l'échange thermique entre la surface de la peau et l'environnement.
- La température ambiante Ta.
- La température moyenne du mur Tp.
- L'humidité relative (HR), ce qui est le rapport exprimé en pourcentage entre la quantité d'eau contenue dans l'air à la température ta et la quantité maximale d'eau contenue à la même température.
- Vitesse de l'air, qui a un impact sur l'échange de chaleur par convection.

Pour cela nous avons dû élaborer un nouveau coefficient qui représente le confort thermique dans chaque bloc.

$$\beta = 1 + \frac{T_{ref}-T_s}{T_{ref}} \dots\dots\dots(3.4)$$

On peut déterminer Ts à partir des questionnaires, on a pris T_{ref}=24°C. Et pour la consommation nécessaire pour chaque département/bloc : Q_{nec}= β * Q_{re}(3.5)

Chapitre 03 : mode opératoire de mise en œuvre de l’audit

$$Q_{\text{nécessaire totale}} = \sum Q_{\text{nécessaire pour chaque département / bloc}} \dots \dots \dots (3.6)$$

département/bloc	β	Consommation réelle			Consommation nécessaire		
Dép. Génie mécanique	1,51	198588,595	111133,917	181178,769	300067,368	167923,3489	273761,1204
Dép. Télécommunication	1,45	213938,490	119724,007	195182,972	310210,811	173599,8105	283015,3099
Dép. Génie civil	1,37	221640,467	124034,178	202209,734	305420,564	170919,0979	278645,0129
Dép. L’hydraulique	1,21	128943,692	72159,318	117639,482	156408,698	87529,25252	142696,691
centre de calcul	1,35	334476,654	187179,433	305153,82	453550,343	253815,3114	413788,5796
Bloc B	1,20	660391,523	369567,53	602496,447	794451,002	444589,7388	724803,2259
Bloc C	1,25	201792,656	112926,97	184101,937	252240,82	141158,712	230127,4207
Pauwes	1,45	159630,854	89332,432	145636,368	231464,739	129532,0259	211172,7331
Scolarité	1,25	107288,665	60040,757	97882,903	134969,14	75531,27209	123136,6919
Administration	1,05	201705,846	112878,389	184022,737	212194,55	118748,0656	193591,9198
Labo de recherche	1,3	425603,361	238175,654	388291,648	553284,369	309628,3502	504779,1423
Télé-enseignement	1,15	349329,367	195491,291	318704,428	402776,76	225401,4585	367466,2054
Labo-automatique	1,47	338821,47	189610,874	309117,735	499084,025	279296,8175	455330,4242
Labo	1,34	290062,146	162324,238	264633,034	388973,337	217676,8033	354872,8985
Amphis	1,12	169732,325	94985,405	154852,264	190609,4	106668,6095	173899,0929
Bibliothèque	1,14	194374,389	108775,568	177334,012	221586,803	124004,147	202160,7741
Architecture	1,22	136237,664	76241,162	124294,007	166209,95	93014,21745	151638,6884
Hall de technologie	1,33	190239,1	106461,381	173561,255	253778,958	142019,4832	231530,7138
Bureau de sécurité	1,26	63700,425	35647,957	58115,949	80262,537	44916,42615	73226,09527
Salle de conférence	1,12	85495,531	47844,909	78000,326	95754,995	53586,29818	87360,36485
Totale					6003299,16	3559559,247	5477003,105

Tableau 3.7: la consommation nécessaire annuelle total

Chapitre 03 : mode opératoire de mise en œuvre de l’audit

Pour conclure sur la classe énergétique de la faculté on a tous les paramètres pour la déterminée :

	2016	2017	2018
Rapport	256,770701	152.245959	234,256979
Classe	E	D	E

Tableau 3.8: la classe énergétique de la faculté

3.2 Évaluation globale des déperditions thermiques dans la faculté et le besoin en chauffage

Les bâtiments en tant que systèmes ont des inputs (gains) et des outputs (pertes) énergétiques. La différence entre toutes les pertes et tous les gains est égale au nombre d'énergie payé en factures. Tous les gains et pertes dépendent des caractéristiques structurelles des bâtiments, des données météorologiques, de l'emplacement et d'autres facteurs. La chaleur est transférée de la zone la plus chaude à la zone la plus froide. Par conséquent, un bâtiment dont la température est supérieure à celle de l'extérieur perd de la chaleur. La chaleur est perdue à travers tous les matériaux du bâtiment, mais certains d'entre eux (les plus conducteurs) sont plus faciles à perdre.

3.2.1 Définitions

Les déperditions thermiques représentent les pertes thermiques et par conséquent la puissance thermique dont il faut se servir pour chauffer un bâtiment. Les déperditions surfaciques (transmissions) ajoutées aux pertes par renouvellement d'air donnent les déperditions totales d'un bâtiment.

Chapitre 03 : mode opératoire de mise en œuvre de l'audit

➤ Les déperditions thermiques par transmission

Les pertes par transmission à travers un mur, pour une différence de température entre les milieux séparés par ce dernier, sont données par la formule suivante :

$$D_{tr}=D_s+D_e+D_{sol}+D_{inc}\dots\dots\dots(3.7)$$

D_s : déperditions surfacique ;

D_e : déperditions à travers les liaisons ;

D_{sol} : déperditions à travers les parois en contact avec le sol ;

D_{inc} : déperditions à travers les parois en contact avec des locaux non chauffés ;

➤ Les déperditions thermiques par renouvellement d'air [26]

$$D_r=0.34*\tau*V_i \dots\dots\dots(3.8)$$

0.34 : la chaleur spécifique volumique d'air ;

τ : le nombre de renouvellement d'air par heure ;

V_i : volume de local : à chauffée ;

➤ Les apports internes [26]

-Les occupants : les pertes de chaleur dégagé par le corps humain ainsi que la quantité de vapeur d'eau varient suivant les individus et leur degré d'activité. En parlant d'un dégagement de 87 W et 48 g/h de vapeur d'eau en hiver et de 116 w et 65 g/h de vapeur en été

$$\text{- L'éclairage : } Q_e=n_e*P_u*F \quad \text{en W}\dots\dots\dots(3.9)$$

Avec F est un coefficient empirique généralement égal à 1.2, cette formule est valable pour les néons.

$$\text{-Les lampes : } Q_e=n_e*P_e*\Psi \quad \text{en W} \quad \Psi = 0.5\dots\dots\dots(3.10)$$

$$\text{-les machine : } Q_m=n_m*P_m*F_m \dots\dots\dots(3.11)$$

Chapitre 03 : mode opératoire de mise en œuvre de l’audit

F_m : coefficient dépend de la nature de la machine et de son degré de dissipation de chaleur.

3.2.2 Méthode de calculs

- Avant tout nous commençons par le calcul du coefficient de conductance K
- Le calcul de coefficient global de déperditions volumique G
- On peut ensuite calculer le besoin en chauffage pour chaque bloc

Le coefficient de conductance K peut être considéré comme étant la valeur inverse de la résistance totale d'une paroi. Elle peut être simplement calculée à partir de la conductivité thermique et de l'épaisseur de paroi, ainsi que de la résistance thermique convective de chaque côté de la paroi.

- Pour les résistances thermique d'échange convective a l'intérieur et a l'extérieur sont données dans le tableaux suivant en fonction de l'inclinaison des parois :

	La paroi est en contact avec : -l'extérieur / passage ouvert / local			La paroi est en contact avec : -une vide sanitaire /un comble /un		
	$\frac{1}{h_i}$	$\frac{1}{h_e}$	$\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e}$	$\frac{1}{h_i}$	$\frac{1}{h_e}$	$\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e}$
$\alpha > 60^\circ$	0.11	0.06	0.17	0.11	0.11	0.22
$\alpha \leq 60^\circ$	0.09	0.05	0.14	0.09	0.09	0.18
$\alpha = 0$	0.17	0.05	0.22	0.17	0.17	0.34

Tableau 3.9: les résistances thermique d'échanges convectifs

Pour la résistance thermique des fenêtres est données dans le tableau suivant en fonction de type de vitrage [27] :

Chapitre 03 : mode opératoire de mise en œuvre de l'audit

Type de fenêtre	Type de vitrage et l'épaisseur nominale de la lame d'air (mm)		K de la paroi vitrée nue (K_n)	K moyen jour-nuit K_{jn}			
				Sans fermeture	Avec fermeture de perméabilité		
					Très forte	moyenne	faible
Fenêtre battantes	Vitrage simple		6.15	4.95	4.50	4.05	3.70
	Double vitrage	6	4.50	3.80	3.55	3.25	2.95
		8	4.35	3.70	3.45	3.15	2.85
		10	4.25	3.65	3.40	3.10	2.80
		+15	4.15	3.60	3.35	3.05	2.75

Tableau 3.10: Valeurs des coefficients K_{jn} des parois vitrées courantes

Pour les portes courantes :

K en $W/m^2\text{°C}$	Sur extérieur	Sur un local non chauffé
Bois		
Porte opaque	3.5	2
Avec proportion de vitrage < 30%	4	2.4
Avec proportion entre 30% et 60%	4.5	2.7
Métal		
Porte opaque	5.8	4.5
Porte avec vitrage simple	5.8	4.5

Tableau 3.11: Valeurs des coefficients K des porte courantes

Chapitre 03 : mode opératoire de mise en œuvre de l’audit

Pour les résistances thermique d’change conductrice dans la paroi

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad \text{En m}^2\text{C/W} \dots \dots \dots (3.12)$$

Comme la conductivité thermique est inconnue, pour déterminer sa valeur approximative, il a fallu utiliser la caméra thermique TESTO 875 i et le logiciel IRsoft pour connaître la température des deux côtés de chaque mur dans la faculté. et avec l’égalité de flux de chaleur on peut facilement déterminera la valeur de notre inconnue.

$$K = \frac{1}{\frac{1}{hi} + \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{he}} \dots \dots \dots (3.13)$$

- Pour les déperditions par transmission à travers les plancher

$$D_{sol} = K_{sol} * S \dots \dots \dots (3.14)$$

Avec K représente la conductance d’un plancher sur terre pleine

$$K_{sol} = \frac{1}{0.14 + Rp + \frac{e}{1.9}} \text{ en W/m}^2\text{C}$$

Rp est la résistance thermique du plancher en m²C/W

- Le coefficient G est un coefficient de déperdition volumique. Elle mesure la perte d’énergie par rapport au volume habitable du bâtiment et est exprimée en W/m³C. Cela permet donc de chiffrer le besoin de chauffage avec la puissance nécessaire pour compenser la différence entre la température intérieure de confort et celle de l’extérieur. Le coefficient G nous permet de savoir si la bâtisse est bien isolée. Pour une isolation adéquate G doit se maintenir entre [0.85-2.5], et si G < 0.85 on peut affirmer que l’isolation est exagérée, pour G > 2.5 le bâtis est mal isolée. [26]

$$G = \frac{\sum_1^n Ki * Si}{Vh} + 0.34 * \tau \dots \dots \dots (3.15)$$

La partie $\frac{\sum_1^n Ki * Si}{Vh}$ représente les déperditions par transmission et l’autre valeur 0.34 * τ définie les déperditions par renouvellement d’air il est négligeable dans notre cas.

- Le besoin en chauffage brut B pour chaque mois de la saison du chauffage est défini par la relation suivante [26]:

Chapitre 03 : mode opératoire de mise en œuvre de l’audit

$$B = G * Vh * \Delta T * h * n..... (3.16)$$

n : nombre de jour de chauffage pour chaque mois

h : nombre des heures de chauffage pour chaque jour

Vh : volume a chauffé

Pour calculer ces déperditions thermiques et les besoins en chauffage, nous devons d'abord savoir où elles se produisent, et là où le rôle crucial que joue la thermique de la caméra. En se basant sur les images thermiques des différents murs, fenêtres et portes de la faculté et à l'aide du logiciel IRsoft 4.5, nous avons pu créer une sorte de rapport qui nous indique exactement où et combien d'énergie est perdue.

Chapitre 03 : mode opératoire de mise en œuvre de l'audit

Audit énergétique de la faculté de technologie



Contrôleur :

Benmostefa Omar Farouk/ Belhadi Sofiane

Tél. :

E-mail :

Appareil Testo 875-1i

N° de 60342422

série :

Donneur d'ordre :

Pr. Seladji Chakib

Site de mesure : faculté de technologie

Ordre



Fichier IV_00109.BM

N° de série de l'Objectif : 20406199

Date : 19/02/2019

Type d'obj. : 32°x23°

Heure : 10:13:23

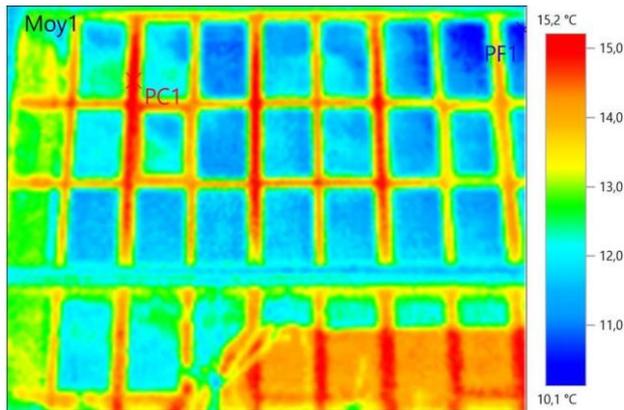


Figure 3.10 : Image thermique d’un mur dans le télé-enseignement



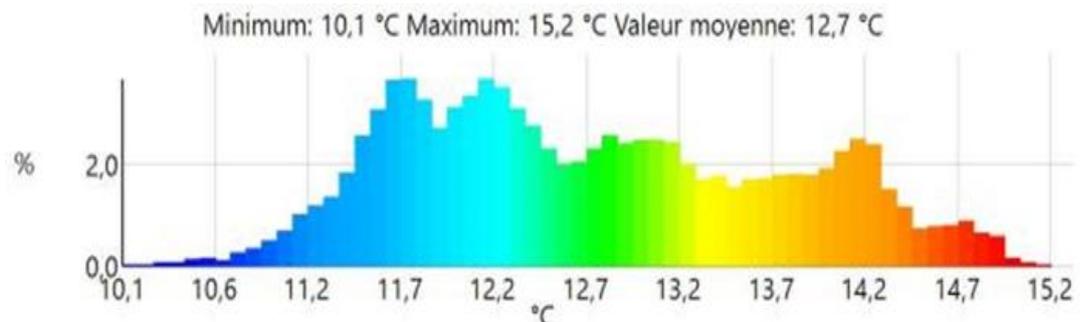
Figure 3.9 : Image réelle d’un mur dans le télé-enseignement

Paramètres d'image :

Émissivité : 0.94 Temp. réfl. [°C] : 20 °C

Repères d'image :

Objet de mesure	Temp. [°C]	Émiss.	Temp. réfl. [°C]
Point le plus froid	10.1	0.94	20.0
Point le plus chaude	15.2	0.94	20.0
Moyenne	12.7	0.94	20.0





Fichier IV_00114.BM
T

N° de série de
l'Objectif : 20406199

Date : 19/02/2019

Type d'obj. :
32°x23°

Heure : 10 :14:58

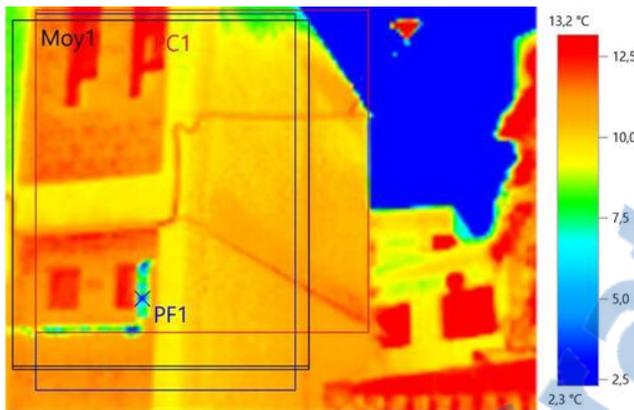


Figure 3.12: Image thermique d'une paroi dans le télé-enseignement



Figure 3.11 : Image réelle d'un mur dans le télé-enseignement

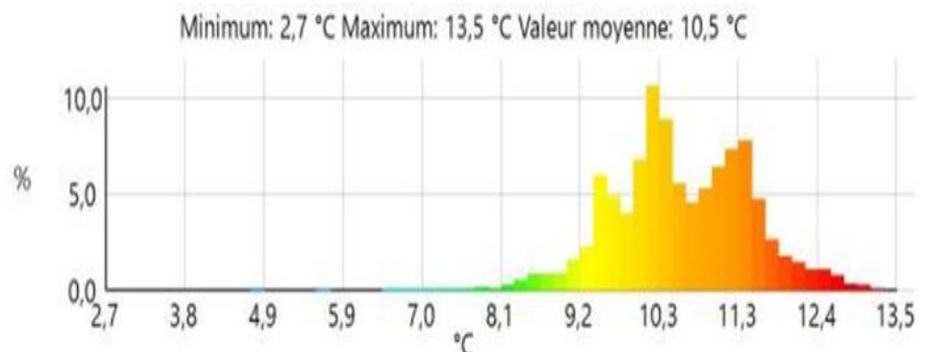
Paramètres d'image :

Émissivité : 0.93 Temp. réfl. [°C] : 20 °C

Repères d'image :

Objet de mesure	Temp. [°C]	Émiss.	Temp. réfl. [°C]
Point le plus froid	2.7	0.93	20.0
Point le plus chaude	13.7	0.93	20.0
Moyenne	10.5	0.93	20.0

Histogramme





Fichier IV_00123.B

N° de série de l'Objectif : 20406199

Date : 19/02/2019

Type d'obj. : 32°x23°

Heure : 10:19:12

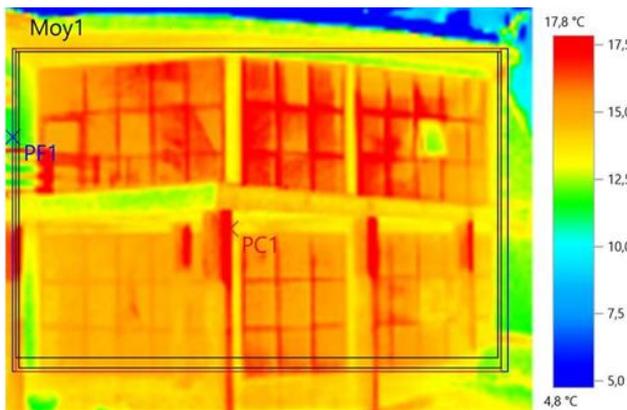


Figure 3.14 : Image thermique d’une paroi dans le télé-enseignement



Figure 3.13 : Image réelle d’un mur dans le télé-enseignement

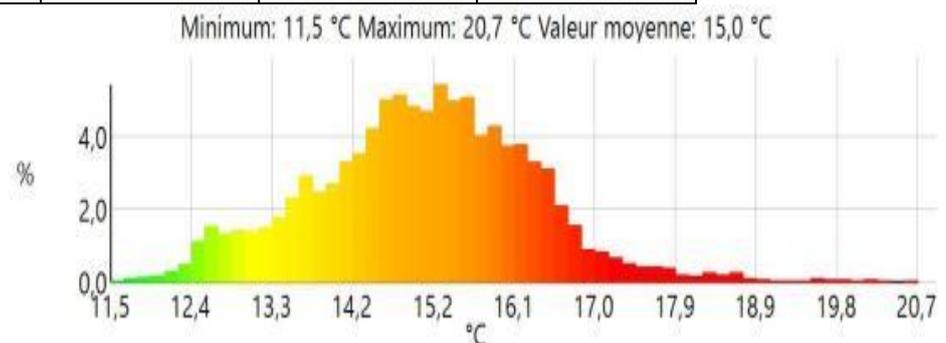
Paramètres d'image :

Émissivité : 0.94 Temp. réfl. [°C] : 20 °C

Repères d'image :

Objet de mesure	Temp. [°C]	Émiss.	Temp. réfl. [°C]
Point le plus froid	10.4	0.94	20.0
Point le plus chaude	20.6	0.94	20.0
Moyenne	15	0.94	20.0

Histogramme





Fichier IV_00129.BM

N° de série de l'Objectif : 20406199

Date : 19/02/2019

Type d'obj. : 32°x23°

Heure : 10:21:06

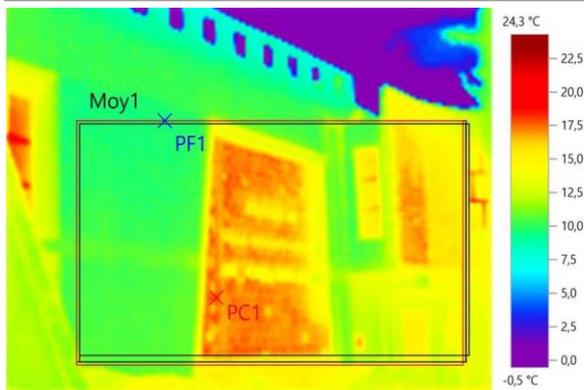


Figure 3.16 : Image thermique d'une paroi dans le télé-enseignement



Figure 3.15 : Image réelle d'un mur dans le télé-enseignement

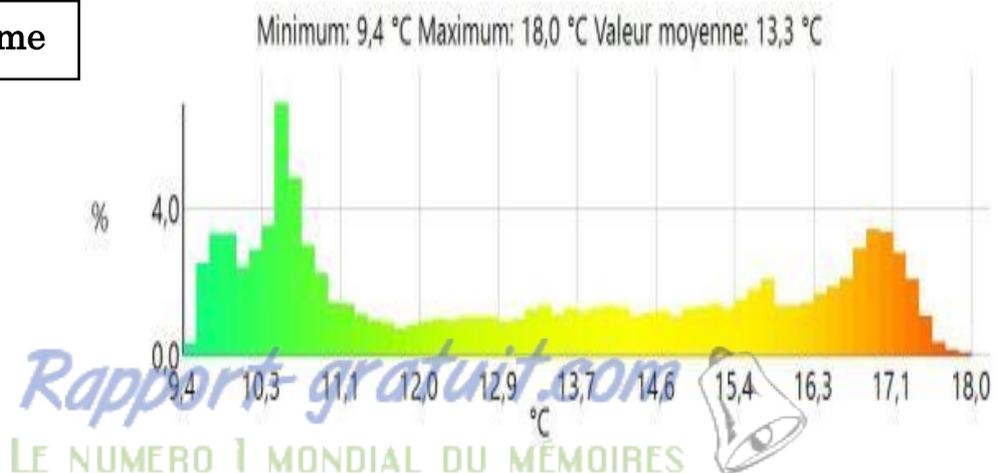
Paramètres d'image :

Émissivité : 0.93 Temp. réfl. [°C] : 20 °C

Repères d'image :

Objet de mesure	Temp. [°C]	Émiss.	Temp. réfl. [°C]
Point le plus froid	9.4	0.93	20.0
Point le plus chaude	18.3	0.93	20.0
Moyenne	15.2	0.93	20.0

Histogramme





Fichier IV_00133.BM

N° de série de l'Objectif : 20406199

Date : 19/02/2019

Type d'obj. : 32°x23°

Heure : 10:22:36

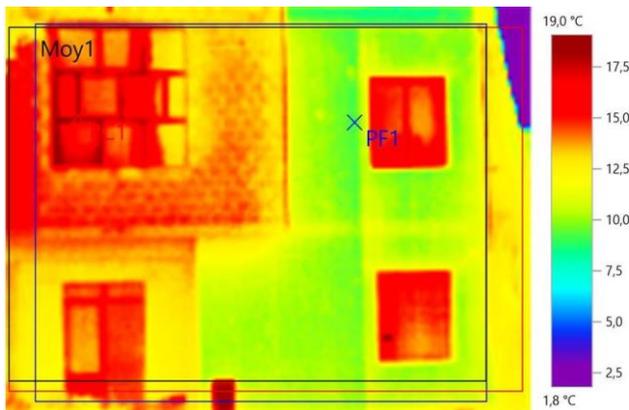


Figure 3.18 : Image thermique d’une paroi dans le télé-enseignement



Figure 3.17 : Image réelle d’un mur dans le télé-enseignement

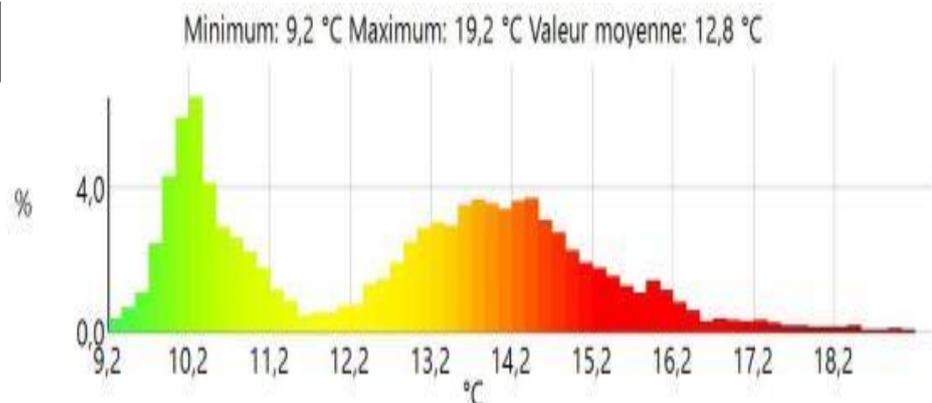
Paramètres d'image :

Émissivité : 0.93 Temp. réfl. [°C] : 20 °C

Repères d'image :

Objet de mesure	Temp. [°C]	Émiss.	Temp. réfl. [°C]
Point le plus froid	9.2	0.93	20.0
Point le plus chaude	19.2	0.93	20.0
Moyenne	12.8	0.93	20.0

Histogramme





Fichier IV_00150.BM

N° de série de l'Objectif : 20406199

Date : 19/02/2019

Type d'obj. : 32°x23°

Heure : 10:34:51

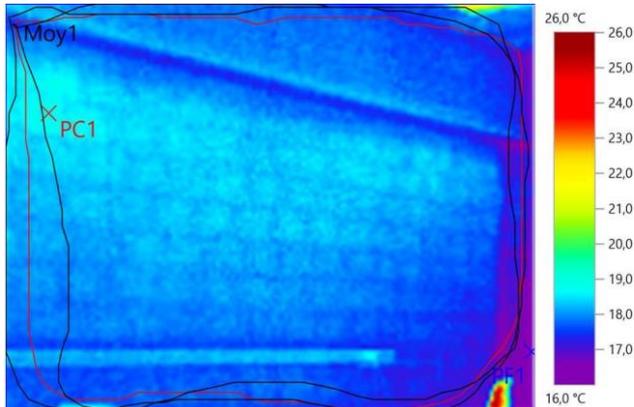


Figure 3.20 : Image thermique d’une paroi dans le télé-enseignement



Figure 3.19 : Image réelle d’un mur dans le télé-enseignement

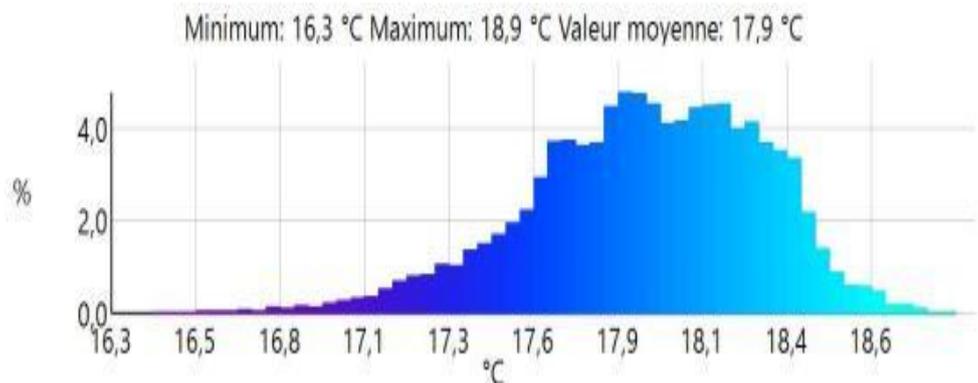
Paramètres d'image :

Émissivité : 0.93 Temp. réfl. [°C] : 20 °C

Repères d'image :

Objet de mesure	Temp. [°C]	Émiss.	Temp. réfl. [°C]
Point le plus froid	16.8	0.93	20.0
Point le plus chaude	18.8	0.93	20.0
Moyenne	17	0.93	20.0

Histogramme





Fichier IV_00214.BMT

N° de série de l’Objectif : 20406199

Date : 19/02/2019

Type d’obj. : 32°x23°

Heure : 13:51:09

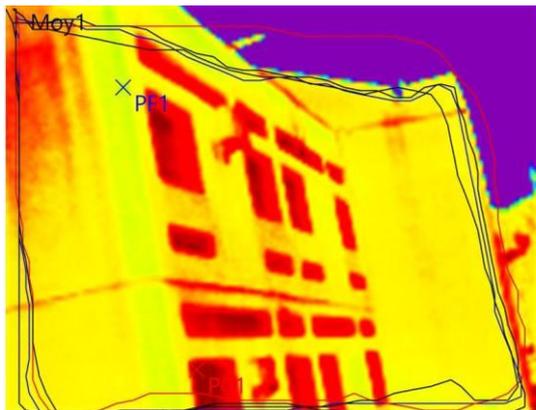


Figure 3.22 : Image thermique d’une paroi dans l’administration

Figure 3.21 : Image réelle d’un mur dans l’administration

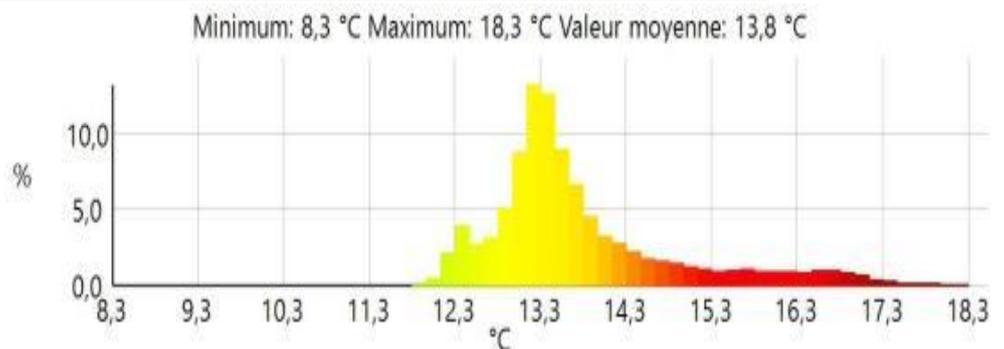
Paramètres d’image :

Émissivité : 0.93 Temp. réfl. [°C] : 20 °C

Repères d’image :

Objet de mesure	Temp. [°C]	Émiss.	Temp. réfl. [°C]
Point le plus froid	11.7	0.93	20.0
Point le plus chaude	18.3	0.93	20.0
Moyenne	13.8	0.93	20.0

Histogramme





Fichier IV_00224.BM

N° de série de l’Objectif : 20406199

Date : 19/02/2019

Type d’obj. : 32°x23°

Heure : 13:56:24

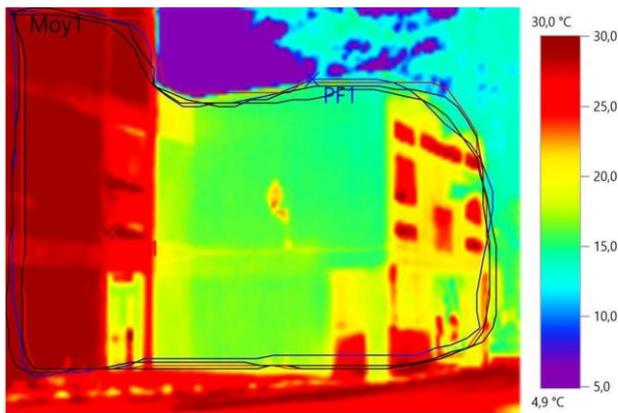


Figure 3.24 : Image thermique d’une paroi dans l’administration



Figure 3.23 : Image réelle d’un mur dans l’administration

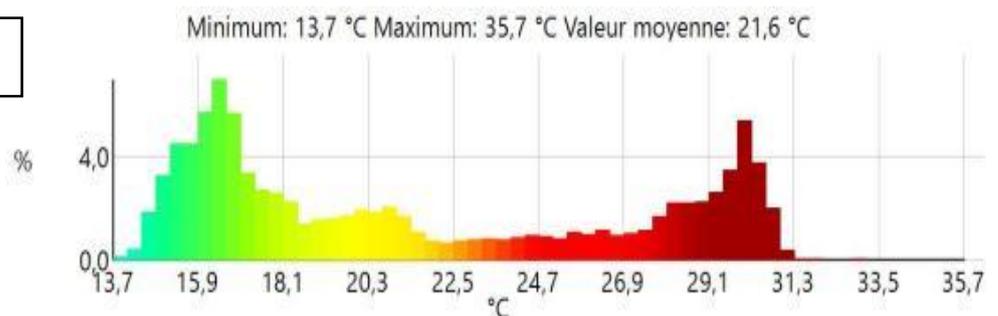
Paramètres d’image :

Émissivité : 0.93 Temp. réfl. [°C] : 20 °C

Repères d’image :

Objet de mesure	Temp. [°C]	Émiss.	Temp. réfl. [°C]
Point le plus froid	11.4	0.93	20.0
Point le plus chaude	35.7	0.93	20.0
Moyenne	21.4	0.93	20.0

Histogramme





Fichier IV_00254.B

N° de série de l’Objectif : 20406199

Date : 19/02/2019

Type d'obj. : 32°x23°

Heure : 14:36:00

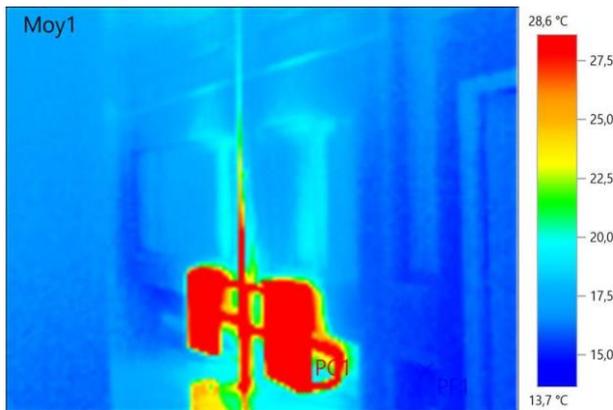


Figure 3.26 : Image thermique d’une paroi dans l’administration



Figure 3.25 : Image réelle d’un mur dans l’administration

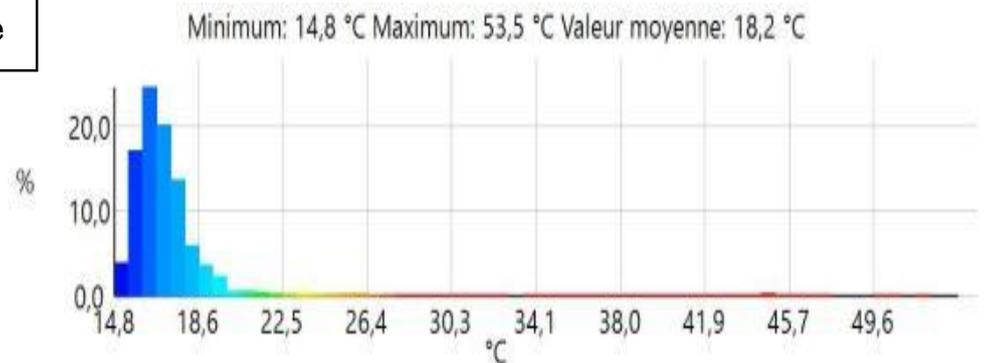
Paramètres d'image :

Émissivité : 0.93 Temp. réfl. [°C] : 20 °C

Repères d'image :

Objet de mesure	Temp. [°C]	Émiss.	Temp. réfl. [°C]
Point le plus froid	14.8	0.93	20.0
Point le plus chaude	53.4	0.93	20.0
Moyenne	18.2	0.93	20.0

Histogramme





Fichier IV_00265.B

N° de série de l'Objectif : 20406199

Date : 19/02/2019

Type d'obj. : 32°x23°

Heure : 14:41:42

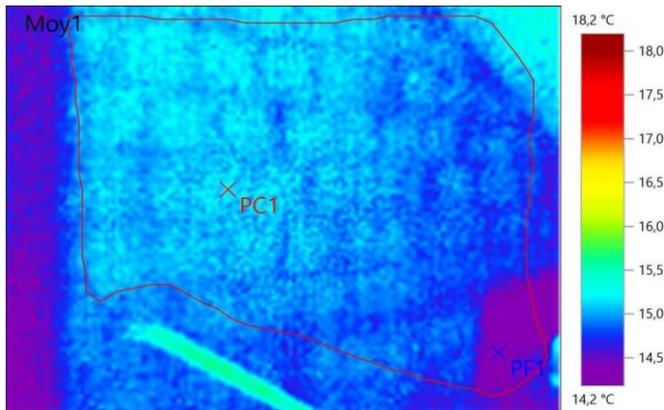


Figure 3.28 : Image thermique d’une paroi dans l’administration

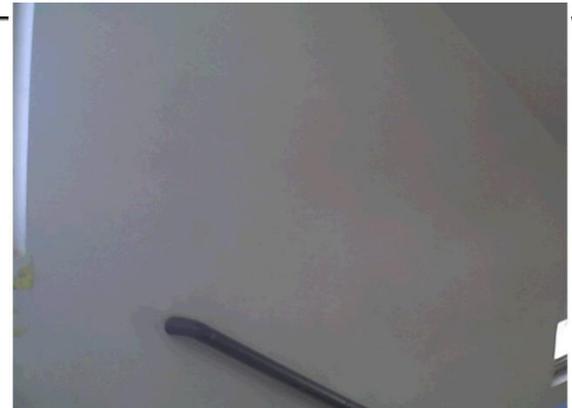


Figure 3.27 : Image réelle d’un mur dans l’administration

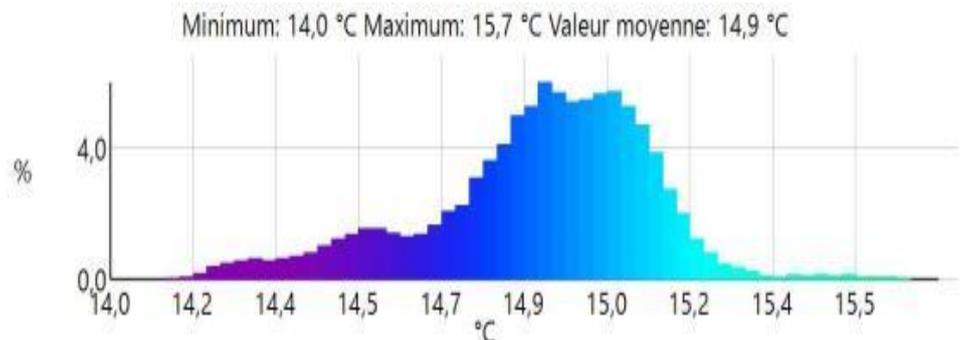
Paramètres d'image :

Émissivité : 0.93 Temp. réfl. [°C] : 20 °C

Repères d'image :

Objet de mesure	Temp. [°C]	Émiss.	Temp. réfl. [°C]
Point le plus froid	14	0.93	20.0
Point le plus chaude	15.3	0.93	20.0
Moyenne	14.9	0.93	20.0

Histogramme





Fichier IV_00291.BM

N° de série de l'Objectif : 20406199

Date : 19/02/2019

Type d'obj. : 32°x23°

Heure : 14:54:48

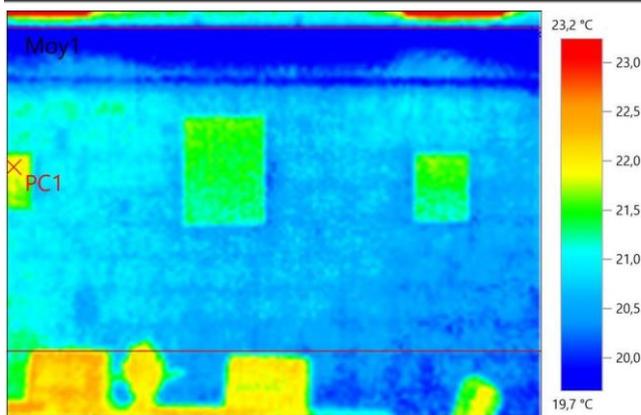


Figure 3.30 : Image thermique d'une paroi dans l'administration



Figure 3.29 : Image réelle d'un mur dans l'administration

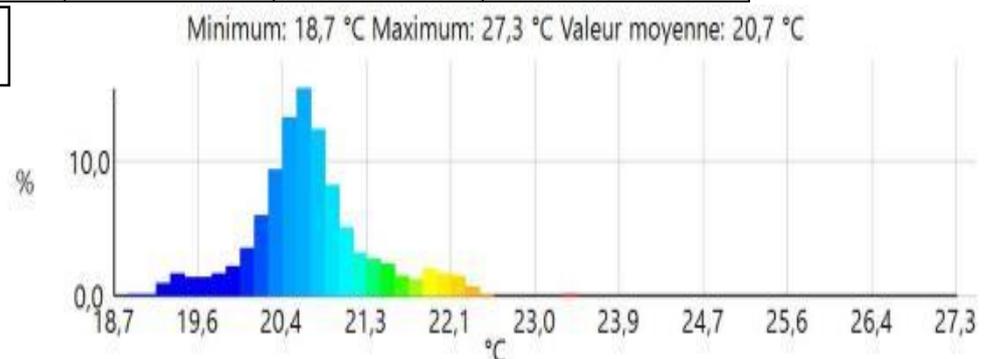
Paramètres d'image :

Émissivité : 0.93 Temp. réfl. [°C] : 20 °C

Repères d'image :

Objet de mesure	Temp. [°C]	Émiss.	Temp. réfl. [°C]
Point le plus froid	18.7	0.93	20.0
Point le plus chaude	22	0.93	20.0
Moyenne	20.7	0.93	20.0

Histogramme





Fichier IV_00297.BM

N° de série de l'Objectif : 20406199

Date : 19/02/2019

Type d'obj. : 32°x23°

Heure : 14:55:48

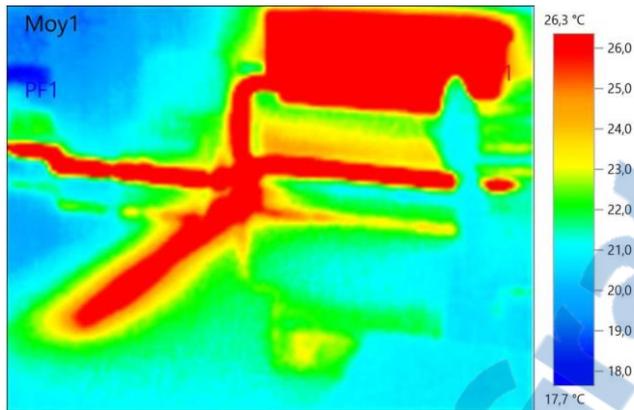


Figure 3.32 : Image thermique d'une paroi dans l'administration



Figure 3.31 : Image réelle d'un mur dans l'administration

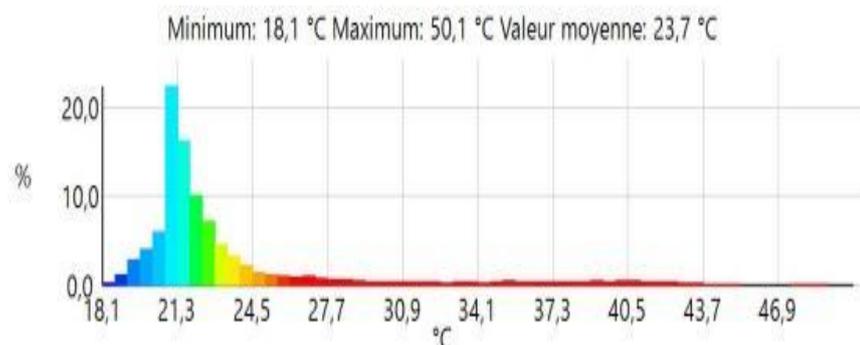
Paramètres d'image :

Émissivité : 0.93 Temp. réfl. [°C] : 20 °C

Repères d'image :

Objet de mesure	Temp. [°C]	Émiss.	Temp. réfl. [°C]
Point le plus froid	18.1	0.93	20.0
Point le plus chaude	50.1	0.93	20.0
Moyenne	23.7	0.93	20.0

Histogramme





Fichier IV_01662.BM

N° de série de l'Objectif : 20406199

Date : 28/02/2019

Type d'obj. : 32°x23°

Heure : 11:08:17

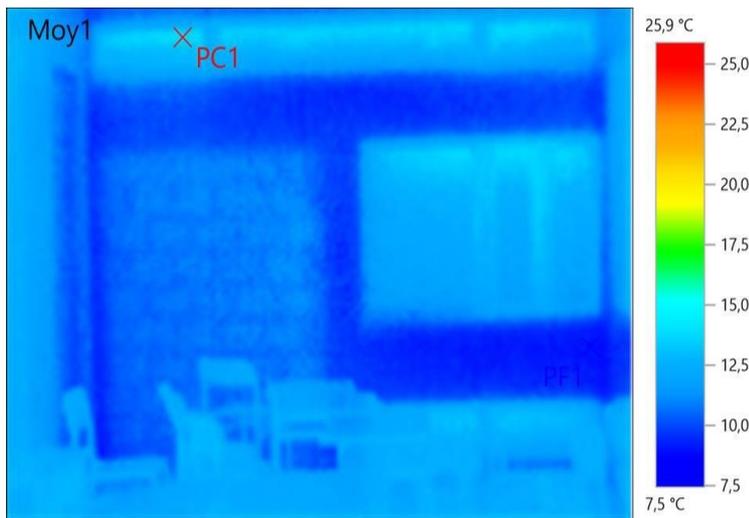


Figure 3.34 : Image thermique d’une paroi dans le bloc A



Figure 3.33 : Image réelle d’un mur dans le bloc A

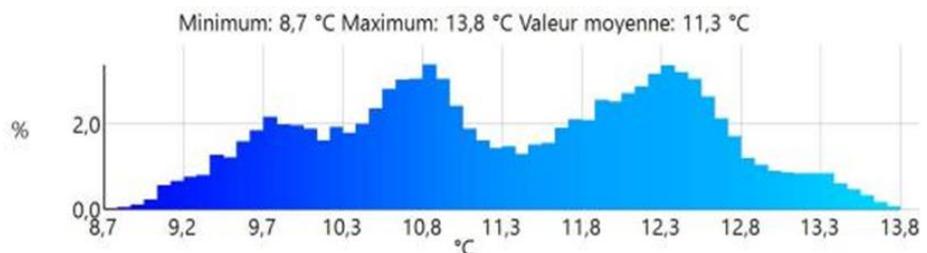
Paramètres d'image :

Émissivité : 0.93 Temp. réfl. [°C] : 20 °C

Repères d'image :

Objet de mesure	Temp. [°C]	Émiss.	Temp. réfl. [°C]
Point le plus froid	8.7	0.93	20.0
Point le plus chaude	13.8	0.93	20.0
Moyenne	11.3	0.93	20.0

Histogramme





Fichier IV_01677.BM

N° de série de l'Objectif : 20406199

Date : 28/02/2019

Type d'obj. : 32°x23°

Heure : 11:11:17

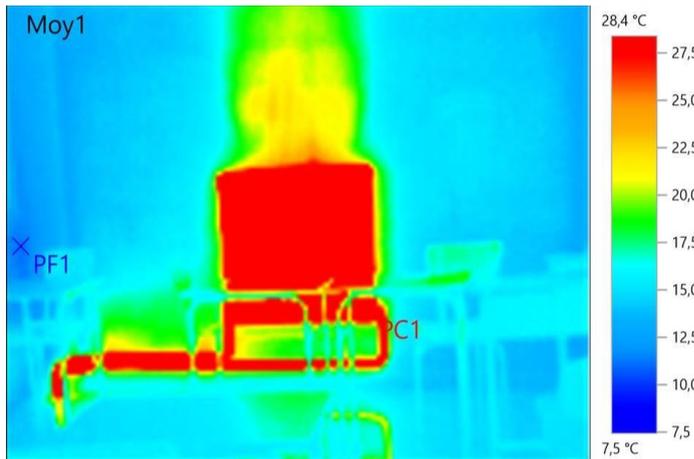


Figure 3.36 : Image thermique d'une paroi dans le bloc A



Figure 3.35 : Image réelle d'un mur dans le bloc A

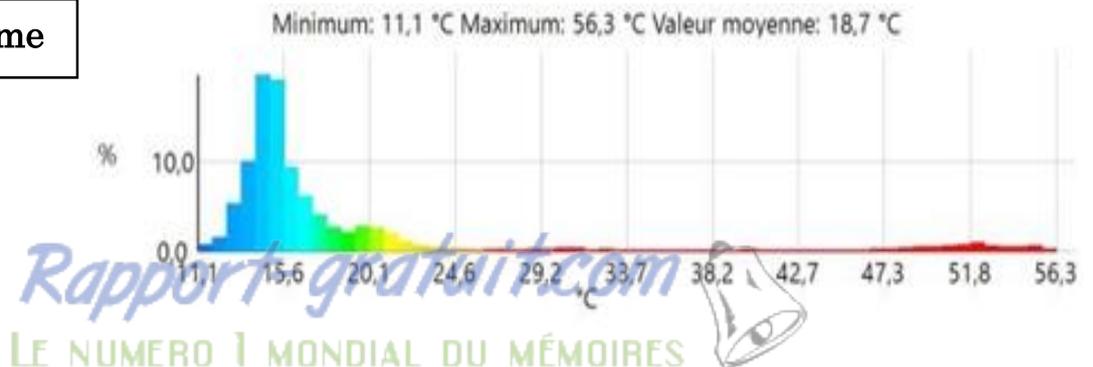
Paramètres d'image :

Émissivité : 0.93 Temp. réfl. [°C] : 20 °C

Repères d'image :

Objet de mesure	Temp. [°C]	Émiss.	Temp. réfl. [°C]
Point le plus froid	11.1	0.93	20.0
Point le plus chaude	56.3	0.93	20.0
Moyenne	18.7	0.93	20.0

Histogramme





Fichier IV_00297.B

N° de série de l'Objectif : 20406199

Date : 19/02/2019

Type d'obj. : 32°x23°

Heure :

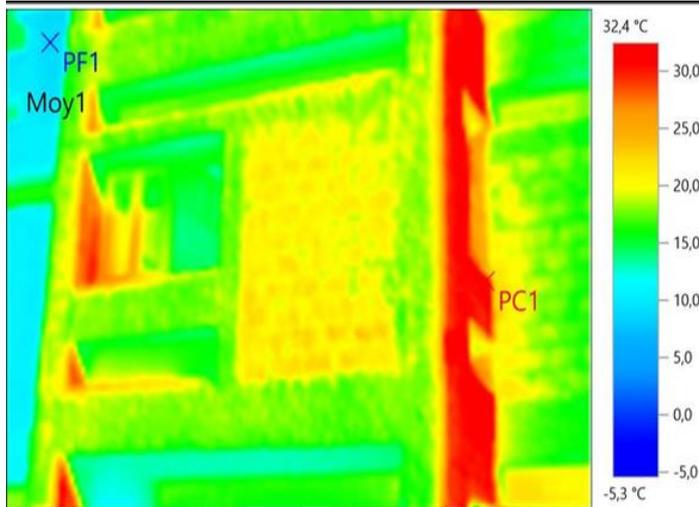


Figure 3.38 : Image thermique d’une paroi dans le bloc A



Figure 3.37 : Image réelle d’un mur dans le bloc A

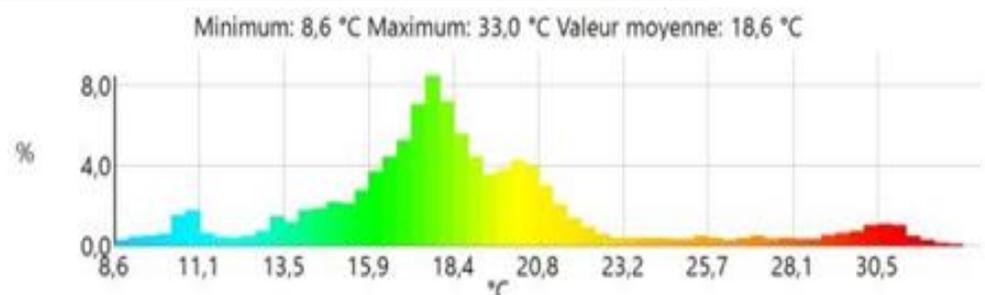
Paramètres d'image :

Émissivité : 0.93 Temp. réfl. [°C] : 20 °C

Repères d'image :

Objet de mesure	Temp. [°C]	Émiss.	Temp. réfl. [°C]
Point le plus froid	8.6	0.93	20.0
Point le plus chaude	33	0.93	20.0
Moyenne	18.6	0.93	20.0

Histogramme



Chapitre 03 : mode opératoire de mise en œuvre de l'audit

Interprétations

Pour notre faculté, les déperditions d'énergie sont trop nombreuses, ce qui explique pourquoi nous avons besoin de plus en plus d'énergie pour le chauffage, après avoir analysé de toutes parts des images thermiques dans la faculté nous constatons que :

- La première et la plus grande origine des déperditions énergétiques sont les fenêtres (mauvaise qualité et la mise en place), leur enveloppe est en aluminium, ce qui est très bonne comme support pour l'échange thermique et rend la situation encore pire.
- La construction des murs (je parle ici en termes defaults et mal construction), nous avons trouvé 3 différents types de murs le premier est un mur en briques avec des enduits extérieurs et intérieurs (généralement 2 cm d'épaisseur de ces enduits de chaque côté), dans le deuxième les enduits d'un côté du mur sont incomplets et dans le troisième type de murs enduit est incomplète pour les deux côtés, et ces situations sont bien visibles dans de multiples image thermiques, nous pouvons prendre **la figures 3.18 et 3.28** comme exemples.
- La mauvaise décision quand on parle du positionnement du radiateur, et c'est clairement visible dans **la figure 3.36**
- Et il y a des parois métalliques sous les fenêtres, leur existence est incompréhensible, tout ce qu'ils font est de provoquer d'énormes pertes énergétiques, c'est clairement visible dans **la figure 3.38**

Chapitre 03 : mode opératoire de mise en œuvre de l'audit

3.2.3 Résultats

Dans un premier temps, nous avons commencé par l'évaluation de la résistance conductive de chaque mur dans chaque structure de la faculté, puis nous calculerons les valeurs de K et G, et on terminera avec la détermination du besoin en chauffage de chaque bloc.

En ce qui concerne le calcul de la conductivité thermique des murs, il est nécessaire de savoir que dans notre faculté nous avons 3 types de murs .



Figure 3.40 : Image réelle d'une paroi

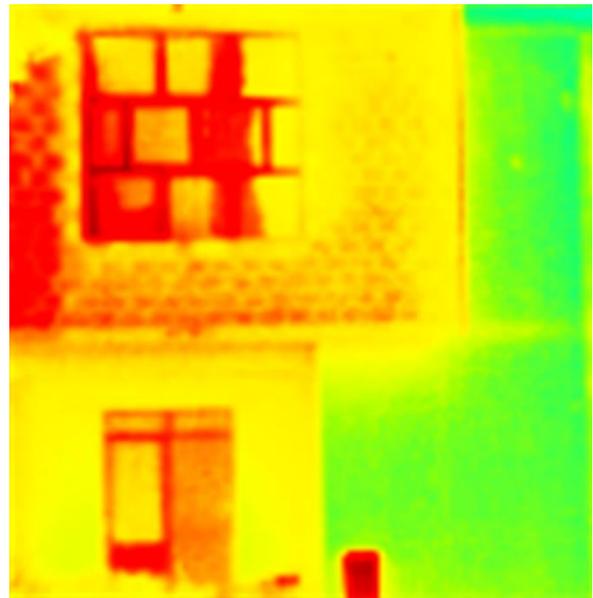


Figure 3.39 : Image thermique d'une paroi

Dès le premier coup d'œil, cela peut paraître comme un simple mur avec une grande fenêtre, par contre après que nous avons pris une photo avec une caméra thermique, nous avons compris qu'il ne s'agit pas simple...

Maintenant, il semble bien clair qu'il y a 2 méthodes différentes quand ils ont construit ce mur, la même chose se répète dans toute la faculté en plusieurs endroits.

Comme nous l'avons dit précédemment, pour calculer les résistances des murs et des toits, nous allons utiliser l'égalité de flux entre les côtés intérieur et extérieur des murs, et les résultats sont résumés dans le tableau suivants

Chapitre 03 : mode opératoire de mise en œuvre de l’audit

paroi	construction	Surface	K (W/m ² °C)
Murs extérieur	Type 1	-	1.3592
	Type 2	-	1.4345
	Type 3	-	1.7745
Toiture	Dalle armés en béton	-	0.7
Plancher	Sol sur terre pleine	-	0.92
Tableau 3.12: Valeurs de la conductance thermique			

Une fois que la conductance du sol, de la toiture et de chaque mur a été calculée et que nous avons déjà celle des fenêtres et des portes, on peut aisément évaluer le coefficient de déperdition de ces dernières, utilisant pour ce faire les formules dont nous disposions auparavant, et les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

département/bloc	$\sum K_i S_i (w/°C)$	$V_h (m^3)$	Le coefficient de déperdition thermique (W/m ³ °C)
Dép. Génie mécanique	6959,85912	2516,4	2,7658
Dép. Télécommunication	6877,023804	2710,905	2,5368
Dép. Génie civil	7817,7406	2808,5	2,7836
Dép. L’hydraulique	4482,11448	1633,9	2,7432
centre de calcul	5487,724944	2119,14	2,5896
Bloc B	21609,78144	8368,1	2,5824
Bloc C	6436,7361	2557	2,5173
Pauwes	1589,0724	2022,75	0,7856
Scolarité	3039,5701	1359,5	2,2358

Chapitre 03 : mode opératoire de mise en œuvre de l’audit

Administration	2745,80337	1277,95	2,1486
Labo de recherche	17071,5415	6741,25	2,5324
Télé-enseignement	1884,36105	4426,5	0,4257
Labo-automatique	22714,39751	8586,7	2,6453
Labo	9788,22405	3675,5	2,6631
Amphis	6119,3139	2150,75	2,8452
Bibliothèque	8539,56675	3217,5	2,6541
Architecture	9446,55398	3797,915	2,4873
Hall de technologie	4874,893	1910	2,5523
Bureau de sécurité	1875,955418	807,175	2,3241
La salle de conférence	2709,67502	1083,35	2,5012

Tableau 3.13: Valeurs des coefficients de déperditions thermique

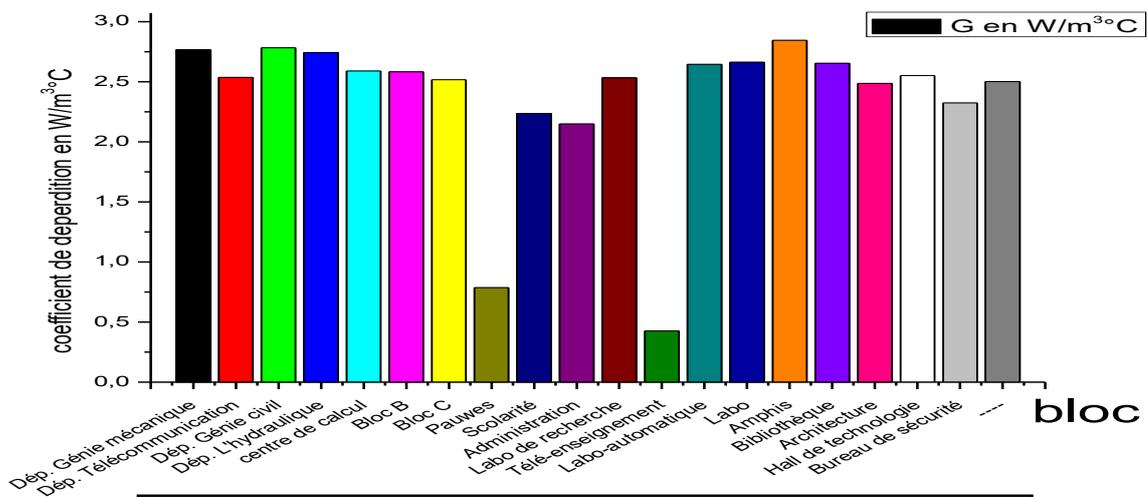


Figure 3.41 : Le coefficient de déperdition thermique

Commentaires

Selon ces résultats, on peut constater que la majorité des blocs de la faculté ont une mauvaise isolation ou une isolation inadéquate sauf en ce qui concerne l'administration et la scolarité et le bureau de sécurité, qui ont un coefficient G entre 0,7 et 2,5. Ces résultats entraîneront logiquement un besoin élevé en chauffage, c'est-à-dire il dépend de la construction et surtout de la qualité de l'isolation.

Chapitre 03 : mode opératoire de mise en œuvre de l'audit

Pour le besoin en chauffage, les résultats obtenus par la formule $B = G * Vh * \Delta T * h * n$ sont les suivants

département/bloc	Besoin en chauffage en KWH				
	Novembre 14.8°C	Décembre 11.6°C	Janvier 10.2°C	Février 11.2°C	Mars 13.4°C
Dép. Génie mécanique	53128,83626	71608,43148	79693,25439	73918,38088	61213,65917
Dép. Télécommunication	48149,9498	64897,75843	72224,9247	66991,23451	55477,11608
Dép. Génie civil	60061,63715	80952,64137	90092,45572	83564,0169	69201,45149
Dép. L'hydraulique	33935,12858	45738,65156	50902,69287	47214,09194	39099,16988
centre de calcul	39222,39454	52864,96656	58833,59181	54570,28806	45191,0198
Bloc B	154022,0749	207594,9705	231033,1123	214291,5824	17746,02167
Bloc C	44720,82037	60275,88832	67081,23055	62220,27181	51526,16259
Pauwes	3445,515766	4643,956032	5168,273649	4793,761065	3969,833382
Scolarité	18756,60349	25280,63949	28134,90523	26096,14399	21610,86924
Administration	16282,98741	21946,63521	24424,48112	22654,59118	18760,83332
Labo de recherche	119320,2419	160822,9347	178980,3628	166010,7713	13747,7670
Télé-enseignement	2213,996097	2984,081696	3320,994146	3080,342396	2550,908547
Labo-automatique	165838,4522	223521,3921	248757,6783	230731,7596	191074,7384
Labo	71944,97373	96969,31242	107917,4606	100097,3548	82893,12191
Amphis	48053,45447	64767,6995	72080,1817	66856,98013	55365,93667
Bibliothèque	62555,02495	84313,29449	93832,53742	87033,07819	72074,26787
Architecture	64850,10185	87406,65901	97275,15277	90226,22866	74718,59561
Hall de technologie	34340,44275	46284,94458	51510,66413	47778,00731	39566,1623
Bureau de sécurité	12033,34604	16218,85771	18050,01906	16742,04667	13864,50739
Salle de conférences	18705,73208	25212,07368	28058,59812	26025,36637	21552,25653

Tableau 3.14: Besoin en chauffage

Chapitre 03 : mode opératoire de mise en œuvre de l’audit

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons d'abord présenté quelques données sur la consommation énergétique de la faculté de technologie, le type de tarification et la manière dont Sonalgaz calcule la consommation énergétique totale que ce soit pour le gaz naturel ou l'électricité. Puis nous avons introduit la notion de classe énergétique d'un bâtiment, et la relation entre la surface bâtie, la consommation énergétique et le confort thermique. Dans la troisième partie, par la définition d'une méthode de calcul des déperditions thermiques et des besoins en chauffage et par la suite, nous avons calculé les valeurs réelles des pertes énergétiques et nous avons déterminé quel type d'isolation thermique nous avions dans les différents blocs du département ainsi que le chauffage requis pour chaque bloc.

Maintenant que nous avons diagnostiqué la situation catastrophique de la faculté de technologie, dans le chapitre suivant, nous proposerons des solutions afin d'améliorer la situation actuelle.

Chapitre 04 :

Analyse Technico-économique

Rapport-Gratuit.com

4 Analyse Technico-économique

Introduction

Comme il est déjà clairement expliqué, l'efficacité énergétique du site de la faculté de technologie est faible, Considérant le scénario actuel, le déperissement énergétique est majoritairement fait par les utilisateurs domestiques, la mal construction et la mauvaise qualité des équipements. Dans cette section, donc nous vous proposons quelques méthodes ou améliorations qui permettraient de réduire la consommation énergétique de la Faculté pour réduire la quantité énorme de la puissance électrique ou gaz, plus précisément on va examiner la relation causale entre consommation énergétique, croissance économique grâce au logiciel appelé RETscreen.

La méthodologie proposée est destinée à soutenir les responsables de la construction lors de l'évaluation technique et économique de différents scénarios possibles de rénovation énergétique dans des délais et des budgets limités car la réduction le plus possible des déperditions énergétiques d'un bâtiment est également liée à l'amélioration de son efficacité énergétique et l'ampleur de l'amélioration variant selon les caractéristiques du chaque bloc de la faculté.

La contribution de ce document est de construire un modèle qui décrit de façon réaliste le profil énergétique de la faculté et de trouver plusieurs idées de solutions qui permettraient d'améliorer les performances du bâtiment dans le futur. Les données architecturales et énergétiques sont collectées, les surfaces et les volumes sont calculés, tandis que les activités dans les blocs sont prises en compte. Les déperditions thermiques sont mesurées et représentées dans le chapitre précédant, tandis que l'influence des caractéristiques de chaque construction sur la consommation globale est discutée. L'analyse dans ce chapitre calculera les économies, les périodes de rentabilisation et la capacité de mise en œuvre dans un tel bâtiment pour tout scénario testé.

4.1 Les améliorations possibles pour l'efficacité énergétique de la faculté

Pour un institut de recherche des bâtiments : "Le challenge est de transformer les maisons du passé en maisons du futur ». [18] Particulièrement pour les bâtiments âgés (comme notre faculté), une variété des interventions sont recommandées.

- Premièrement, le vitrage est le moins cher, le plus facile à installer et le moins influent sur l'aspect extérieur des locaux. Avec le vitrage secondaire, la valeur K de la surface de la fenêtre pourrait être réduite de plus de 4,50 (vitrage simple) à même 2.1, ce qui signifie des pertes de chaleur réduites de 500%. Le vitrage secondaire est en réalité une fenêtre indépendante supplémentaire qui est installée à l'intérieur pour augmenter l'isolation de la surface de la fenêtre ; aucun remplacement de la fenêtre existante n'est nécessaire. En raison de ses performances hautement isolantes, le vitrage secondaire est souvent installé de cette façon, afin d'être enlevé pendant les mois les plus chauds ; la possibilité de les enlever est un avantage que seul le vitrage secondaire a en comparaison avec les mesures suivantes. L'installation d'un vitrage secondaire doit être faite avec soin et après avoir considéré la nécessité de nettoyer ou d'entretenir les deux fenêtres.
- D'autre part, le double vitrage ou le triple vitrage sont des techniques plus efficaces pour réduire les déperditions thermiques par les fenêtres, puisque nous pourrions atteindre une valeur K de presque 1,3. De cette façon, le remplacement total de la fenêtre existante (châssis et vitrage) est nécessaire. Le nouveau cadre est plus large pour supporter les deux vitrages et donc un cadre plus large qu'auparavant est requis. L'espace entre les vitres est la plupart du temps rempli avec un gaz comme l'air, ce qui permet de réduire les déperditions de chaleur par les fenêtres et d'améliorer le rendement énergétique.
- La protection contre les courants d'air est l'un des moyens les plus rentables d'améliorer l'efficacité d'un bâtiment, car les courants d'air et les fuites dans les ouvertures du bâtiment (portes et fenêtres) sont responsables d'importantes pertes de ventilation. Les pertes dues aux courants d'air et aux jeux dans les matériaux de construction des fenêtres et des portes sont comparables à celles dues au matériau

lui-même. [18] Avec le terme de calfeutrage, nous entendons la réparation de tous ces dommages, le colmatage des joints ou même l'installation de matériaux supplémentaires par rapport aux matériaux existants.

- Dans ce projet d'après la revue du site, on peut voir que la lampe à tube est beaucoup utilisée. Il est suggéré de remplacer le tube lumineux par un tube lumineux à LED. La LED a deux ans de durée de garantie et permet également d'économiser la consommation d'appareils par rapport aux lampes néons et aux lampes à tube. La figure 4.1 représente la comparaison de l'utilisation de la lampe à tube et de la LED pour les cinq prochaines années. Il montre que la LED est très efficace et aussi très utile dans la consommation d'énergie électrique.

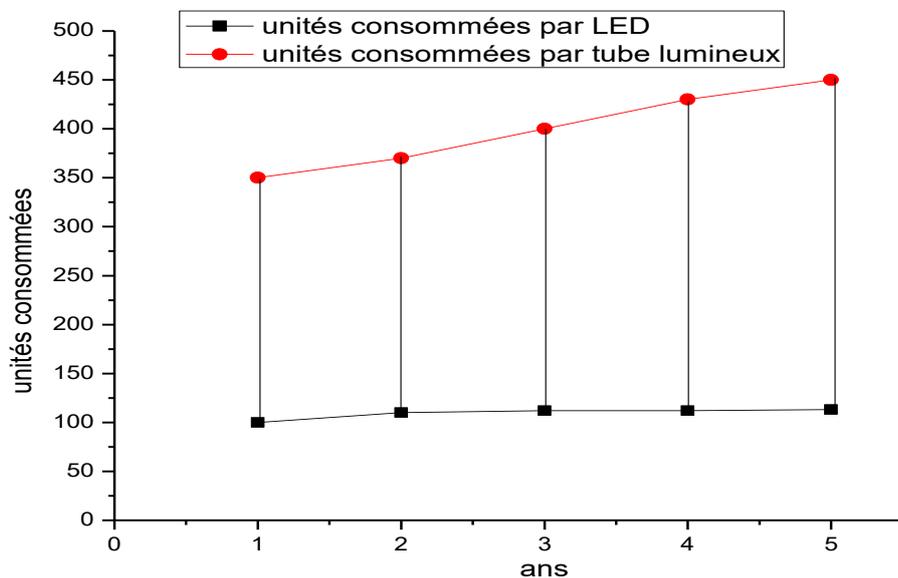


Figure 4.1 : comparaison entre l'utilisation de la lampe à tube et de la LED

- Compte tenu de l'amélioration de l'isolation, les murs sont un facteur important de pertes, puisqu'ils représentent la plus grande partie des surfaces enveloppant toute la structure ; il peut arriver que les pertes de chaleur par les murs représentent 35% des pertes totales du bâti [28].

Le niveau d'amélioration dépend des caractéristiques du bâtiment et du matériau utilisé pour les murs, en raison des différentes épaisseurs et matériaux de maçonnerie qui doivent être isolés différemment.

- L'isolation des murs peut être ajoutée à l'intérieur ou à l'extérieur. L'amélioration de l'isolation des murs est importante car elle permet de réduire considérablement les pertes

de chaleur. Cependant, il y a des aspects qu'il faut examiner attentivement, comme la perte au niveau de tout espace, les ponts thermiques ou bien encore les problèmes au niveau des fenêtres et ouvertures. Deuxièmement, une toiture de mauvaise isolation peut représenter 25% des pertes totales du système thermique du bâtiment [25]. L'isolation de la toiture pourrait représenter un facteur déterminant pour le calcul de la quantité totale des déperditions thermiques du bâtiment. L'isolation de la toiture n'affecte pas les activités à l'intérieur du bâtiment, n'influence pas l'espace utilisable, elle est donc considérée comme une solution de construction simple. Pour les toitures, il est possible d'obtenir le meilleur résultat possible, car il y a suffisamment d'espace pour l'installation de matériaux relativement épais (généralement 250 mm), comme la laine, par exemple. La ventilation de la toiture doit être prévue, afin d'éviter la destruction des matériaux de la toiture.

- En dernier lieu, les planchers sont un élément important lors des déperditions de chaleur d'un bâtiment et pourraient même atteindre 15 % des déperditions thermiques totales du bâtiment. [25] Il y a deux façons possibles d'installer l'isolant sur les planchers, au-dessus du plancher ou sous le plancher. Pour les bâtiments neufs à construire, l'isolation est installée directement sous le bâtiment, en essayant d'atteindre une valeur K d'environ 0,2. Ce qui est le plus grand avantage de l'installation par le bas, c'est qu'il n'est probablement pas nécessaire d'entretenir l'isolation préinstallée ; elle est là et durera toujours. Pour les constructions déjà existantes, il est fortement recommandé de procéder à la mise en place par le haut, sinon le coût est plus élevé. L'isolation des bâtiments existants est habituellement ajoutée avec des planchers suspendus [28].

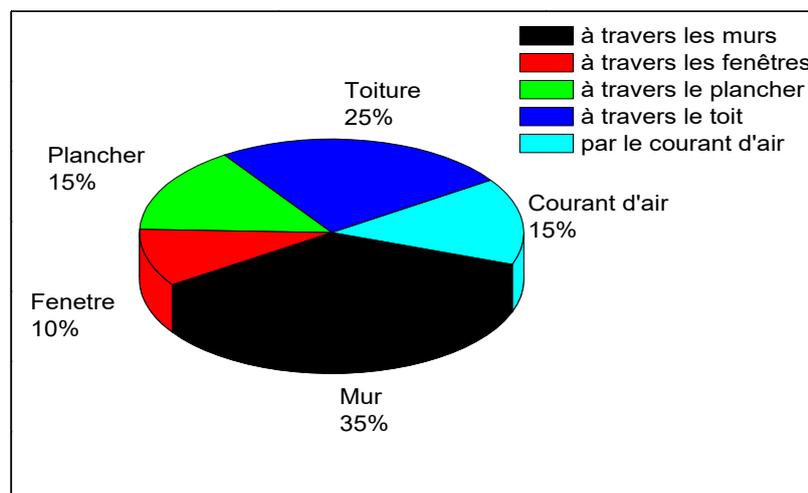


Figure 4.2 : Déperditions calorifiques dans un bâtiment habituel

Chapitre 04 : Analyse Technico-économique

- et il y a aussi si nous avons besoin d'améliorer l'efficacité énergétique de notre faculté et en particulier du bloc A, nous devrions enlever cette petite surface d'acier qui se trouve sous les fenêtres et la remplacer par une surface normale, parce que la différence entre la résistance thermique de l'acier et de la brique est énorme, pour l'acier elle a 46 w/m°C comme conductivité mais la brique est juste environ 1.0174 w/m°C et l'épaisseur du mur est un facteur important en ce qui concerne les échange thermique , et ce sans oublier le temps de émissivité (12% fer, 93% pour la brique)
- Il faudrait discuter sur l'emplacement de la chaudière, le dimensionnement et l'isolation de la tuyauterie, quand les chaudières sont placées de façon loin des locaux que nous devons chauffer et c'est le cas sur le système de chauffage du bloc A.
- Les chaudières classiques à faible rendement énergétique sont responsables d'une grande partie des pertes du bâti, et l'efficacité du bâtiment pourrait être considérablement améliorée grâce à l'utilisation de bons systèmes de contrôle pour le chauffage, la ventilation et l'éclairage. Les automatismes et les contrôles pourraient améliorer le rendement énergétique global du bâtiment de 10 à près de 30 %. [19] L'automatisation du chauffage et la régulation du chauffage des locaux pourraient contribuer à l'amélioration globale de 7 % à 17 % et 14 % à 25 %, en particulier pour le système de chauffage. [28]
- Si nous voulons améliorer l'efficacité énergétique, nous devons aussi changer l'emplacement des différents radiateurs dans la majorité de la faculté pour plusieurs raisons

Quelques-unes ne sont pas placées :

- ✓ Sur les murs extérieurs ;
- ✓ Sous les fenêtres.

Avec l'emplacement réel, l'option de circulation d'air autour du radiateur qui est également importante est manquée (il est nécessaire de prévoir un espace minimum de 12 cm entre le sol et le radiateur, de manière à éviter la perte de chaleur dans la pièce) [19]. Comme dans notre cas les murs ne sont pas bien isolés, pour cela il existe une méthode assez simple pour diminuer les pertes énergétiques tout en améliorant l'efficacité du radiateur.

Que l'on peut installer des isolants multirélecteurs en aval des radiateurs :

- ✓ L'isolation multirélecteur est un placage d'aluminium qui réfléchit jusqu'à 95% du rayonnement infrarouge des corps chauds.

- ✓ L'isolant multiréflécteur réfléchit la chaleur vers la pièce au lieu de la laisser s'échapper vers l'extérieur.

La température augmente plus rapidement lorsque le chauffage est enclenché, de sorte que la température de l'eau de la chaudière peut baisser de 5 à 7°C. Cela réduit la consommation d'énergie.

4.2 Etude Économique/Énergétique de la faculté de technologie

4.2.1 Devis actuel pour la facturation de l'électricité et du gaz

Il me semble logique de commencer par la partie financière et combien d'argent l'université de Tlemcen paye juste pour l'électricité et le gaz naturel après cela la faculté de technologie spécialement, alors pour cela nous cherchons les factures de Sonalgaz pour les 3 dernières années après cela et avec l'aide de quelques ingénieurs de cette société nous avons compris comment ils calculent cet énorme montant d'argent par an.

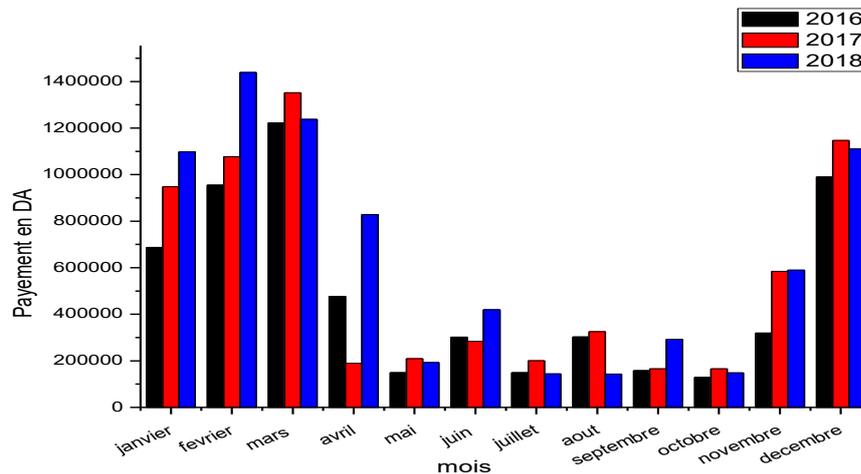


Figure 4.5 : Etat de paiement SONALGAZ du gaz naturel pour l'université

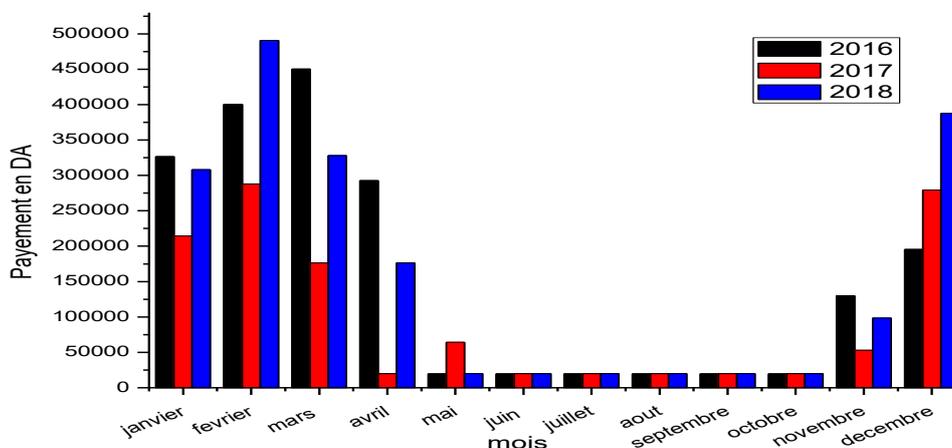


Figure 4.6 : Etat de paiement SONALGAZ du gaz naturel pour la faculté de technologie

Interprétation :

Dans ces graphes, nous voyons la relation causale qui existe entre la consommation d'énergie sur le site et le côté économique en ce qui concerne toute l'université et la faculté de technologie, comme nous l'avons dit précédemment, nous pouvons concevoir l'année en 3 périodes et cela dépend de l'utilité de l'énergie et en particulier la durée au cours de laquelle les étudiants font leur formation, de la faculté. Mais ce qui est le plus important et sensible dans ce cas précis, c'est le budget que l'université doit fournir, ce que nous allons voir exactement dans le tableau suivant :

	2016	2017	2018
Université de Tlemcen	26 019 787,10	25 235 580,80	28 627 640,64
Faculté de technologie	3 920 574,40	3 175 033,97	3 980 728,81

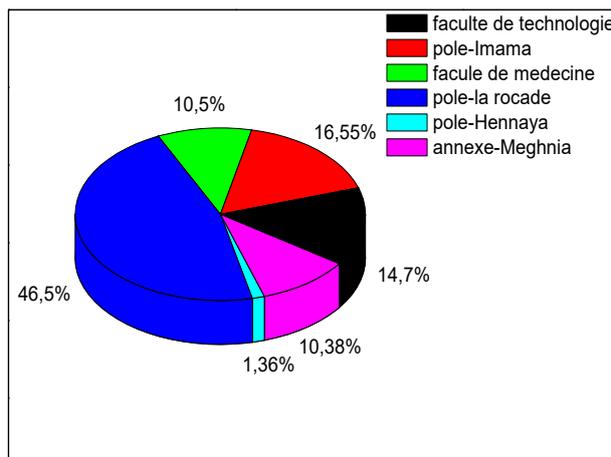


Figure 4.7 : Etat de paiement SONALGAZ 2016

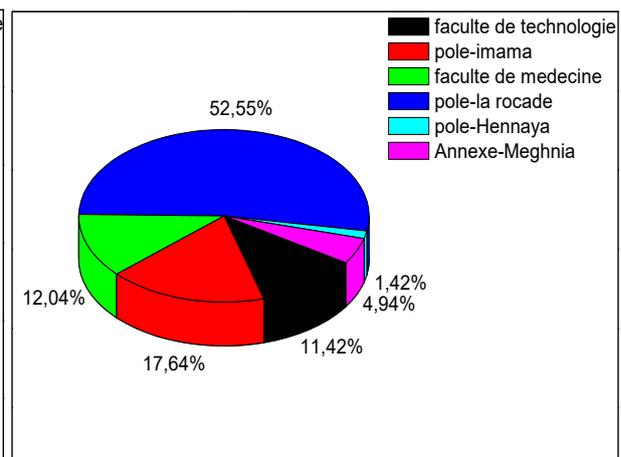


Figure 4.8 : Etat de paiement SONALGAZ 2017

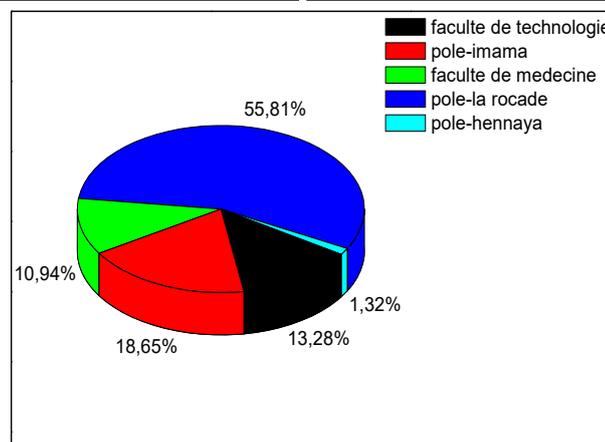


Figure 4.9 : Etat de paiement SONALGAZ 2018

Chapitre 04 : Analyse Technico-économique

Des études qui estiment la valeur de la facture d'électricité et de gaz de la faculté, les données de l'enquête précitée sont collectées auprès du département de facturation du rectorat. On a mené les relevés entre 2016 et 2018, ce qui nous montre que la faculté de technologie a été la troisième plus grande consommatrice d'énergie en 2016-2018 et 2017 a été une exception parce que la grève qui a fait des effets pendant la période, comme on peut voir le montant des sommes que la faculté paie,

Ainsi, notre objectif est principalement de réduire ces factures et de les réutiliser dans des applications plus pratiques telles que la recherche, la rénovation, la formation...etc. et pour évaluer exactement le budget, nous allons utiliser un logiciel appelé RETScreen.

4.2.2 Aperçu général du logiciel RETScreen

Ressource naturelle Canada a développé ce logiciel pour l'analyse de faisabilité de projets d'énergie propre, y compris les technologies éco-énergétiques et les systèmes d'énergie renouvelable comme l'énergie éolienne, photovoltaïque, le chauffage à la biomasse, le chauffage à l'énergie solaire, le chauffage à énergie solaire, le chauffage solaire à l'eau, le chauffage solaire passif et les pompes géothermiques [25]. A été mis sur le marché par RETScreen, un programme qui est à l'usage public et dont les produits sont destinés aux projets de cogénération et aux technologies à efficacité énergétique. Le logiciel a été développé dans le programme Microsoft Excel. Les utilisateurs peuvent sélectionner chaque projet technologique en fonction de leurs études de faisabilité. Chaque projet technologique a une procédure standard avec la même analyse en cinq étapes du modèle énergétique :

- Analyse des coûts,
- L'analyse des gaz à effet de serre (GES),
- Résumé financier,
- Sensibilité
- Les analyses de risques.

La figure 4.10 représente l'analyse standard en cinq étapes du projet dans l'organigramme du modèle RETScreen. Chacune des cinq étapes de la procédure standard est associée à une ou plusieurs pages de travail Excel.

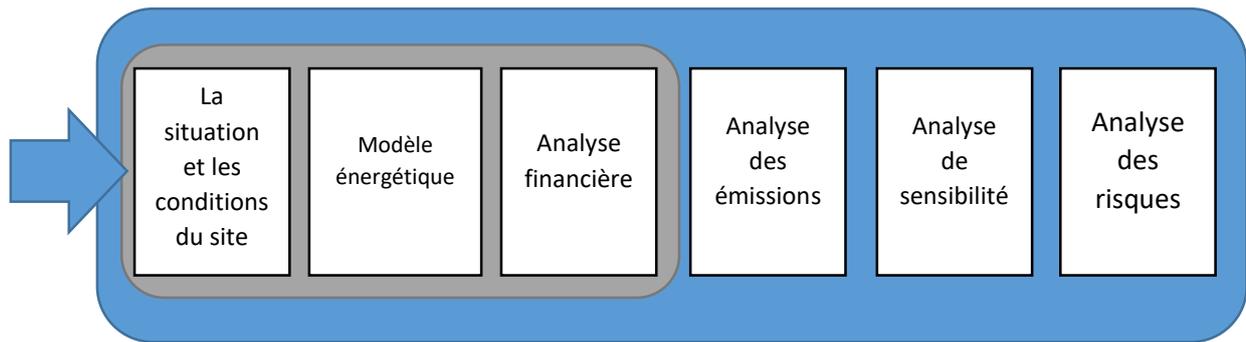


Figure 4.10 : les 2 méthodes d'analyse standard du modèle

Dans la fiche de travail et les sous-fiches de travail du modèle énergétique, les paramètres sont utilisés pour décrire l'emplacement du projet, le type de système pour le scénario de base et le scénario proposé, les contraintes comme le chauffage, le refroidissement, les charges électriques, les installations d'énergie renouvelable et les autres. La production annuelle d'énergie ou les économies d'énergie sont calculées dans la même fiche. L'algorithme associé à chaque technique est décrit dans le manuel RETScreen et leur performance a été validée [24].

Dans la feuille de travail de l'analyse des coûts, les utilisateurs entrent les coûts initiaux et les coûts d'entretien annuels ou périodiques du système de gestion des cas proposé.

Pour calculer divers indicateurs financiers de la valeur actuelle nette (VAN), etc. La feuille de travail de l'analyse de sensibilité et de risque aide les utilisateurs à déterminer l'incertitude des estimations des divers paramètres clés utilisés dans le projet. Les résultats de RETScreen ont été validés en comparant les éléments suivants :

Pour le modèle PV solaire de RETScreen, l'option du modèle hors réseau RETScreen ont été évaluées par des chercheurs financés par les par rapport à un modèle horaire appelé HOMER. HOMER est un logiciel développé par le NREL qui utilise des simulations horaires pour optimiser la conception de systèmes d'alimentation hybrides. Comparaison d'énergie pour un système photovoltaïque a montré une différence de 5 % qui montre que le modèle PV de RETScreen est adéquat pour les études de préfaisabilité. [24]

Ou d'un modèle de chauffage solaire de l'eau dans RETScreen, les résultats de la prévision ont été validés en les comparant à un modèle horaire et à des données vérifiées. Un logiciel appelé WATSUN est un outil de simulation horaire pour les chauffe-eau solaires. L'énergie annuelle fournie par RETScreen a été comparée aux résultats de simulation de WATSUN pour un chauffe-eau solaire pour un système d'eau chaude pour consommation

Chapitre 04 : Analyse Technico-économique

domestique typique, la différence entre RETScreen et WATSUN étant de 0,1 % pour ce cas. Le modèle de chauffe-eau solaire RETScreen a été validé en comparant les données réelles surveillées par tomographie qui ont été prélevées sur 10 systèmes au Canada. Les résultats ont montré que les différences allaient de 15 % à 29 % qui peuvent être considérées comme adéquates pour les études de pré faisabilité. Le modèle GSHP de RETScreen a également démontré un bon rendement comparativement à ceux des outils de simulation détaillés [24].

La validation des prévisions d'énergie de RETScreen ne serait pas le but principal de cette étude alors que l'objectif principal de l'étude est de développer une méthode pour une isolation optimale avec RETScreen. RETScreen a calculé le coût additionnel et l'économie pour les améliorations, d'une valeur initiale à une valeur de mise à niveau.

The image shows the first page of the RETScreen simulation software interface. It is divided into two main sections: 'Information sur le projet' and 'Conditions de référence du site'. The 'Information sur le projet' section contains various input fields for project details, such as 'Nom du projet' (Administration), 'Lieu du projet' (Tlemcen), 'Préparé pour' (PFE), 'Préparé par' (Benmostefa/Behadi), 'Type de projet' (Mesures d'efficacité énergétique), 'Type d'établissement' (Institutionnel), 'Type d'analyse' (Méthode 1), 'Pouvoir calorifique de référence' (Pouvoir calorifique supérieur (PCS)), 'Afficher paramètres' (checked), 'Langue - Language' (French - Français), 'Manuel de l'utilisateur' (French - Français), 'Devise' (Algérie), and 'Unités' (Unités métriques). The 'Conditions de référence du site' section includes a button to 'Choisir le lieu des données climatiques', a field for 'Lieu des données climatiques' (Tlemcen/Zenata), and an 'Afficher information' checkbox (unchecked). At the bottom, there are logos for NASA, PNUF, GEF, and reeep, along with a link to 'Compléter la feuille Modèle énergétique'.

Information sur le projet		Voir la Base de données de projets
Nom du projet	Administration	
Lieu du projet	Tlemcen	
Préparé pour	PFE	
Préparé par	Benmostefa/Behadi	
Type de projet	Mesures d'efficacité énergétique	
Type d'établissement	Institutionnel	
Type d'analyse	Méthode 1	
Pouvoir calorifique de référence	Pouvoir calorifique supérieur (PCS)	
Afficher paramètres	<input checked="" type="checkbox"/>	
Langue - Language	French - Français	
Manuel de l'utilisateur	French - Français	
Devise	Algérie	
Unités	Unités métriques	

Conditions de référence du site		Choisir le lieu des données climatiques
Lieu des données climatiques	Tlemcen/Zenata	
Afficher information	<input type="checkbox"/>	

NASA PNUF GEF reeep [Compléter la feuille Modèle énergétique](#)

Figure 4.10 : 1^{er} page dans la simulation

Chapitre 04 : Analyse Technico-économique

RETScreen

Pays - région: Algérie

Province / État: n/a

Lieu des données climatiques: Tlemcen/Zenata

Latitude: 35,0 °N

Longitude: -1,5 °E

Élévation: 247 m

Température extérieure de calcul de chauffage: 3,2 °C

Température extérieure de calcul de climatisation: 34,1 °C

Amplitude des températures du sol: 13,3 °C

Source: Sol

	Température de l'air °C	Humidité relative %	Rayonnement solaire quotidien - horizontal kWh/m²/j	Pression atmosphérique kPa	Vitesse du vent m/s	Température du sol °C	Degrés-jours de chauffage °C-j	Degrés-jours de climatisation °C-j
Janv	10,2	73,5%	2,98	98,0	1,9	12,6	242	6
Févr	11,2	73,9%	3,92	97,9	2,0	13,7	190	34
Mars	13,4	72,0%	5,14	97,7	2,0	15,8	143	105
Avr	15,3	66,8%	6,56	97,4	2,4	18,0	81	159
Mai	18,4	65,7%	7,15	97,4	2,4	21,3	0	260
Juin	22,4	61,6%	7,65	97,5	2,5	25,5	0	372
Juill	25,6	58,2%	7,57	97,5	2,4	28,2	0	484
Août	26,1	59,2%	6,89	97,5	2,3	28,3	0	499
Sept	23,1	64,9%	5,75	97,5	2,1	25,5	0	393
Oct	19,2	69,6%	4,29	97,6	1,9	21,7	0	285
Nov	14,8	71,7%	3,14	97,7	2,1	17,0	96	144
Déc	11,6	73,9%	2,65	97,9	2,1	13,8	198	50
Annuel	17,7	67,6%	5,31	97,6	2,2	20,2	950	2 791
Source	Sol	Sol	NASA	NASA	Sol	NASA	Sol	Sol

Mesuré à: m

Figure 4.11 : lieu et données climatiques

Combustibles et horaires

Afficher information

Combustible	Type de combustible 1	Type de combustible 2	Type de combustible 3	Type de combustible 4	Type de combustible 5	Type de combustible 6
Type de combustible	Electricité	Gaz naturel - kWh				
Consommation de combustible - unité	MWh	kWh				
Prix du combustible - unité	DZD/kWh	DZD/kWh				
Prix du combustible	4,250	0,455				

Horaira	Unité	Horaira 1	Horaira 2	Horaira 3	Horaira 4	Horaira 5	Horaira 6
Description		24/7					
Température de consigne - chauffage	°C	24,0	Occupé	Occupé	Occupé	Occupé	Occupé
Température de consigne - climatisation	°C	24,0					
Variation de température - locaux inoccupés	+/-°C						
Taux d'occupation - quotidien	h/j	24					
Lundi		24					
Mardi		24					
Mercredi		24					
Jeudi		24					
Vendredi		24					
Samedi		24					
Dimanche		24					
Taux d'occupation - annuel	h/an	8 760					
	%	100%					
Température de transition chauffage/climatisation	°C	16,0					
Longueur de la saison de chauffage	j	136					
Longueur de la saison de climatisation	j	229					

Figure 4.12 : Modèle énergétique

Chapitre 04 : Analyse Technico-économique

Caractéristiques de l'établissement		Afficher information							
Afficher:	Chaleur	Froid	Électricité	Surcoûts à l'investissement	Coûts économisés en combustible	Économies d'exploitation et entretien	Retour simple	Inclure la mesure ?	
Combustible économisé	GJ	GJ	GJ	DZD	DZD	DZD	an	<input type="checkbox"/>	
Système de production de chaleur									
Système de production de froid									
Enveloppe du bâtiment									
fenêtres	0	0	-	5 388 983	0	0	-	<input checked="" type="checkbox"/>	
Ventilation									
Éclairage									
LED	-	-	23	661 440	27 116	6 240 000	0,1	<input checked="" type="checkbox"/>	
Équipements électriques									
Eau chaude									
Pompes									
Ventilateurs									
Moteurs									
Électricité de procédé									
Chaleur de procédé									
Vapeur de procédé									
Pertes de vapeur									
Récupération de chaleur									
Air comprimé									
Réfrigération									
Autre									
Total	0	0	23	6 050 423	27 116	6 240 000	0,97		

Figure 4.13 : Modifications possibles

4.3 Cas étudié :

- Bloc A

	Nord	Sud	Est	Ouest
Pourcentage de fenêtres	34.2601	33.5853	28.23	11.354
Nombre des fenêtres	224	288	64	39

- Bloc B

	Nord	Sud	Est	Ouest
Pourcentage de fenêtres	34.125	36.927	24.132	21.315
Nombre des fenêtres	94	112	53	43

- Bloc C

	Nord	Sud	Est	Ouest
Pourcentage de fenêtres	33.158	37.214	20.035	18.335
Nombre des fenêtres	31	36	8	6

- Pauwes

	Nord	Sud	Est	Ouest
Pourcentage de fenêtres	28.149	26.23	35.124	22.231
Nombre des fenêtres	56	43	12	25

- Labo de recherche

	Nord	Sud	Est	Ouest
Pourcentage de fenêtres	40.151	35.214	33.584	34.325
Nombre des fenêtres	94	64	38	46

Chapitre 04 : Analyse Technico-économique

- Télé-enseignement

	Nord	Sud	Est	Ouest
Pourcentage de fenêtres	44.851	34.214	12.613	0
Nombre des fenêtres	72	96	5	0

- Bibliothèque

	Nord	Sud	Est	Ouest
Pourcentage de fenêtres	45.66	32.025	69.213	33.125
Nombre des fenêtres	67	12	102	34

- Sclarité

	Nord	Sud	Est	Ouest
Pourcentage de fenêtres	23.254	22.351	30.071	25.684
Nombre des fenêtres	6	5	8	13

- Administration

	Nord	Sud	Est	Ouest
Pourcentage de fenêtres	15.057	13.291	38.124	36.249
Nombre des fenêtres	6	8	84	88

- Labo d'automatique

	Nord	Sud	Est	Ouest
Pourcentage de fenêtres	29.84	27.13	24.578	36.214
Nombre des fenêtres	94	122	62	54

- Labo

	Nord	Sud	Est	Ouest
Pourcentage de fenêtres	24.813	32.149	19.584	17.87
Nombre des fenêtres	84	65	8	25

- Département d'architecteur

	Nord	Sud	Est	Ouest
Pourcentage de fenêtres	48.314	30.19	25.518	31.247
Nombre des fenêtres	92	72	6	12

- Hall technologique

	Nord	Sud	Est	Ouest
Pourcentage de fenêtres	23.247	24.051	22.108	26.098
Nombre des fenêtres	12	8	10	6

Chapitre 04 : Analyse Technico-économique

- Salle de conférence

	Nord	Sud	Est	Ouest
Pourcentage de fenêtres	0	0	23.25	19.021
Nombre des fenêtres	0	0	6	30

- Bureau de sécurité

	Nord	Sud	Est	Ouest
Pourcentage de fenêtres	0	0	18.348	20.14
Nombre des fenêtres	0	0	8	13

- Les amphis

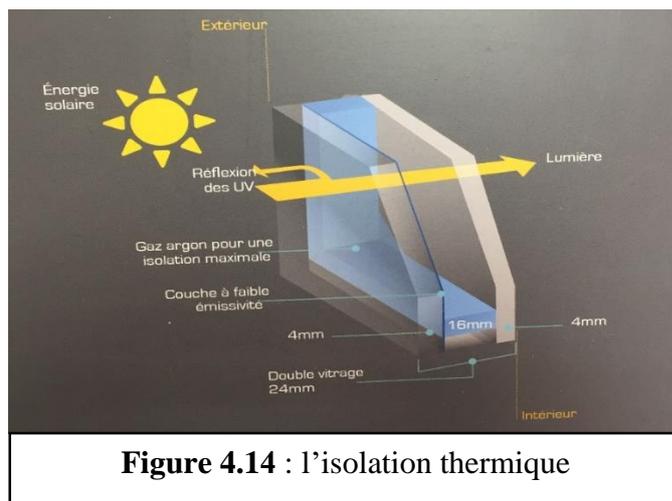
	Nord	Sud	Est	Ouest
Pourcentage de fenêtres	20.01	18.47	23.452	23.57
Nombre des fenêtres	8	10	12	11

- **Type des fenêtres :**

Lors de notre simulation, une fenêtre a double vitrage d'oxxo, qui est une annexe de la société Cevital, qui a été choisi.

Les performances de ces fenêtres sont :

-Performance thermique : $1,5 < U_w \leq 1,8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, avec double vitrage standard (4/16argon/4FE), 24 ou 40 mm d'épaisseur selon l'isolation désirée, certification Acotherm Th11.



-Performances acoustiques : de 30 à 41dB. Classification de AC1 à AC4, selon le vitrage utilisé.

-Etanchéité à l'air, à l'eau et au vent : Classification AEV : A*3, E*7A, V*A2.

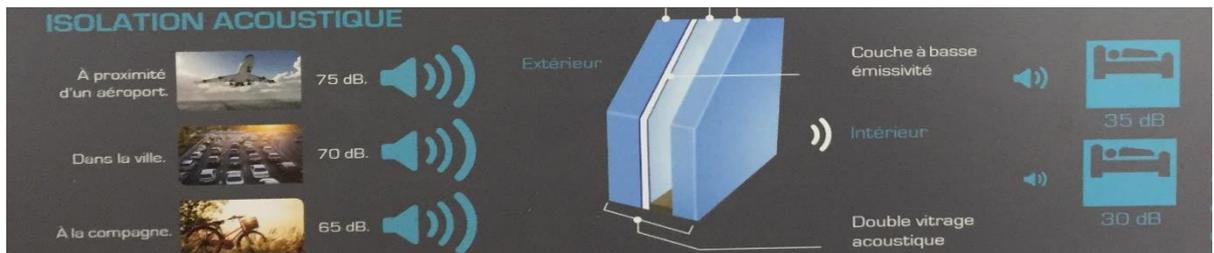


Figure 4.15 : l'isolation acoustique



Figure 4.16 : une fenêtre a double vitrage d'oxxo

- **L'éclairage :**

Dans ses simulations et afin d'améliorer l'efficacité énergétique de la faculté on a préféré remplacer le tube lumineux actuel par un autre type de tube appelé LED, la société LUXY a été retenu pour la fabrication et la mise en place de ce produit et le tableau ci-dessous donne de plus amples informations sur le produit :

Chapitre 04 : Analyse Technico-économique

Modèle		Puissance (W)	Lumens	Durée de vie (h)	Garantie (ans)	Prix (Da)
A60		9	810	20000	2	200
A60+Dimmable		9	850	40000	2	335
Flamme		5	400	25000	2	335
Spot		6	550	20000	2	340
Tube court		9	900	20000	2	405
Tube long		18	1800	20000	2	540
Plafonnier 6W		6	380	20000	2	385
Plafonnier 15W		15	1050	20000	2	580

Tableau 4.1 : caractéristiques des modelés disponibles

Chapitre 04 : Analyse Technico-économique

Résultats :

Pour le Bloc A :

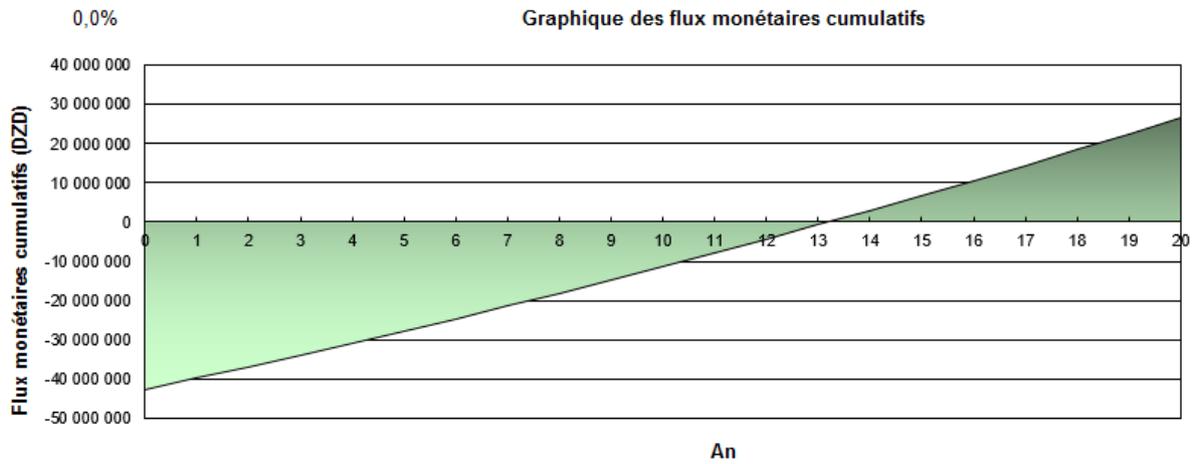


Figure 4.17 :la rentabilité du projet avec le prix actuel de l'électricité

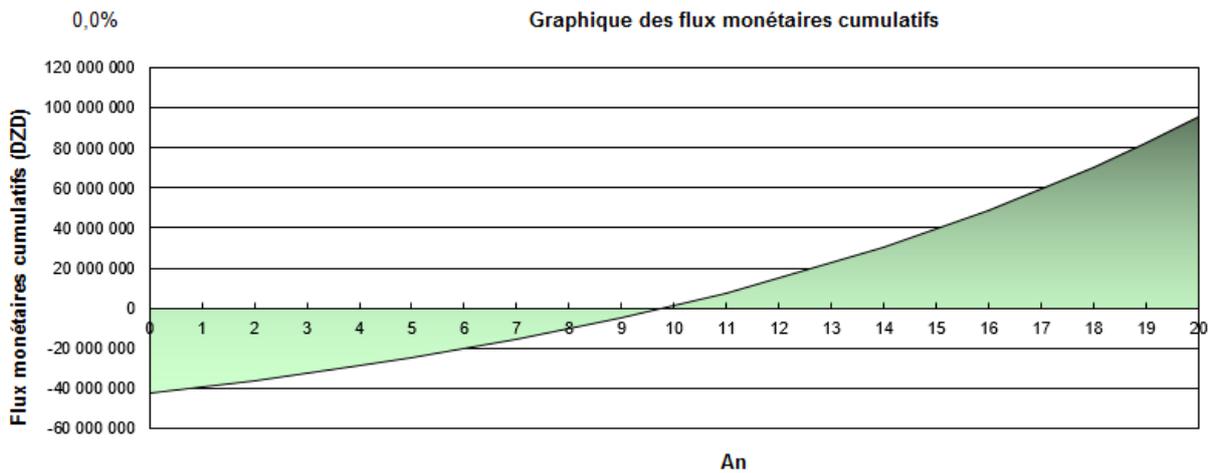


Figure 4.18 :la rentabilité du projet avec la future tarification de l'électricité

Total des coûts d'investissement (Da)	Taux d'inflation (%)	Durée de vie du projet (an)	TRI avant impôt - actifs (%)	Retour simple (an)	Retour sur les capitaux propres (an)	Gain après 20 ans (Da)
42 684 176	2	20	4,8 / 11	15.2	13.2 / 9.8	28 000 000

Chapitre 04 : Analyse Technico-économique

Pour le Bloc B :

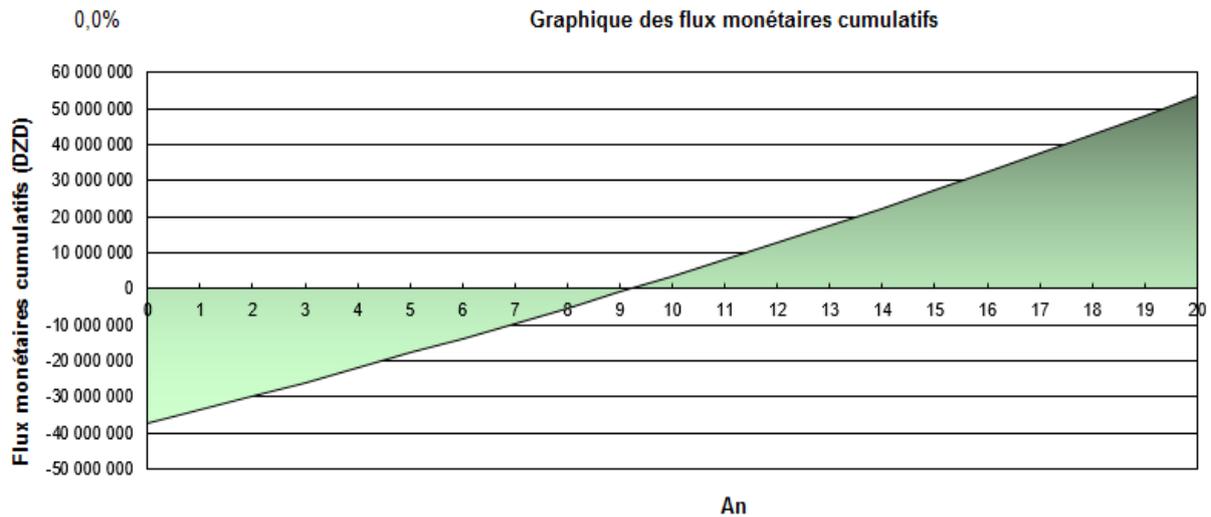


Figure 4.19 :la rentabilité du projet avec le prix actuel de l'électricité

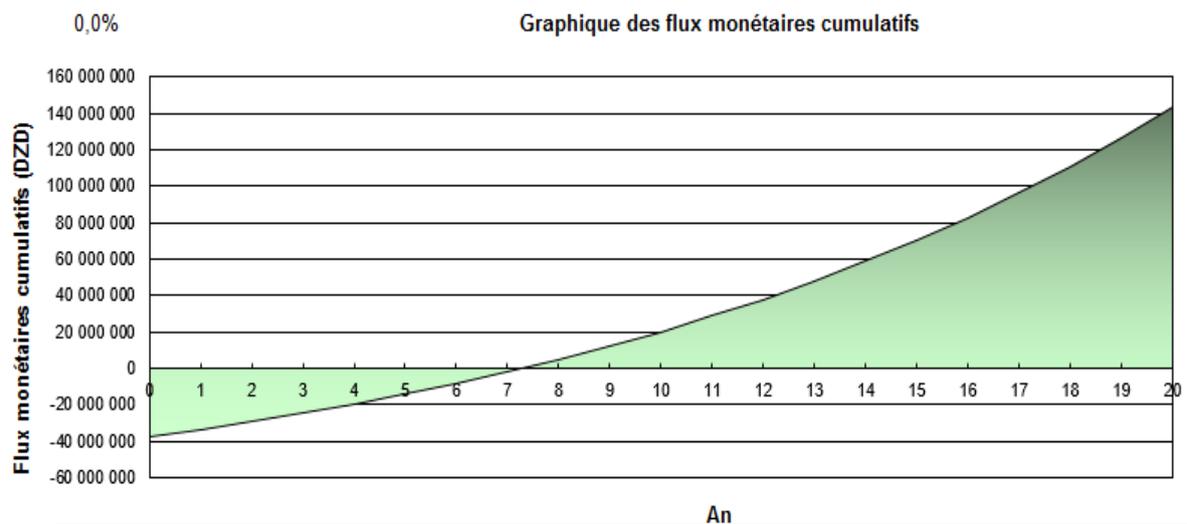


Figure 4.20 :la rentabilité du projet avec la future tarification de l'électricité

Total des coûts d'investissement (Da)	Taux d'inflation (%)	Durée de vie du projet (an)	TRI avant impôt - actifs (%)	Retour simple (an)	Retour sur les capitaux propres (an)	Gain après 20 ans (Da)
37 398 355	2	20	9,6/ 16.1	10.2	9.2 / 7.3	53 000 000

Chapitre 04 : Analyse Technico-économique

Pour le Bloc C :

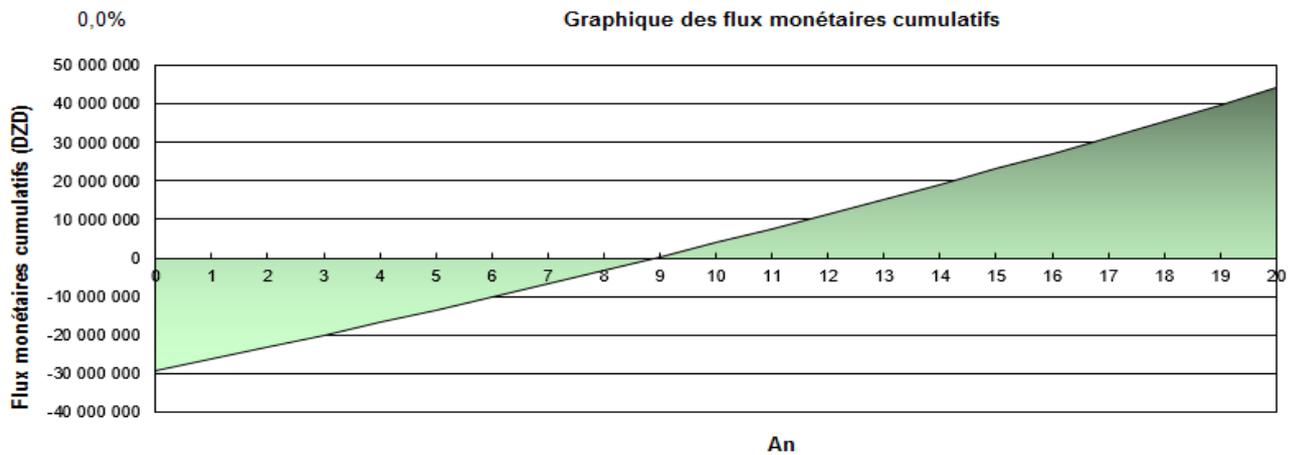


Figure 4.21 :la rentabilité du projet avec le prix actuel de l'électricité

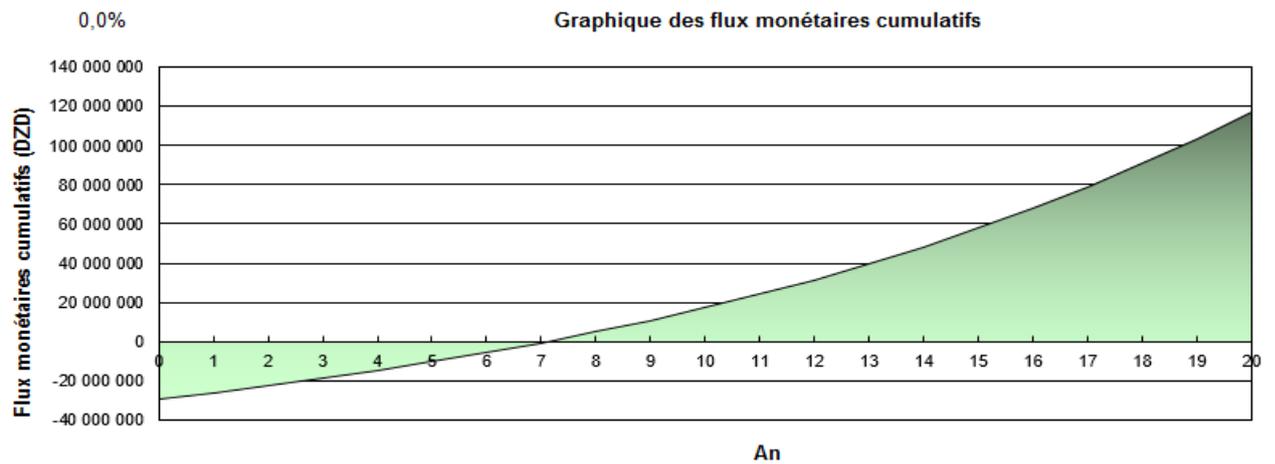


Figure 4.22 :la rentabilité du projet avec la future tarification de l'électricité

Total des coûts d'investissement (Da)	Taux d'inflation (%)	Durée de vie du projet (an)	TRI avant impôt - actifs (%)	Retour simple (an)	Retour sur les capitaux propres (an)	Gain après 20 ans (Da)
29 239 126	2	20	10,1/ 16.6	9.9	8.9 / 7.1	44 000 000

Chapitre 04 : Analyse Technico-économique

Pour l'administration :

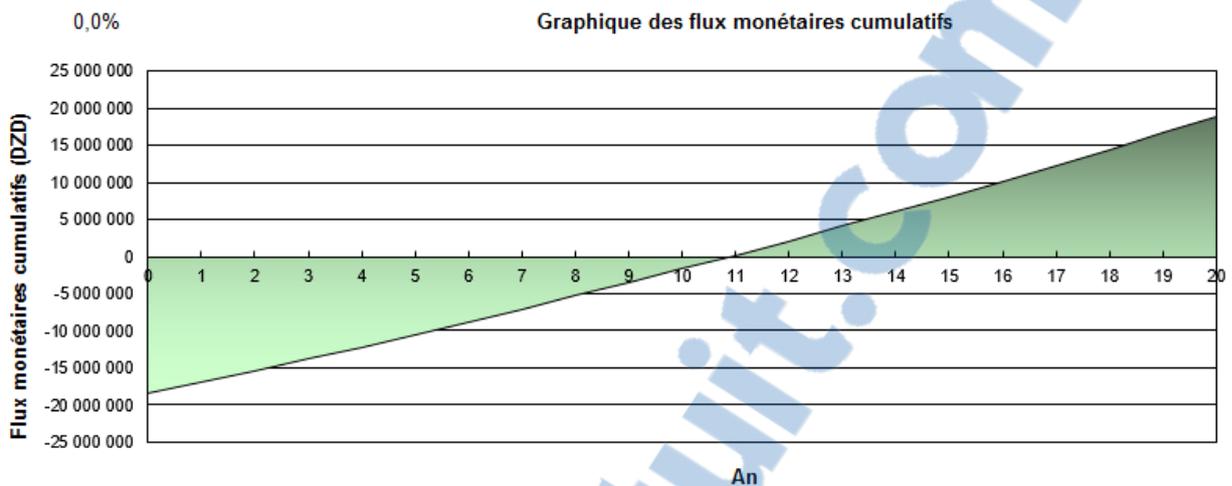


Figure 4.23 : la rentabilité du projet avec le prix actuel de l'électricité

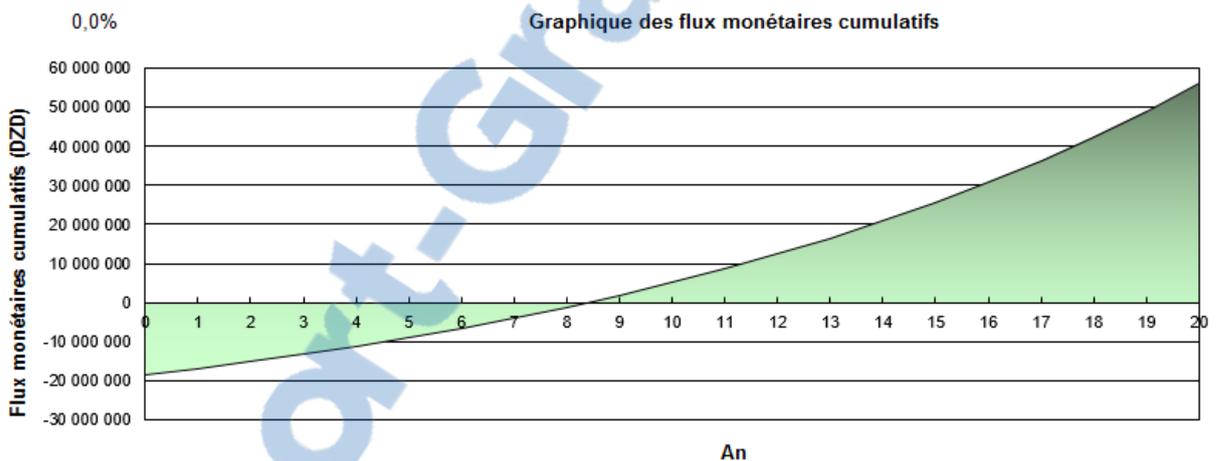


Figure 4.24 : la rentabilité du projet avec la future tarification de l'électricité

Total des coûts d'investissement (Da)	Taux d'inflation (%)	Durée de vie du projet (an)	TRI avant impôt - actifs (%)	Retour simple (an)	Retour sur les capitaux propres (an)	Gain après 20 ans (Da)
18 530 423	2	20	7,3 / 13.6	12.3	10.9 / 8.4	19 000 000

Chapitre 04 : Analyse Technico-économique

Pour le bureau de sécurité :

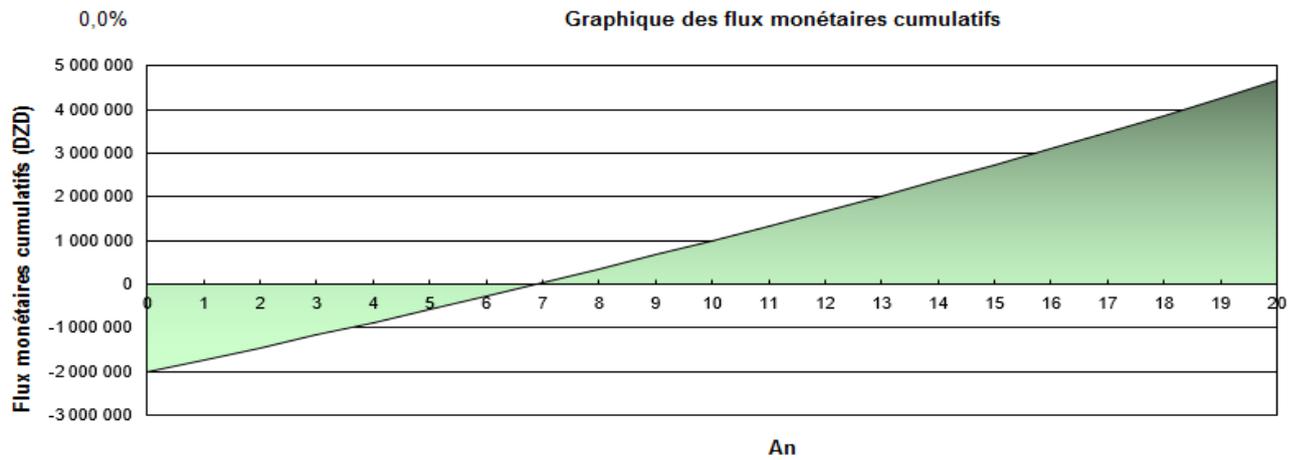


Figure 4.25 :la rentabilité du projet avec le prix actuel de l'électricité

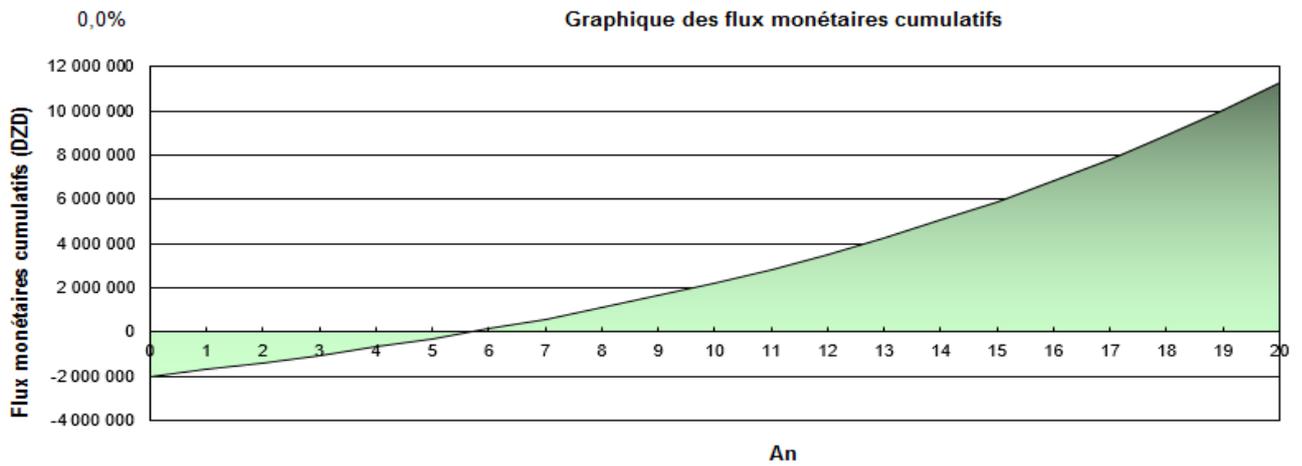


Figure 4.26 :la rentabilité du projet avec la future tarification de l'électricité

Total des coûts d'investissement (Da)	Taux d'inflation (%)	Durée de vie du projet (an)	TRI avant impôt - actifs (%)	Retour simple (an)	Retour sur les capitaux propres (an)	Gain après 20 ans (Da)
2 012 525	2	20	14,2 / 20.9	7.5	6.9 / 5.7	4 800 000

Pour le département de l'architecture :

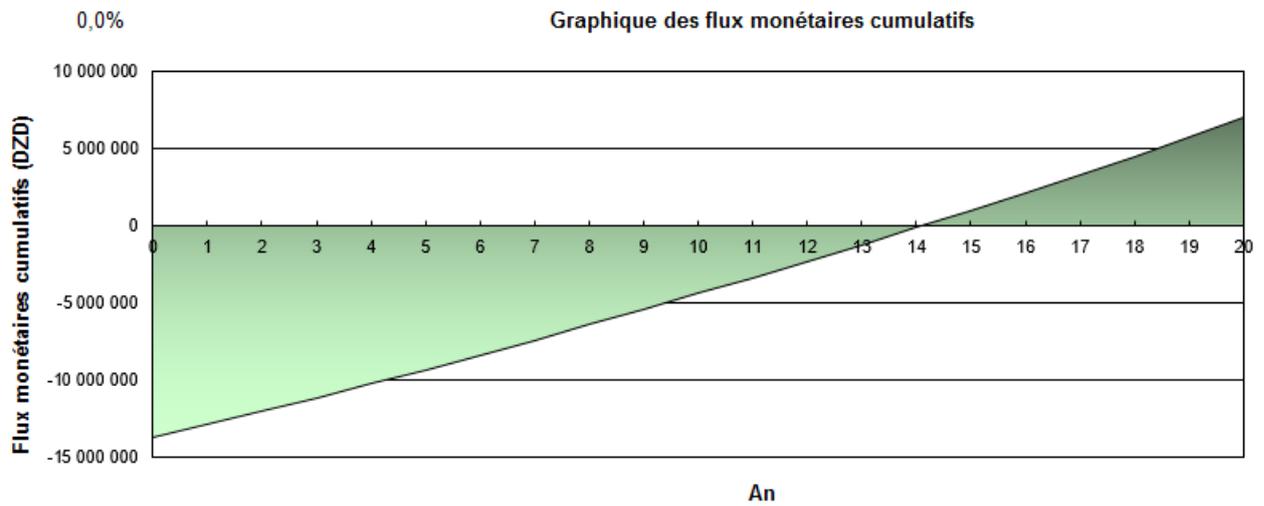


Figure 4.27 : la rentabilité du projet avec le prix actuel de l'électricité

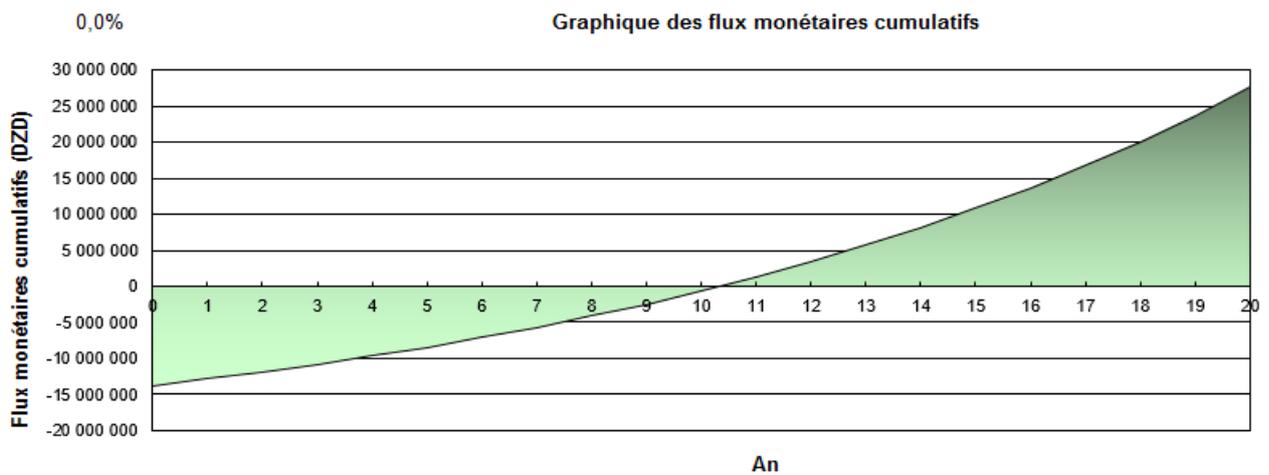


Figure 4.28 : la rentabilité du projet avec la future tarification de l'électricité

Total des coûts d'investissement (Da)	Taux d'inflation (%)	Durée de vie du projet (an)	TRI avant impôt - actifs (%)	Retour simple (an)	Retour sur les capitaux propres (an)	Gain après 20 ans (Da)
13 771 039	2	20	4,0 / 10.1	16.4	14.1 / 10.3	7 000 000



Pour le Hall technologique :

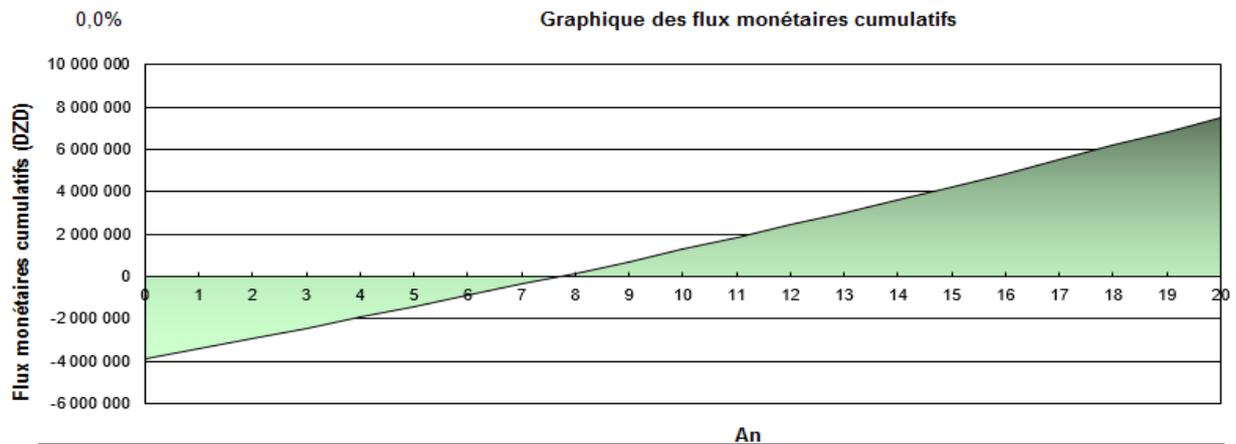


Figure 4.29 : la rentabilité du projet avec le prix actuel de l'électricité

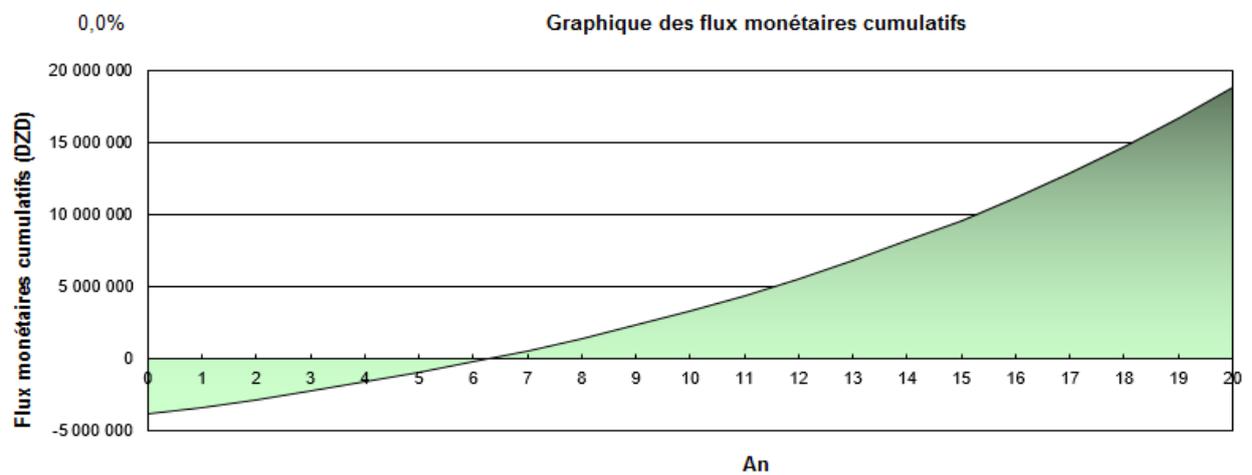


Figure 4.30 : la rentabilité du projet avec la future tarification de l'électricité

Total des coûts d'investissement (Da)	Taux d'inflation (%)	Durée de vie du projet (an)	TRI avant impôt - actifs (%)	Retour simple (an)	Retour sur les capitaux propres (an)	Gain après 20 ans (Da)
3 865 025	2	20	12,4 / 19	8.4	7.7 / 6.3	7 800 000

Chapitre 04 : Analyse Technico-économique

Pour les labos de recherche :

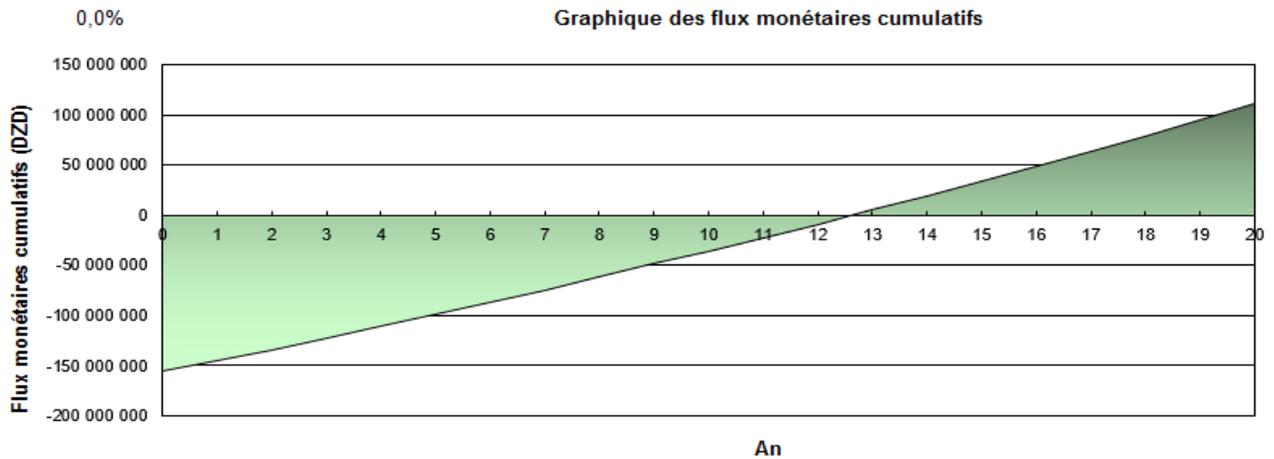


Figure 4.31 :la rentabilité du projet avec le prix actuel de l'électricité

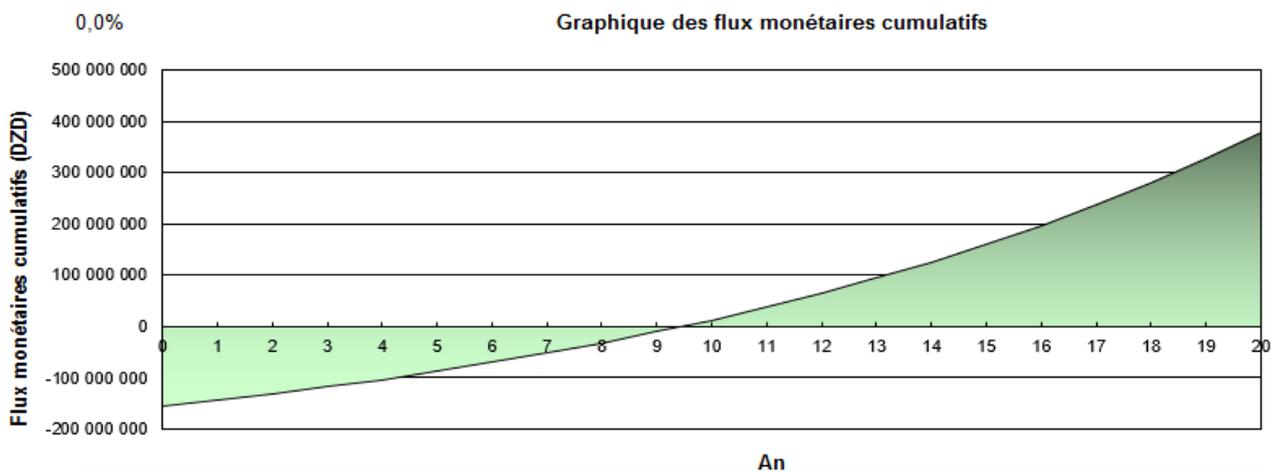


Figure 4.32 :la rentabilité du projet avec la future tarification de l'électricité

Total des coûts d'investissement (Da)	Taux d'inflation (%)	Durée de vie du projet (an)	TRI avant impôt - actifs (%)	Retour simple (an)	Retour sur les capitaux propres (an)	Gain après 20 ans (Da)
156 162 015	2	20	5,4 / 11.5	14.5	12.6 / 9.6	110 000 000

Pour les labos :

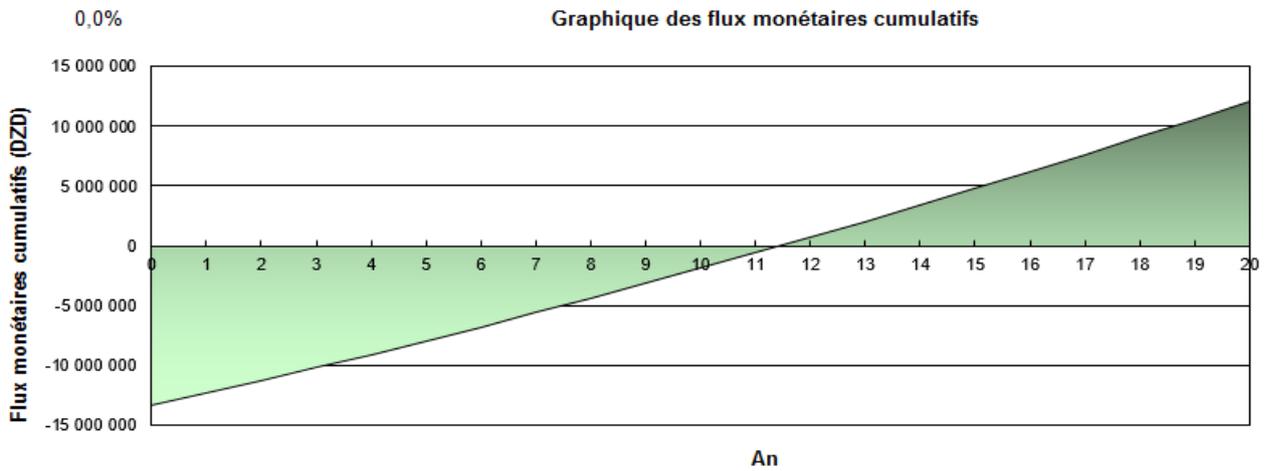


Figure 4.33 : la rentabilité du projet avec le prix actuel de l'électricité

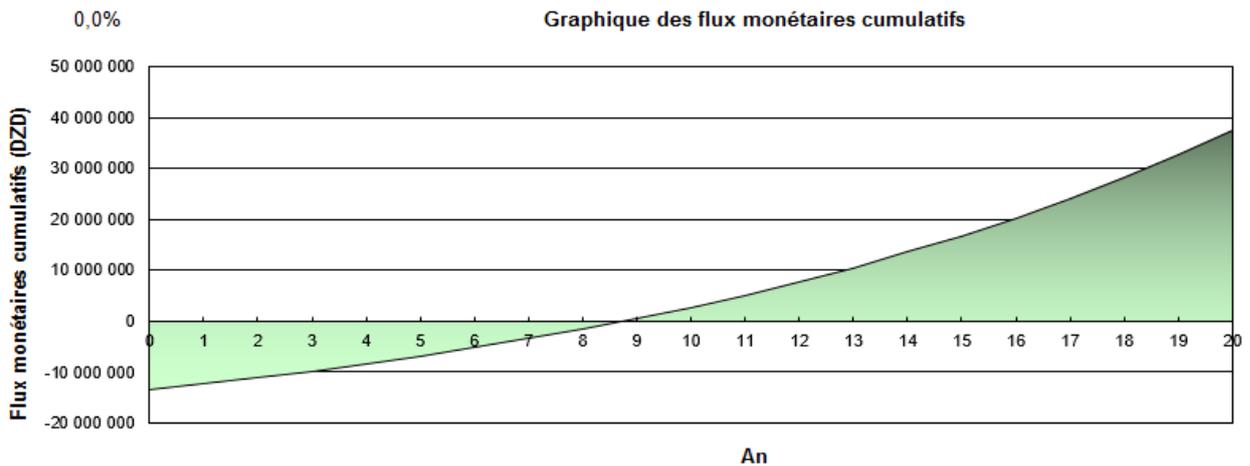


Figure 4.34 : la rentabilité du projet avec la future tarification de l'électricité

Total des coûts d'investissement (Da)	Taux d'inflation (%)	Durée de vie du projet (an)	TRI avant impôt - actifs (%)	Retour simple (an)	Retour sur les capitaux propres (an)	Gain après 20 ans (Da)
13 414 520	2	20	6,6 / 12.8	13	11.5 / 8.8	12 000 000

Chapitre 04 : Analyse Technico-économique

Pour les labos d'automatiques :

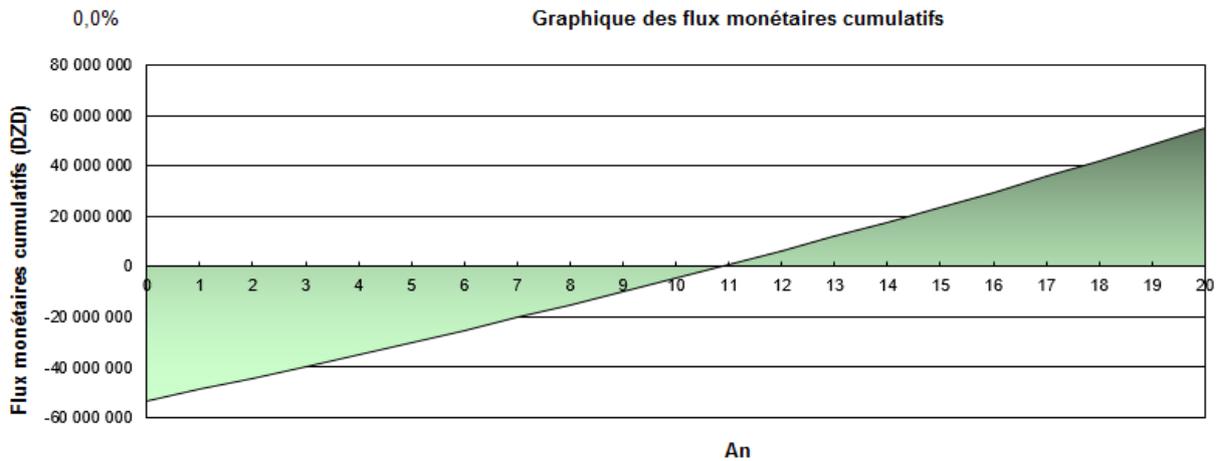


Figure 4.35 :la rentabilité du projet avec le prix actuel de l'électricité

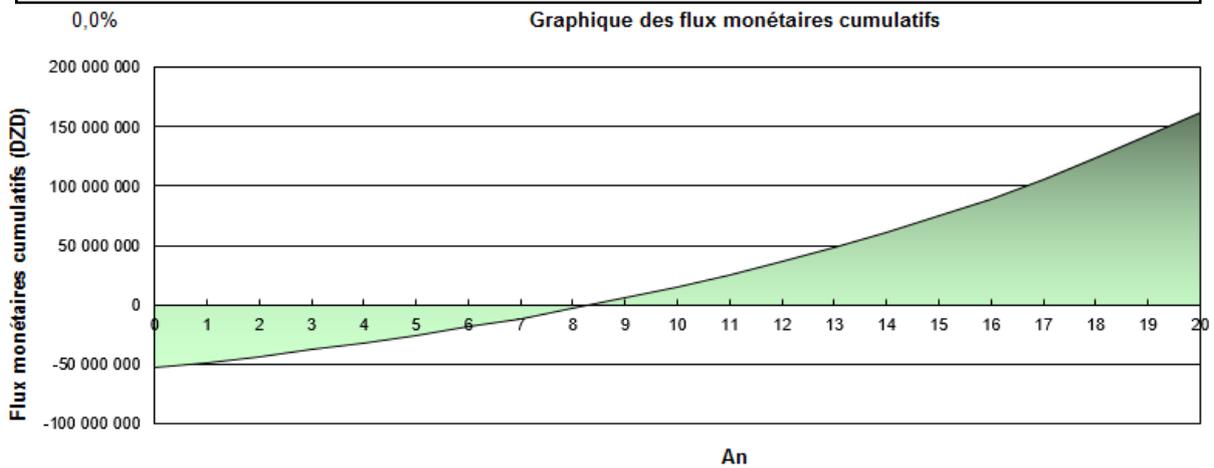


Figure 4.36 :la rentabilité du projet avec la future tarification de l'électricité

Total des coûts d'investissement (Da)	Taux d'inflation (%)	Durée de vie du projet (an)	TRI avant impôt - actifs (%)	Retour simple (an)	Retour sur les capitaux propres (an)	Gain après 20 ans (Da)
53 493 693	2	20	7,3 / 13.6	12.2	10.9 / 8.4	58 000 000

Chapitre 04 : Analyse Technico-économique

Pour les amphis :

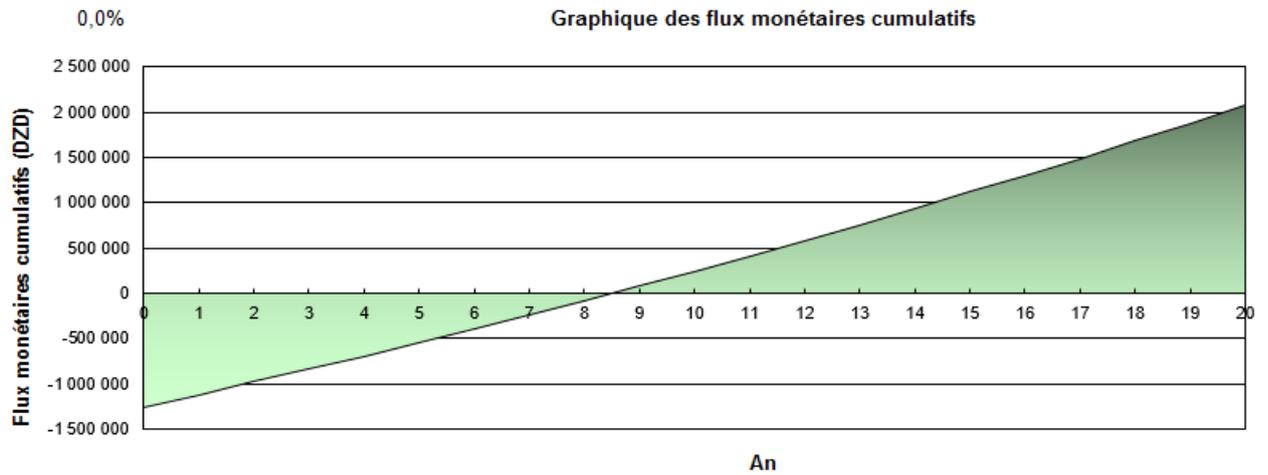


Figure 4.37 : la rentabilité du projet avec la future tarification de l'électricité

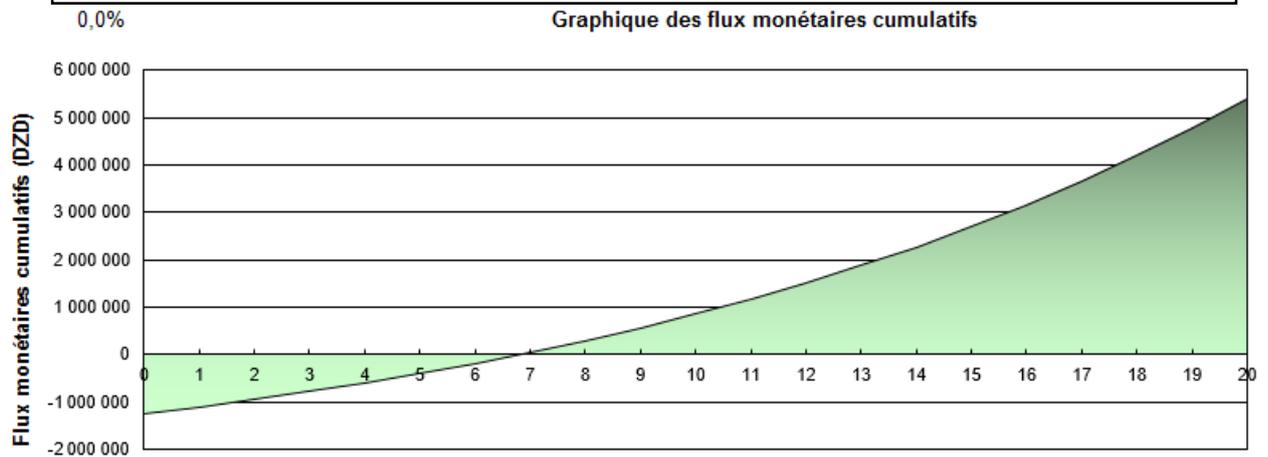


Figure 4.38 : la rentabilité du projet avec la future tarification de l'électricité

Total des coûts d'investissement (Da)	Taux d'inflation (%)	Durée de vie du projet (an)	TRI avant impôt - actifs (%)	Retour simple (an)	Retour sur les capitaux propres (an)	Gain après 20 ans (Da)
1 258 784	2	20	10,8 / 17,3	9,4	8,5 / 6,8	2 100 000

Chapitre 04 : Analyse Technico-économique

Pour Pauwes :

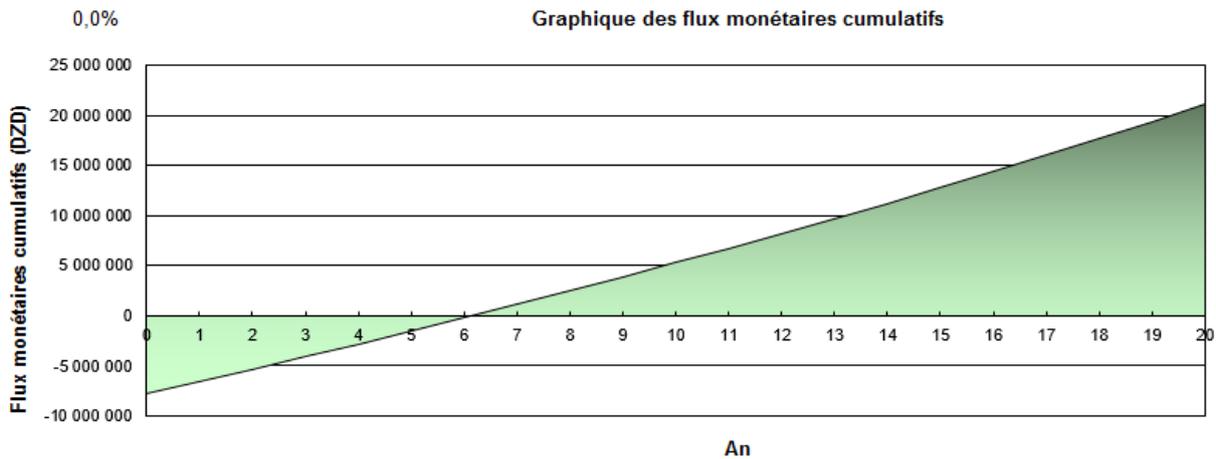


Figure 4.39 : la rentabilité du projet avec le prix actuel de l'électricité

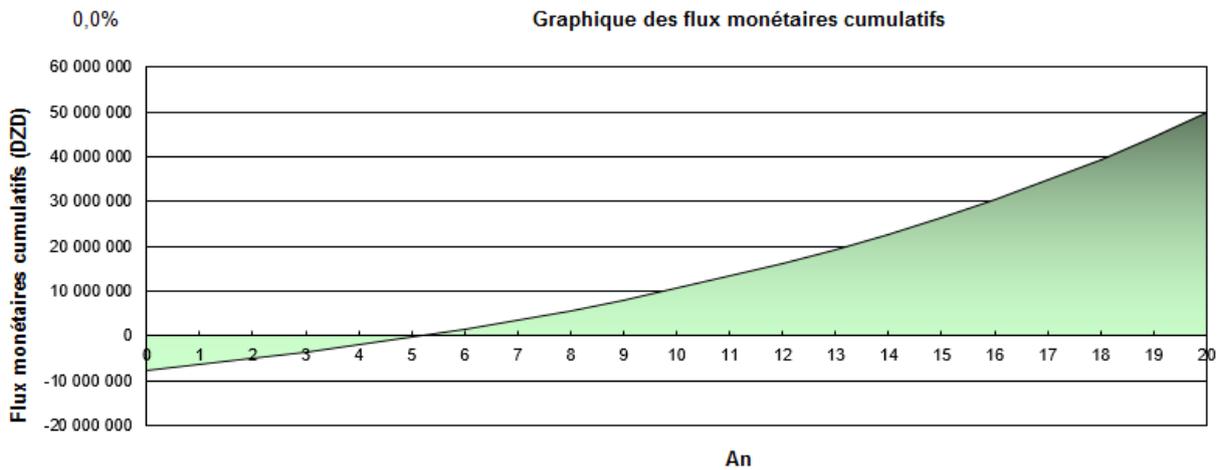


Figure 4.40 : la rentabilité du projet avec la future tarification de l'électricité

Total des coûts d'investissement (Da)	Taux d'inflation (%)	Durée de vie du projet (an)	TRI avant impôt - actifs (%)	Retour simple (an)	Retour sur les capitaux propres (an)	Retour après 20 ans (Da)
7 726 339	2	20	16,2 / 23.1	6.6	6.2 / 5.3	21 000 000

Pour la salle de conférence :

Chapitre 04 : Analyse Technico-économique

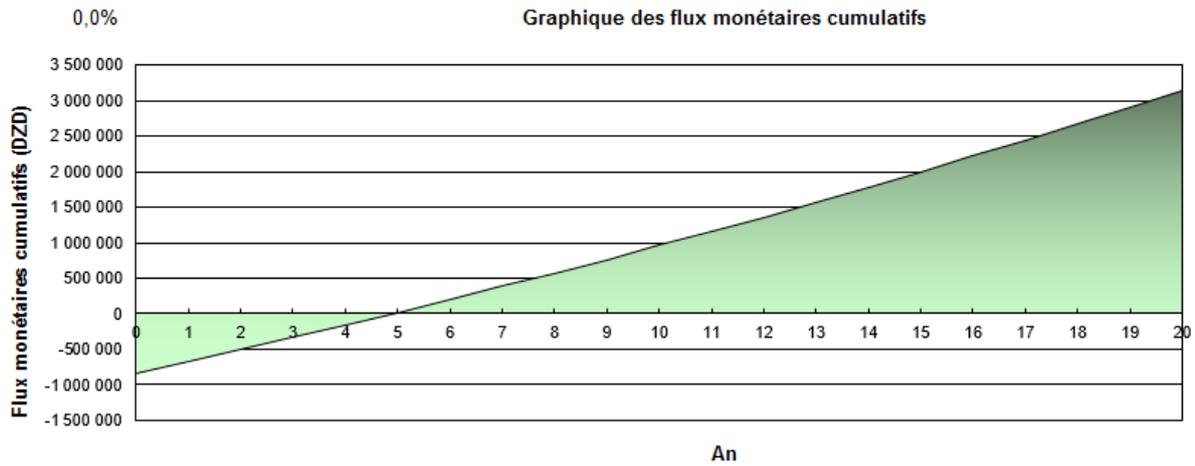


Figure 4.41 : la rentabilité du projet avec le prix actuel de l'électricité

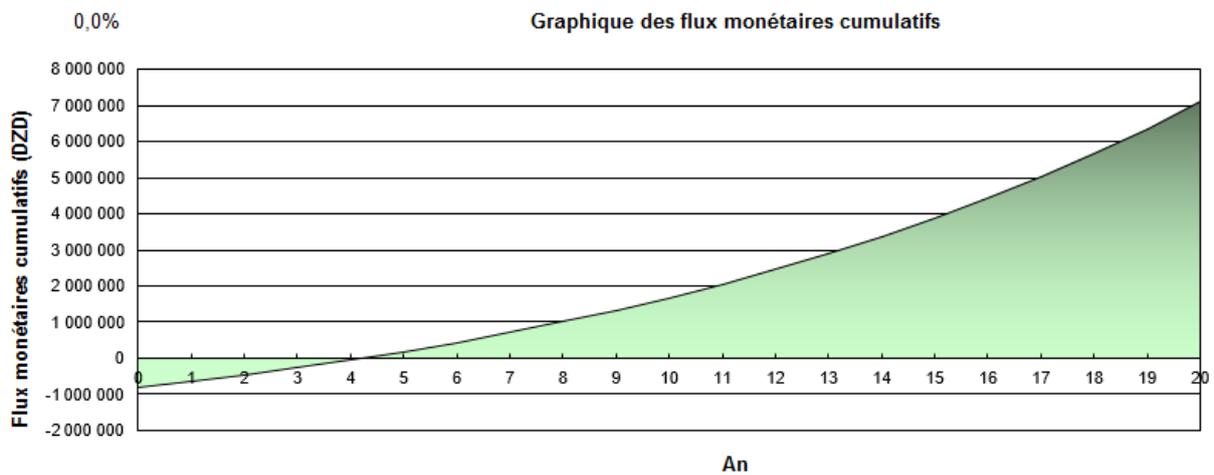


Figure 4.42 : la rentabilité du projet avec la future tarification de l'électricité

Total des coûts d'investissement (Da)	Taux d'inflation (%)	Durée de vie du projet (an)	TRI avant impôt - actifs (%)	Retour simple (an)	Retour sur les capitaux propres (an)	Retour après 20 ans (Da)
834 184	2	20	21,0 / 28.1	5.2	4.9 / 4.2	3 100 000

Chapitre 04 : Analyse Technico-économique

Pour la scolarité :

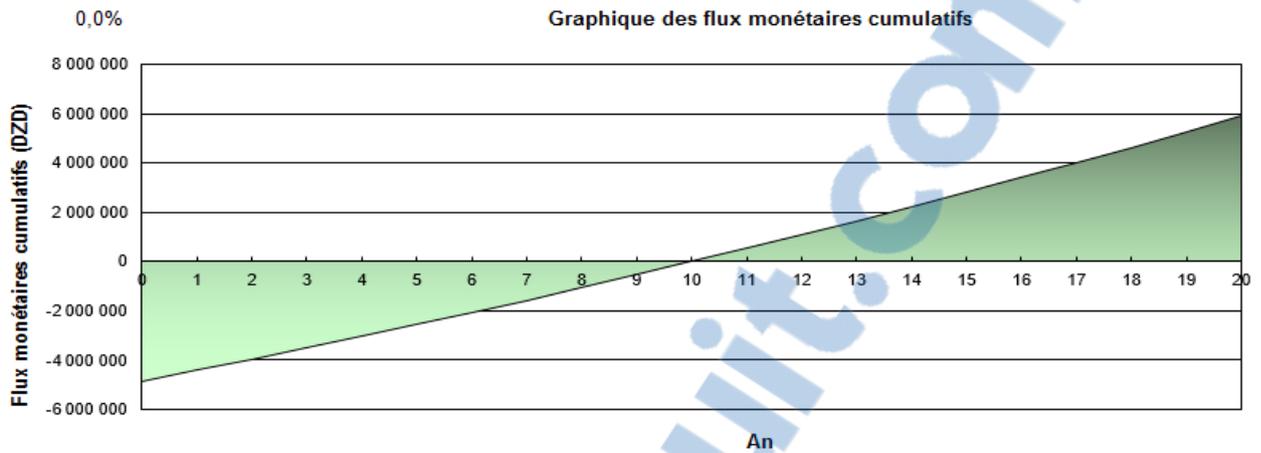


Figure 4.42 : la rentabilité du projet avec le prix actuel de l'électricité

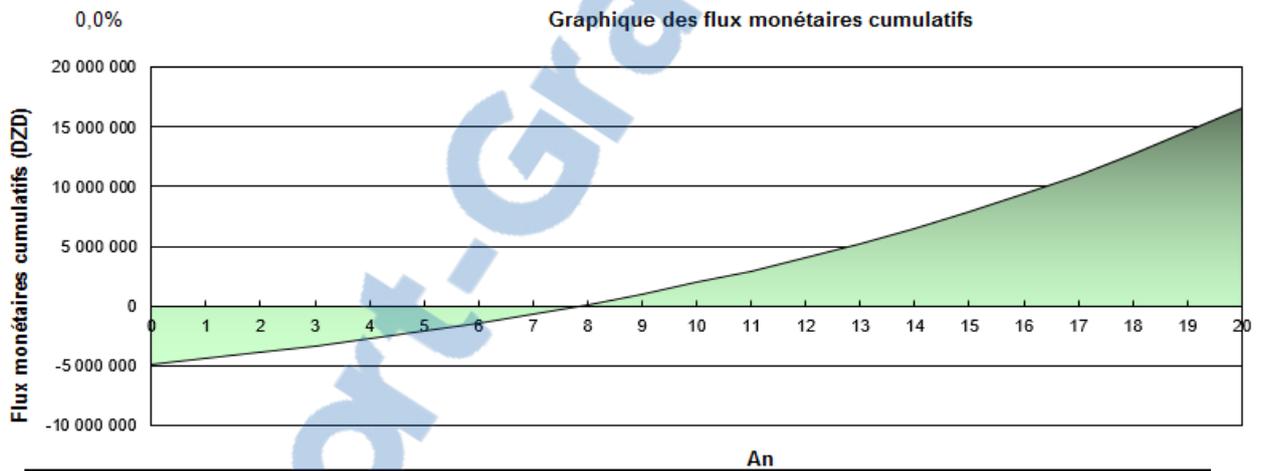


Figure 4.43 : la rentabilité du projet avec la future tarification de l'électricité

Total des coûts d'investissement (Da)	Taux d'inflation (%)	Durée de vie du projet (an)	TRI avant impôt - actifs (%)	Retour simple (an)	Retour sur les capitaux propres (an)	Gain après 20 ans (Da)
4 868 812	2	20	8,4 / 14.8	11.2	10 / 7.8	6 000 000

Chapitre 04 : Analyse Technico-économique

Pour le télé-enseignement :

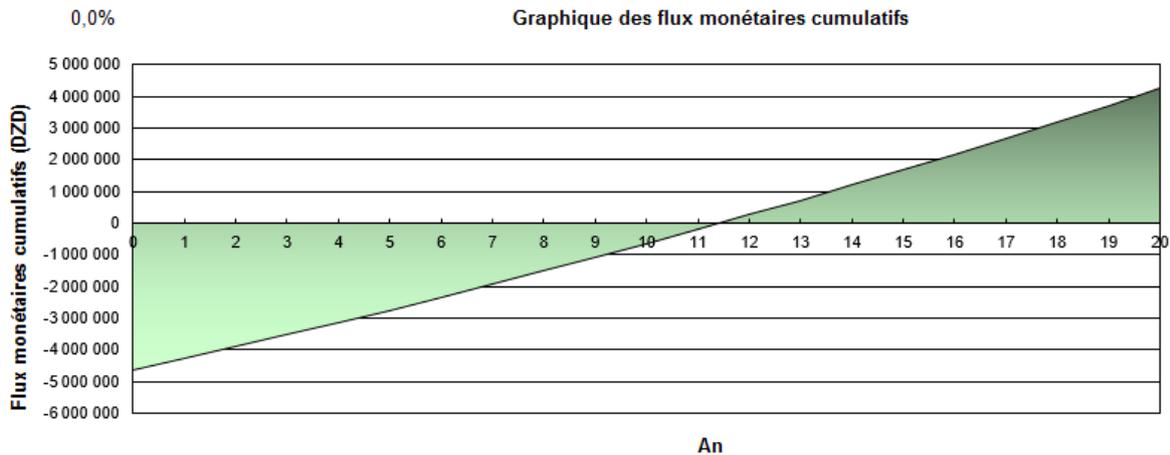


Figure 4.44: la rentabilité du projet avec le prix actuel de l'électricité

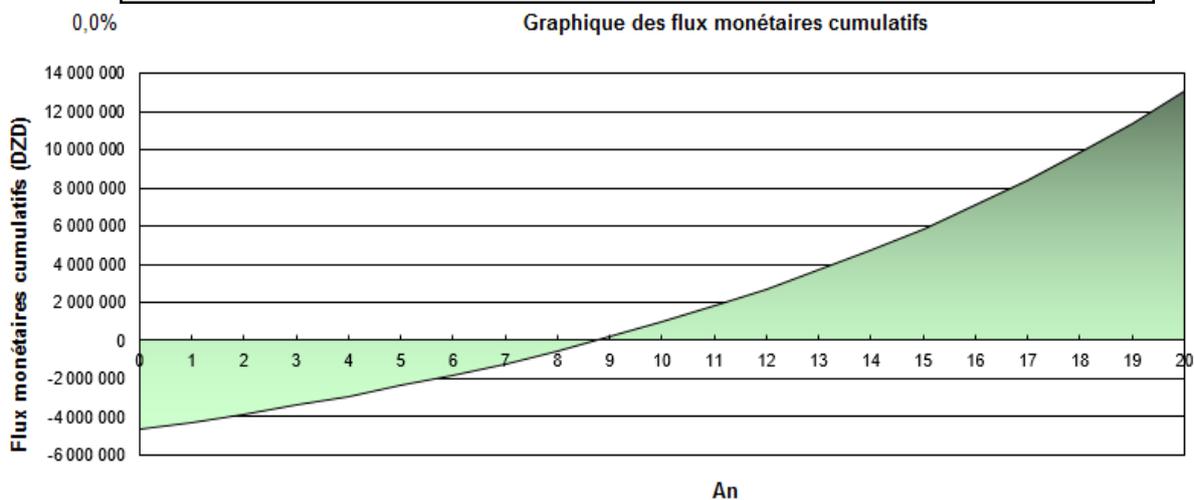


Figure 4.45: la rentabilité du projet avec la future tarification de l'électricité

Total des coûts d'investissement (Da)	Taux d'inflation (%)	Durée de vie du projet (an)	TRI avant impôt - actifs (%)	Retour simple (an)	Retour sur les capitaux propres (an)	Retour après 20 ans (Da)
4 660 945	2	20	6,6 / 12.9	13	11.4 / 8.9	4 200 000

Chapitre 04 : Analyse Technico-économique

Pour la bibliothèque :

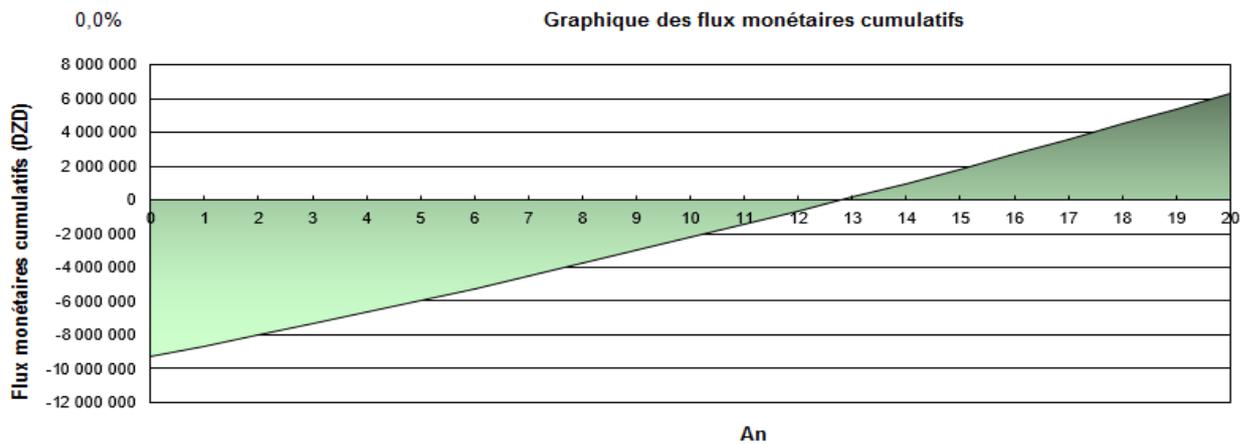


Figure 4.47 :la rentabilité du projet avec le prix actuel de l'électricité

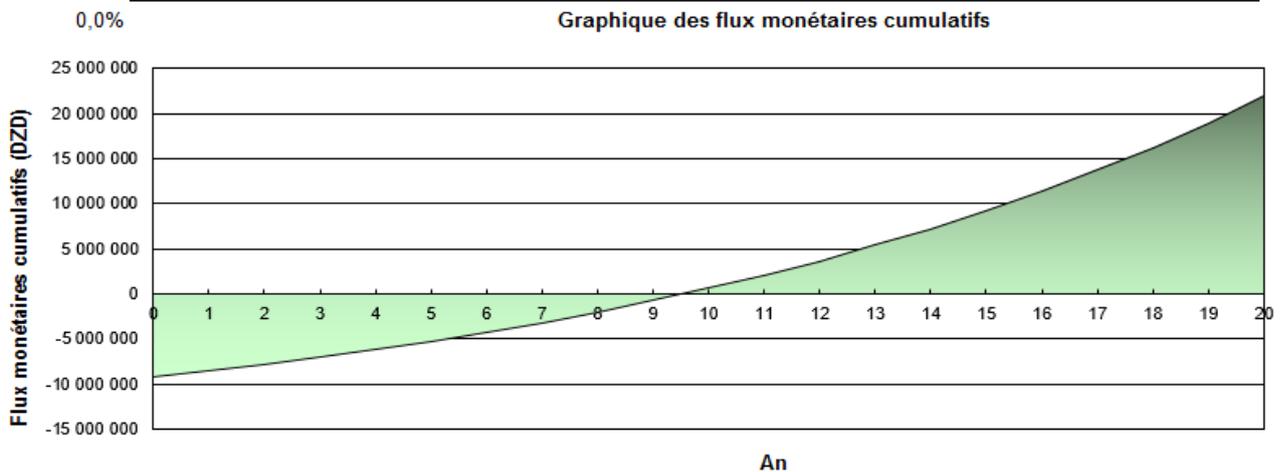


Figure 4.48 :la rentabilité du projet avec la future tarification de l'électricité

Total des coûts d'investissement (Da)	Taux d'inflation (%)	Durée de vie du projet (an)	TRI avant impôt - actifs (%)	Retour simple (an)	Retour sur les capitaux propres (an)	Retour après 20 ans (Da)
9 303 822	2	20	5,2 / 11.4	14.7	12.8 / 9.6	6 100 000

Grâce à un logiciel prédictif, comme RETScreen, il est possible de simuler un grand nombre de scénarios différents en obtenant des données sur la consommation d'énergie (changement de fenêtres, du simple verre au verre double et changement de tube lumineux en LED dans notre cas).

Chapitre 04 : Analyse Technico-économique

Dans tous les cas, on constate qu'avec un taux d'endettement de 0%, le retour sur investissement se fait au bout de quelques années (de 7 à 15 ans au maximum), grâce à un investissement direct dans la construction de l'installation. et ce qui est intéressant, c'est qu'à la fin de la période d'investissement, la faculté gagne plus que le coût d'investissement et dans certains immeubles comme Pauwes ,Salle de conférence et le hall technologique le gain est 2 fois plus élevé que le coût d'investissement, et cela ne fait que progresser, on peut dire et voir que c'est un excellent investissement , et le plus important que nous améliorions l'efficacité énergétique et assurions le confort thermique, peu importe que nous n'ayons pas inclus dans la simulation l'isolation des murs ou des toits ou que nous n'ayons rien changé au système de chauffage ou que nous n'ayons pas inclus les énergies renouvelables, les résultats seraient bien meilleurs si c'était fait.

Et on peut voir aussi que Le taux de rentabilité interne, qui est un indicateur financier qui permet d'évaluer la pertinence d'un projet d'investissement. C'est le taux de rentabilité minimum que doit avoir un projet d'investissement, pour qu'il ait une équivalence entre son coût initial et ses flux de trésorerie future, autrement dit, c'est le taux pour lequel la VAN est nulle. Il est calculé en résolvant la formule suivante :

$$\sum_0^N \frac{C_n}{(1+TRI)^n} = 0 \dots\dots\dots (4.1)$$

Où N est la durée de vie du projet en années, et Cn est le flux de financement de l'année n (à noter que C0 est le capital du projet moins les incitations et subventions ; c'est le flux de financement de l'année zéro). Le TRI avant impôt est calculé à partir des flux de liquidités avant impôt, tandis que le TRI après impôt est calculé à partir des flux de financières après impôt. Il est à noter que le TRI n'est pas défini dans certains cas, notamment si le projet génère un flux de financement positif dans l'année zéro. Le niveau minimum de TRI varie d'un investisseur à l'autre, et cela fait partie de la stratégie de chaque investisseur.

On peut le voir aussi au cas où le prix de l'électricité augmenterait, puisque le ministre l'a dit précédemment, le TRI va augmenter et le retour sur investissement diminue

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons comptabilisé combien de fonds la faculté de technologie payait par année pour la consommation d'électricité et du gaz naturelle ainsi que les coûts additionnels pour les améliorations, d'une base à une nouvelle classe, mais il y a aussi les coûts

Chapitre 04 : Analyse Technico-économique

additionnels pour l'installation des mesures de rendement énergétique proposées. Les coûts additionnels, le retour sur investissement et les économies découlant de la rénovation de l'enveloppe et du remplacement du type d'éclairage ont été estimés avec le logiciel RETScreen pour chacun des immeubles.

Conclusion générale

Conclusion générale

L'étude réalisée à travers ce mémoire a pour objectif l'évaluation des économies d'énergie pouvant être réalisées par l'installation de plusieurs améliorations sur un site spécifique, tel que la Faculté de technologie à Tlemcen.

La démarche entreprise pour atteindre l'objectif assigné repose sur un diagnostic systématique des installations et infrastructures de la faculté à l'aide d'une caméra thermique. Les données obtenues ont été examinées et traitées à l'aide de logiciel spécifique.

Le potentiel d'économie d'énergie réalisable a été évalué à plus de 60%. En terme de classe énergétique la faculté peut être classée en catégorie E avec une consommation spécifique de 234,25 KWh/m².an. Néanmoins, en terme de faisabilité économique utilisant le logiciel RETScreen dédiée à ce type d'analyse, deux améliorations possibles, notamment l'introduction de l'éclairage LED et le fenêtre double vitrage, ont permis de constater une réduction avoisinant 63 % de la consommation énergétique réévaluant le classement énergétique de la faculté à la catégorie C.

Dans le cadre de l'audit énergétique qui a été fait sur le site et leur analyse ainsi que celui du bilan énergétique, l'audit de la faculté de technologie-Chetouane. Tlemcen nous permet de recueillir les constats suivants :

- En ce qui concerne la consommation et l'isolation des blocs analysés au cours des années 2016-2017-2018, la définition de la classe énergétique de la faculté que nous avons examinée donne une idée approximative de ces deux critères. En effet, la classe énergétique des bâtiments de la faculté varie entre 256,8-152,2-234,25 KWh/m²/an, ce qui est du genre d'un bâtiment " **une structure qui souffre de nombreux ponts thermiques et d'une isolation médiocre** ".
- En fait, la consommation des bâtiments étudiés est très consommatrice d'énergie, les pertes d'énergie sont trop nombreuses, et la majorité des blocs de la faculté sont mal isolés ou inadéquatement isolés, ce qui explique la nécessité de plus en plus d'énergie pour chauffer. Cette situation signifie que nous devons apporter de nombreuses améliorations pour que la performance de la faculté soit optimale.
- Le comportement des utilisateurs a certainement une influence sur la consommation des bâtiments. Ainsi, le taux d'ouverture et la politique adoptée

par l'autorité contractante ont un impact beaucoup plus important sur la consommation globale de la faculté.

- Le retour sur investissement qui est l'un des objectifs les plus importants de notre étude est en principe assuré moyennant quelques années (de 7 à 15 ans au maximum), grâce à un investissement direct, et le gain énergétique et économique est théoriquement certain grâce au aide du Retscreen. Étant donné que l'objectif de la planification de l'entretien et de la rénovation au meilleur coût est non seulement d'optimiser les coûts du cycle de vie des composantes du bâtiment, mais aussi de maintenir l'état et le rendement des parties concernées, le modèle utilisé dans cette étude accorde priorité au rendement sur les coûts et exclut les retards dans les entretiens. Ces rénovations assurant ainsi un meilleur niveau de vie aux occupants.

La politique énergétique devrait encourager l'introduction de possibilités hybrides et soutenir d'autres formes, y compris la production d'électricité par le secteur privé pour partager la lourde charge qui pèse sur le pays. C'est la seule condition pour que le mix énergétique de l'Algérie développe le potentiel d'audit énergétique et des rénovations pour améliorer les performances énergétiques des bâtiments. Il s'agit de l'une des premières tentatives de conception passive des bâtiments de Tlemcen-Algérie, et il y a encore beaucoup à faire en matière de recherche. Les études futures pourraient tenir compte d'autres types de bâtiments, de différents emplacements géographiques, de zones climatiques, de ratios et d'orientations des fenêtres par rapport aux murs, de l'éclairage naturel, de la comparaison avec des dispositifs d'ombrage mobiles et des impacts individuels et conjoints d'autres options de conception passive comme la création des aménagements paysagers et des couvertures végétales.

Références

- [1] **Erdal Ayden, Dirk Brounen**, The impact of policy on residential energy consumption, Tilburg University, The Netherlands 25/09/2019
- [2] **Alexandra Charles, Wahid Maref, Claudiane M. Ouellet-Plamondon** (ÉTS-Montreal), Case study of the upgrade of an existing office building for low energy consumption and low carbon emissions, 20/03/2018
- [3] **Muhammed Sehid Gorus, Mucahit Aydin**, The Relationship between Energy Consumption, Economic Growth, and CO2 Emission in MENA Countries, 22/02/2018
- [4] Bilan Energétique National année 2017, Edition 2018
- [5] **Seoud .S**. Audit énergétique dans les bâtiments -Cas de trois bâtiments existants à Alger- EPAU –Alger
- [6] **Waleed Khalid Alhuwayil, M. Abdul Mujeeb**, Impact of External Shading Strategy on Energy Performance of Multi-Story Hotel Building in Hot-humid Climate, 07/08/2018
- [7] **J. Cho, C. Yoo, and Y. Kim**, “Viability of exterior shading devices for high-rise residential buildings : Case study for cooling energy saving and economic feasibility analysis,” Energy Build., vol. 82, pp. 771–785, Oct. 2014
- [8] **C. Dotzler, S. Botzler, D. Kierdorf, W. Lang**, Methods for optimising energy efficiency and renovation processes of complex public properties, Energy and Buildings, 164 (2018) 254-265.
- [9] **International Energy Agency**, world energy balance : overview (2018 edition)
- [10] **O. Pombo, B. Rivela, J. Neila**, The challenge of sustainable building renovation: assessment of current criteria and future outlook, Journal of Cleaner Production, 123 (2016) 88-100.
- [11] **Perspectives énergétiques mondiales** ; Les politiques d’efficacité énergétique dans le Monde
- [12] Bilan Energétique National Année 2017, Ministère de l’Energie, Edition 2018
- [13] **Fatiha Sahnoun, Khaled Imessad**, Analysis and Impact of the measures to mitigate climate change in Algeria, 4th International Conference on Energy and Environment Research, ICEER 2017, 17-20 July 2017, Porto, Portugal
- [14] **A.Ghezloun, S.Chergui et N. Oucher**, Algerian energy strategy in the context of sustainable development (Legal framework),
- [15] **A. Sayed**, Politique de maîtrise de l’énergie, Ministère de l’Energie, Mai 2015

- [16] **Lorenzo Belussi, Italo Mironi, Sandra Dei Svaldi**, Integrated smart system for energy audit : methodology and application. AiCARR 50th International Congress; Beyond NZEB Buildings, 10-11 May 2017, Matera, Italy
- [17] Guide pour les Audits d'Énergie Thermique E I N S T E I N, Version : 2.0, 13/06/2012
- [18] **Moncef Krarti Dominique Marchio** , Guide technique d'audit énergétique, Paris : Presses des mines, collection Technologies, 2016.
- [19] **Dimitrios I. Doukasa,* , Tom Bruceb** Energy Audit and Renewable Integration for Historic Buildings: The case of Craiglockhart Primary School International Conference on Sustainable Synergies from Buildings to the Urban Scale, SBE16
- [20] **Butala V, Novak P.** Energy consumption and potential energy savings in old school buildings. Energy and Buildings 1999 ;29 :241-246
- [21] **Awanish kumara, Shashi Ranjana, M. Bharath Kumar Singha, Priyanka Kumaria,** Electrical Energy Audit in Residential House, SMART GRID Technologies, August 6-8, 2015
- [22] **Amine Boudghen Stambouli**, promotion of renewable energy in algeria 14/09/2010
- [23] Testo 875 · Caméra thermique, mode d'emploi
- [24] Clean Energy Project Analysis , Third Edition , RETScreen Engineering & Cases Textbook
- [25] **Ferdinando Salataa, * , Andrea de Lieto Vollaroa, Roberto de Lieto Vollarob** , A case study of technical and economic comparison among energy production systems in a complex of historic buildings in Rome 68th Conference of the Italian Thermal Machines Engineering Association, ATI2013
- [26] Cours chauffage et climatisation master 1 génie énergétique faculté de technologie- Tlemcen –Algérie
- [27] Bibliothèque des coefficients de transmission thermique pré déterminés, Dernière mise à jour : 03/15/2019 22 :03 :03
- [28] Changeworks, Resources for Life Ltd. Energy Heritage: A guide to improving energy efficiency in traditional and historic homes. 2008

Annexe

Rapport-Gratuit.com