

Audit Energétique de la FST de Tanger - UAE

Réalisé par :
BEN LHACHEMI Najlaa
ELABBASSI Nadia

Supervisées par :
Pr. AHACHAD Mohammed
Slimane Smouh

amee
Agence Marocaine
pour l'Effacité Energétique



Plan

01

Introduction

02

Le développement durable et stratégie énergétique au Maroc

03

Times Higher Education Impact Rankings

04

Audit Energétique de la FSTT

05

Actions d'améliorations

06

Conclusion

Le développement durable et stratégie énergétique au Maroc

Objectifs du développement durable



Figure 1: Les 17 objectifs du développement durable

Le développement durable et stratégie énergétique au Maroc

Engagements du Maroc envers le développement durable

01

Discours 1992

Mise à niveau économique et sociale et le temps des réformes

02

Discours Johannesburg 2002

Accélération du développement
Mise en place des fondamentaux

03

Discours 30 juillet 2009

l'adoption de la Charte Nationale de l'Environnement et du Développement Durable

04

Discours du 9 mars 2011

Réforme constitutionnelle :
Opérationnalisation du DD

Le développement durable et stratégie énergétique au Maroc

Stratégie Nationale du Développement Durable

EnR

Objectifs

- Atteindre 52% de puissance installée de source renouvelable en 2030.

Projets

- Parc éolien de Tarfaya, le plus grand du genre en Afrique.
- Lancement du Programme National de l'énergie solaire « Noor »

EE

Objectifs

- Atteindre une économie d'énergie de 20 % à l'horizon 2030.

Projets

- Engagement via des lois de l'efficacité énergétique
- Création des organisations et agences

Times Higher Education Impact Rankings

Mesurer l'impact global des universités grâce à leur travail pour atteindre les 17 objectifs de développement durable des Nations unies

Offrir aux universités une occasion unique de mettre en valeur leurs activités qui contribuent à une société plus durable.

Le THE_{IR} utilise des indicateurs pour fournir une comparaison complète et équilibrée dans quatre grands domaines : la recherche, l'intendance, la sensibilisation et l'enseignement.

Times Higher Education Impact Rankings

Les cibles de l'ODD7

1

Accès universel à l'énergie moderne

2

Augmenter le pourcentage mondial des énergies renouvelables

3

Doubler l'amélioration de l'efficacité énergétique

4

Favoriser l'accès à la recherche, à la technologie et aux investissements dans l'énergie propre

5

Étendre et améliorer les services énergétiques pour les pays en développement

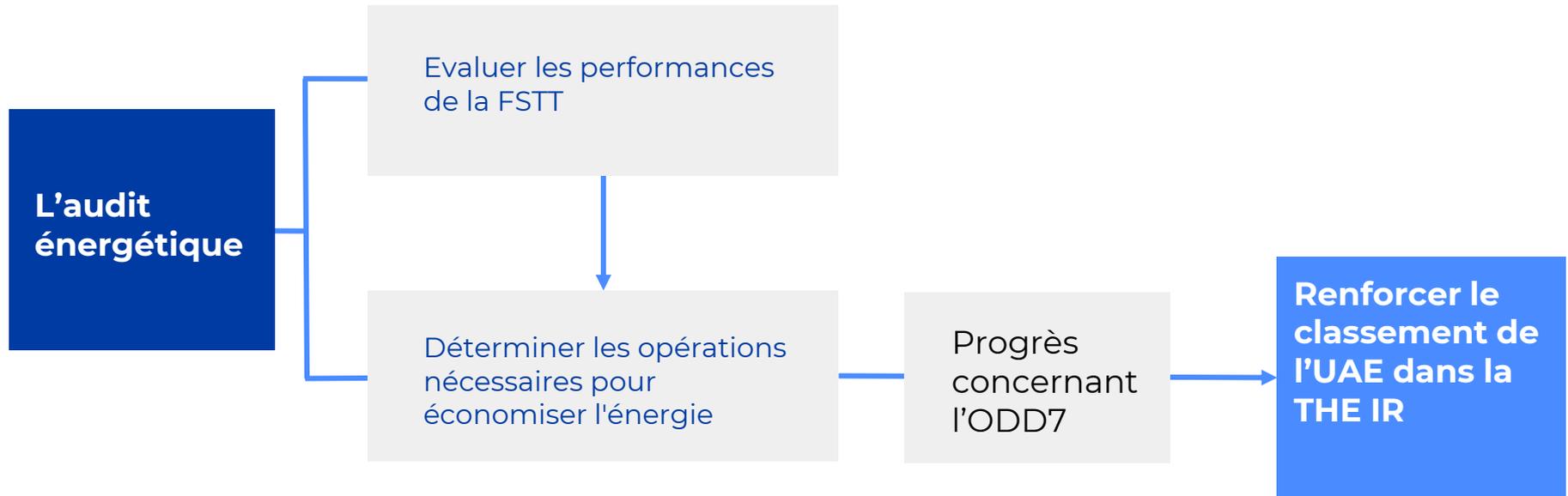
Times Higher Education Impact Rankings

Les indicateurs pour le classement d'impact pour l'ODD7

Recherche sur l'énergie propre
Mesures de l'université concernant l'énergie abordable et propre
Densité de la consommation énergétique
L'énergie et la communauté

Times Higher Education Impact Rankings

Relation entre l'audit énergétique de la FSTT et l'ODD7



Times Higher Education Impact Rankings

Participation des universités marocaines

- Ibn Tofail de Kénitra
- l'Université internationale de Rabat
- l'Université Mohammed V de Rabat
- l'Université Euromed de Fès
- l'Université Hassan II de Casablanca
- Sidi Mohamed Ben Abdellah de Fès
- l'Université 1^{er} Hassan
- Abdelmalek Essaâdi de Tétouan-Tanger

Participation de l'UAE

Tableau 1 : score de l'UAE dans les différents ODD dans le THE Impact Rankings 2021

ODD	6	7	13	14	17
Score	38,1 - 47,1	29,9 - 49,5	18,7 - 36,4	38,1 - 52,2	41,5 - 50,1
Classement national	1	4	2	1	5
Classement international	301 - 400	401 - 600	401 - 600	201 - 300	801 - 1000

Audit Énergétique de la FSTT

Consommation énergétique de la FSTT

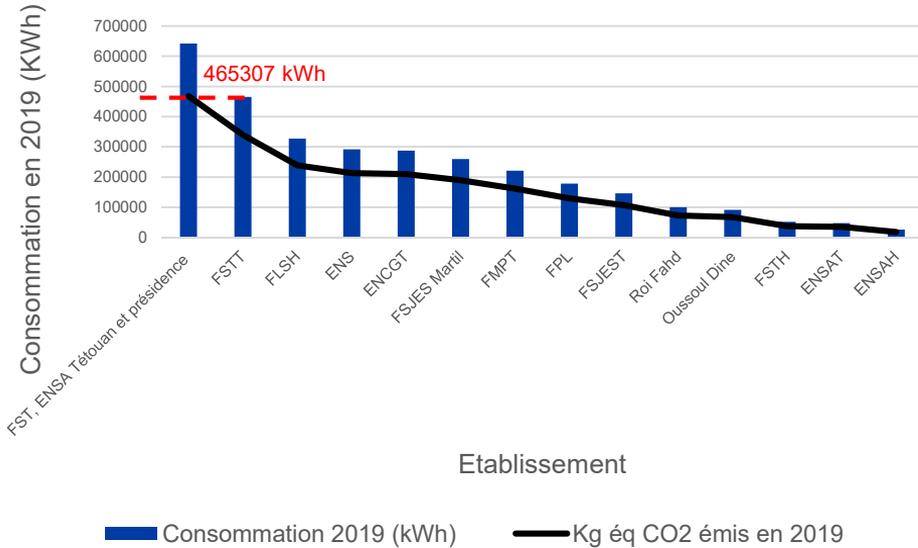


Figure 2 : consommation des différents établissements de l’UAE en kWh de l’année 2019

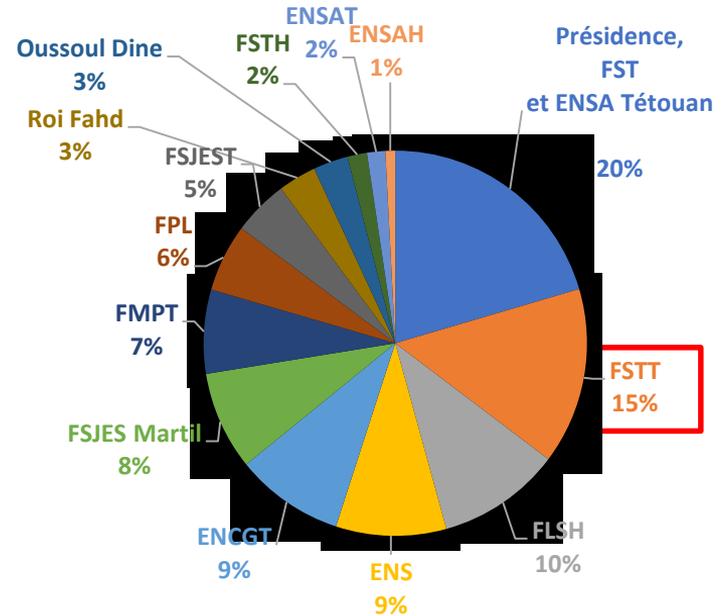


Figure 3 : la part de chaque établissement de la consommation totale de l’UAE de l’année 2019

Audit Energétique de la FSTT

Les sources d'énergie utilisées dans la FSTT



Electricité

Machines

Eclairage

Bureautique

517818 KWh/an



Gasoil

Une voiture

Un Bus

33060 KWh/an



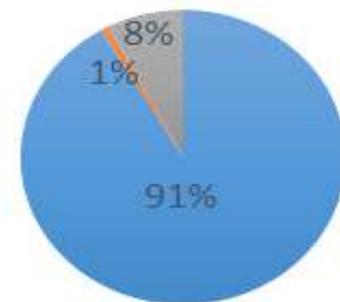
Gas

Quelques

machines des

Laboratoires

3231 KWh/an



■ électricité ■ Gaz ■ Gazoil

Figure 4 : La part des sources énergétiques de la FSTT

Audit Énergétique de la FSTT

Analyse de la facture énergétique de la FSTT

Consommation mensuelle et globale

Tableau : La consommation mensuelle et globale de l'année 2019.

Mois	Consommation H. Creuses KWh	Consommation H. Normales KWh	Consommation H.de pointe KWh	Consommation Totale KWh
Janv-19	15 101	25 838	9 455	50 394
Févr-19	13 378	23 757	8 497	45 632
Mars-19	12 728	24 494	8 213	45 435
Avr-19	10 328	19 971	7 056	37 355
Mai-19	8 826	18 362	5 987	33 175
Juin-19	8 681	15 882	5 897	30 460
Juil-19	9 842	18 177	6 608	34 627
Août-19	8 768	11 992	5 758	26 518
Sept-19	8 534	14 358	5 754	28 646
Oct-19	9 556	21 765	6 283	37 604
Nov-19	10 694	20 778	7 930	39 402
Déc-19	13 707	32 522	9 830	56 059
	130143	247896	87268	465307

Consommation annuelle globale :

465 307 KWh

La facture payée en 2019 :

601 703 MAD

339 209 Kg équivalent de CO₂

Audit Énergétique de la FSTT

Analyse de la facture énergétique de la FSTT

Consommation par tranche horaire

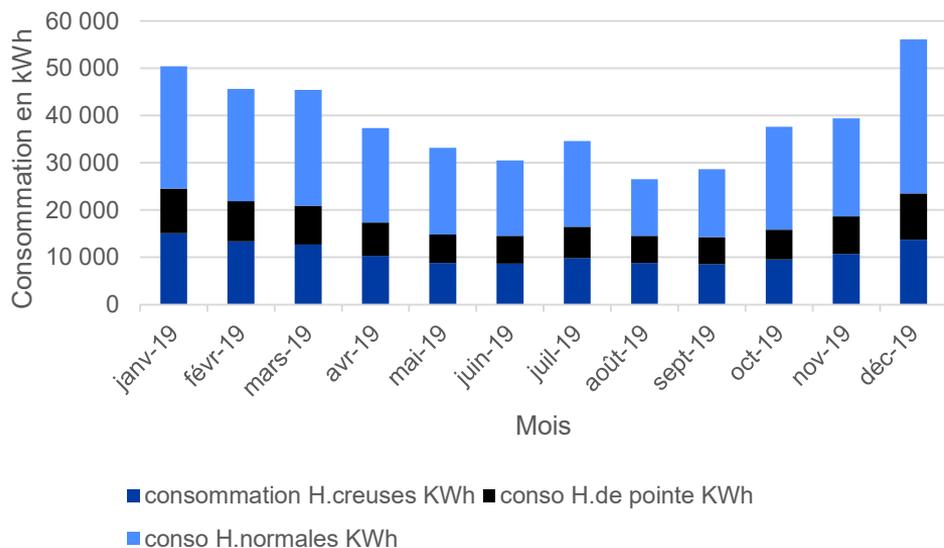
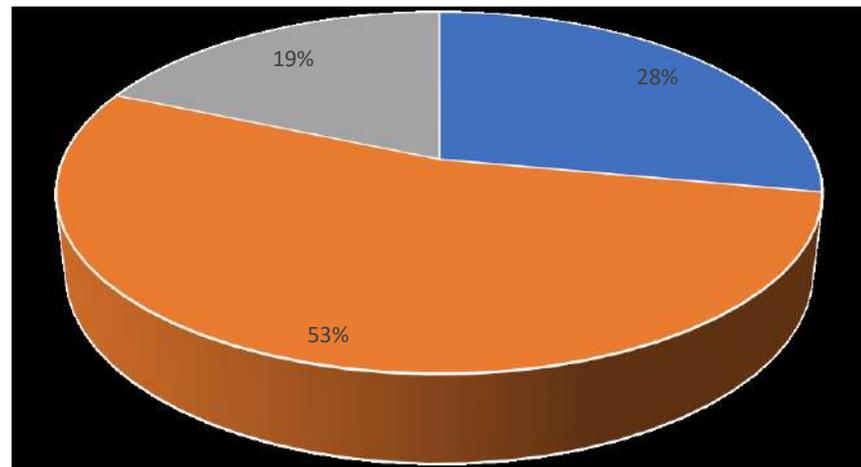


Figure 5 : Consommation par tranche horaire en kWh de l'année 2019



■ consommation H.creuses KWh ■ conso H.normales KWh ■ conso H.de pointe KWh

Figure 6 : La part de la consommation de chaque tranches horaires

Consommation pendant les heures de travail (53%) ≈ Consommation hors les heures de travail (47%)

Audit Énergétique de la FSTT

Analyse de la facture énergétique de la FSTT

La puissance appelée et le taux de dépassement de la puissance souscrite

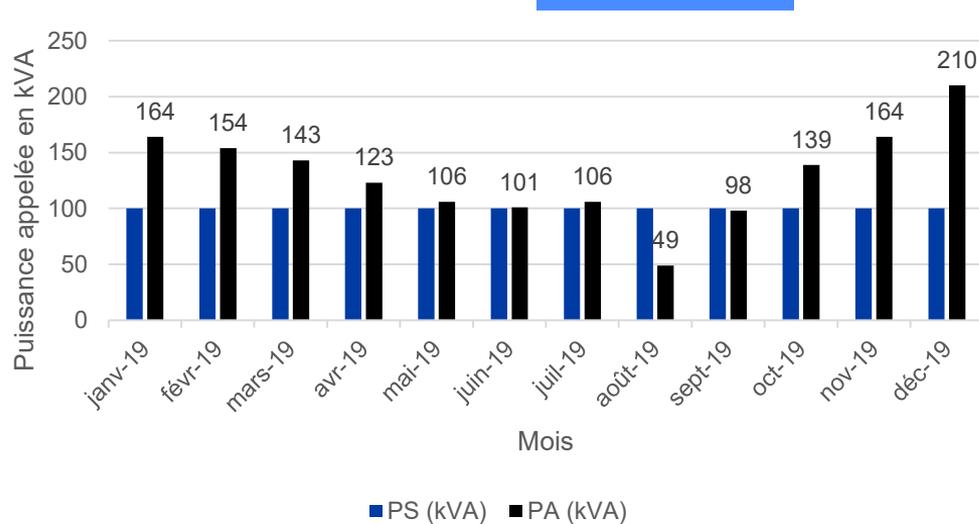


Figure 7 : l'évolution de la puissance appelée

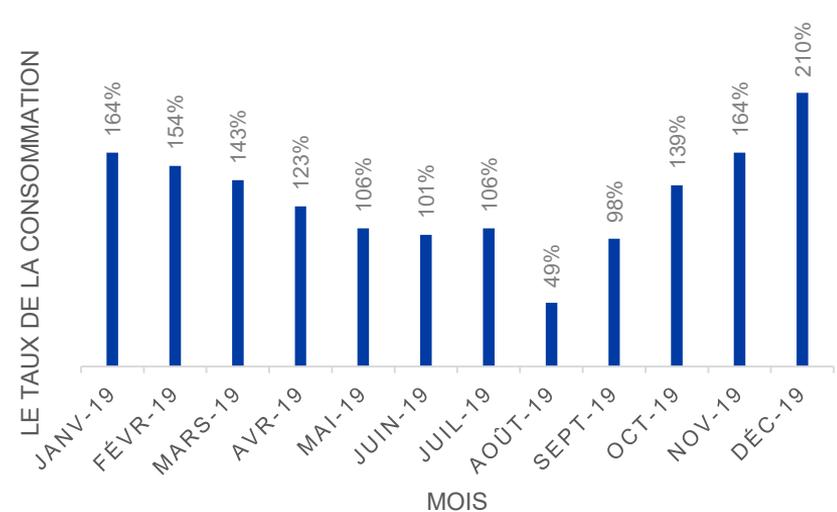


Figure 8: Le taux de dépassement de la puissance souscrite

Audit Énergétique de la FSTT

Analyse de la facture énergétique de la FSTT

L'évolution du facteur de puissance

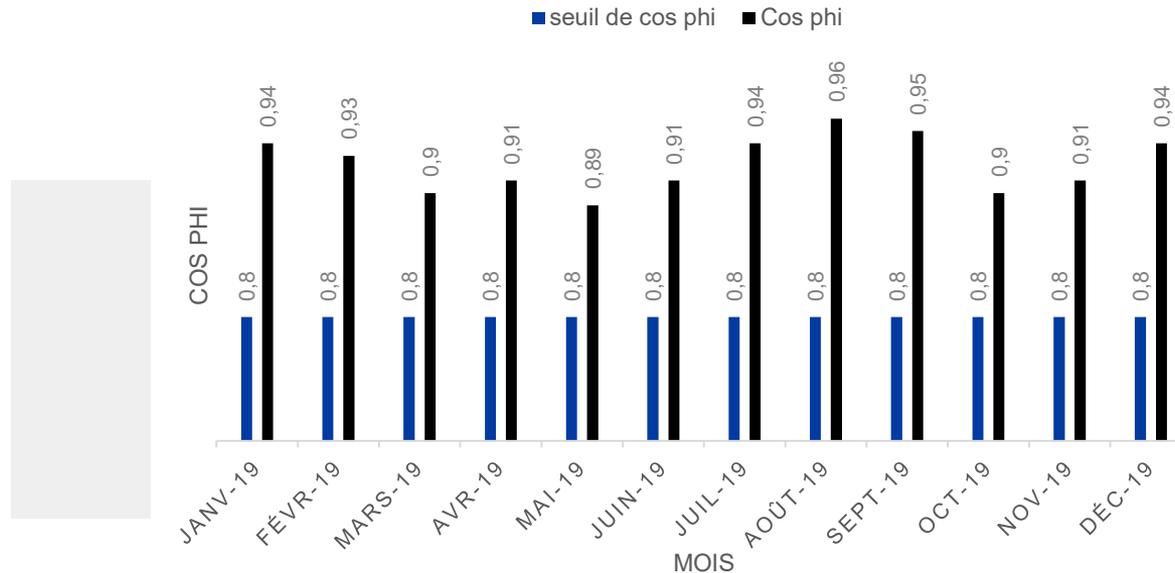
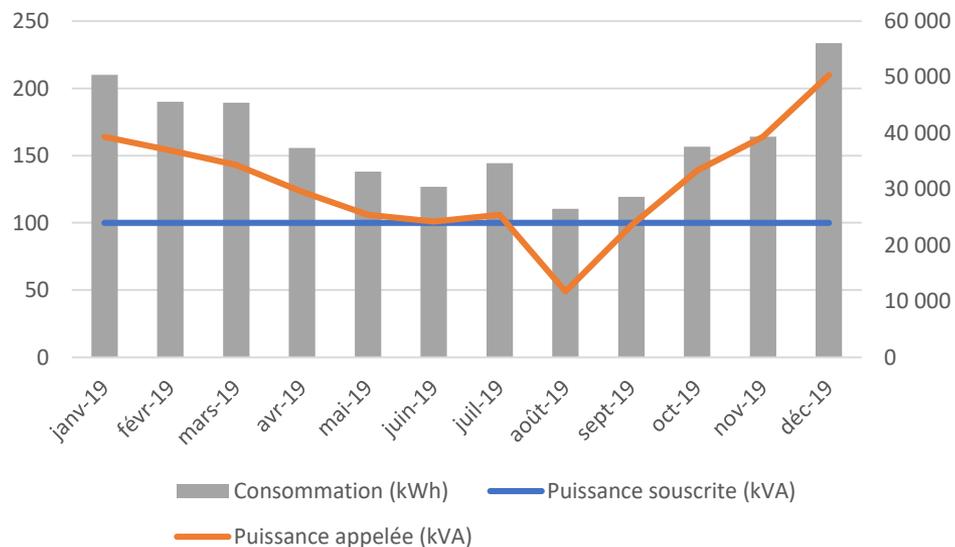


Figure 9 : L'évolution du facteur de puissance

Audit Énergétique de la FSTT

Analyse de la facture énergétique de la FSTT



Août est le mois le mieux géré
Une **petite** puissance de ...
kW fonctionne sur une durée
importante de h

Figure 10 : Représentation de la consommation d'électricité et de l'évolution de la puissance appelée en 2019 de la FSTT

Audit Énergétique de la FSTT

Analyse de la facture énergétique de la FSTT

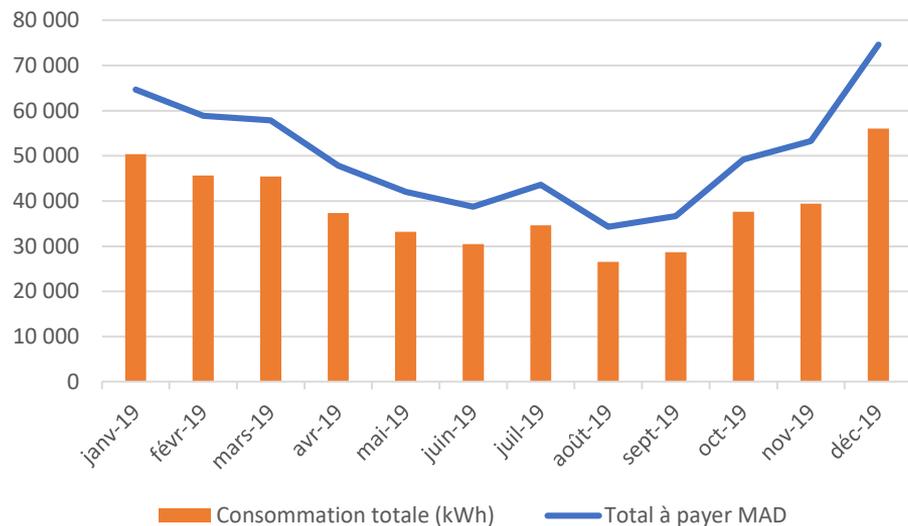


Figure 11 : L'évolution du coût mensuel

La marge entre le coût et la consommation change en fonction des tranches horaires.

Audit Énergétique de la FSTT

Analyse de la facture énergétique de la FSTT

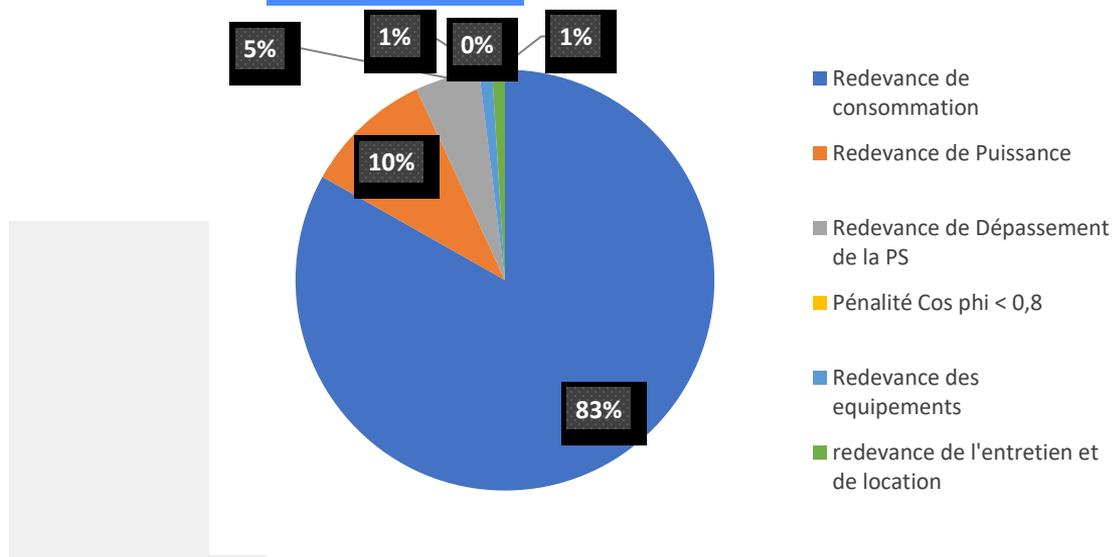


Figure 12 : La part des redevances

Audit Energétique de la FSTT

Equipements des laboratoires



Audit Energétique de la FSTT

Equipements des laboratoires

Département de la biologie

Tableau : Les équipements du département de la biologie

Equipement	Durée (h)	Nombre	Puissance (W)	Consommation (kWh/an)
Eclairage	1460	103	36	3574
Lampe photosynthèse	8760	35	36	11038
Four, étuve, micro-onde et incubateur	30 – 365 – 2920	12	350- 900 -1800	25868.5
Bain-marie	365	1	2000	730
Réfrigérateur et congélateur	2920	27	310 – 1350	40323.6
Hotte à flux laminaire, autoclave et appareils de stérilisation	1248 – 2190	4	1000 – 8000	56304
Distillateur, <u>clevenger</u> et <u>soxclé</u>	91 – 178 – 1095	11	100 – 4000	2856.7
Plaque chauffante	547	7	1500	5743.5
<u>Centrifugeuse (SIGMA)</u>	121	4	1010	489
Vortex (agitation des tubes)	2190	1	45	98.5
<u>Spectromètres</u>	288	2	240	138.2
Agitateur	50	1	581	29
Balances	1095	2	6	13.2
Consommation totale (kWh/an)				147206

Audit Energétique de la FSTT

Equipements des laboratoires

Département de la chimie

Tableau : Les équipements du département de la chimie

Equipement	Durée (h)	Nombre	P (W)	Consommation (kWh/an)
Eclairage	1460	58	36	3048.5
Réfrigérateur et congélateur	2920	6	310 – 1000 - 1700	6540.8
Four et étuve	30 - 2920	2	1000 – 1700 - 7400	15669
Micrométriques	89	1	200	18
Consommation totale (kWh/an)				25276

Audit Energétique de la FSTT

Equipements des laboratoires

Département de la géologie

Tableau : Les équipements du département de la géologie

Equipement	Durée (h)	Nombre	P (W)	Consommation (kWh/an)
Eclairage	1460	64	36	3364
Réfrigérateur et congélateur	2920	8	310	7241.6
Four et étuve	30 - 2920	8	1000 - 1700	5264
Distillateur	178	1	4000	712
1 chauffe-eau électrique	1095	1	1500	1642.5
Tamiseur	180	1	250	45
Centrifugeuse	1095	3	500	1642.5
Consommation totale (kWh/an)				19911

Audit Energétique de la FSTT

Equipements des laboratoires

Département de l'informatique

Tableau : Les équipements du département de l'informatique

Type	Nombre	Durée	P (W)	Consommation (kWh/an)
Eclairage	48	1095	36	1892
Data show	5	1095	270	1478
PC	90	730	100	5840
Consommation totale (kWh/an)				9210

Audit Energétique de la FSTT

Equipements des laboratoires

Département de la physique

Tableau : Les équipements du département de la physique

Type	Nombre	Durée (h)	P (W)	Consommation (kWh/an)
Eclairage	54	1040	36	2022
Appareil modulaire pour l'étude des oscillations harmoniques	1	12	150	1.8
Appareil d'alimentation d'énergie	2	12	2000	48
Banc d'essai électrique	2	12	3000 - 7000	120
Banc d'essai des EnR	2	12	1200	29
Portique de levage (Verlinde 2000kg)	1	104	4000	416
Imprimante 3D Mojo Stratasys	1	104	600	62
Machine à percer radiale	1	104	3200	333
PC	60	20	100	120
Consommation totale (kWh/an)				3152

Audit Energétique de la FSTT

Equipements des laboratoires

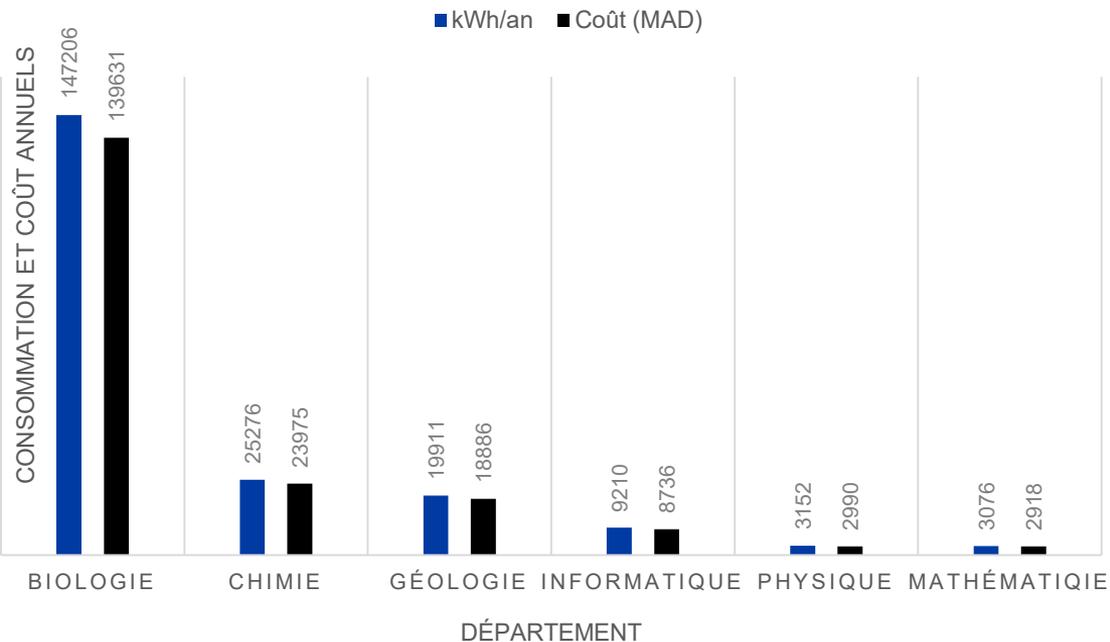
Département des mathématiques

Tableau : Les équipements du département des mathématiques

Type	Nombre	Durée	P (W)	Consommation (kWh/an)
Eclairage	36	1825	36	2365
Data show	2	1095	270	591
PC	40	30	100	120
Consommation totale (kWh/an)				3076

Audit Énergétique de la FSTT

Inventaire de la consommation énergétique au sein de la FSTT



Le département de la **biologie** est le plus consommateur avec une consommation annuelle qui atteint **147206 KWh**

Figure 13 : Comparaison entre la consommation et le coût annuelles (kWh/an) des différents départements

Audit Énergétique de la FSTT

Inventaire de la consommation énergétique au sein de la FSTT

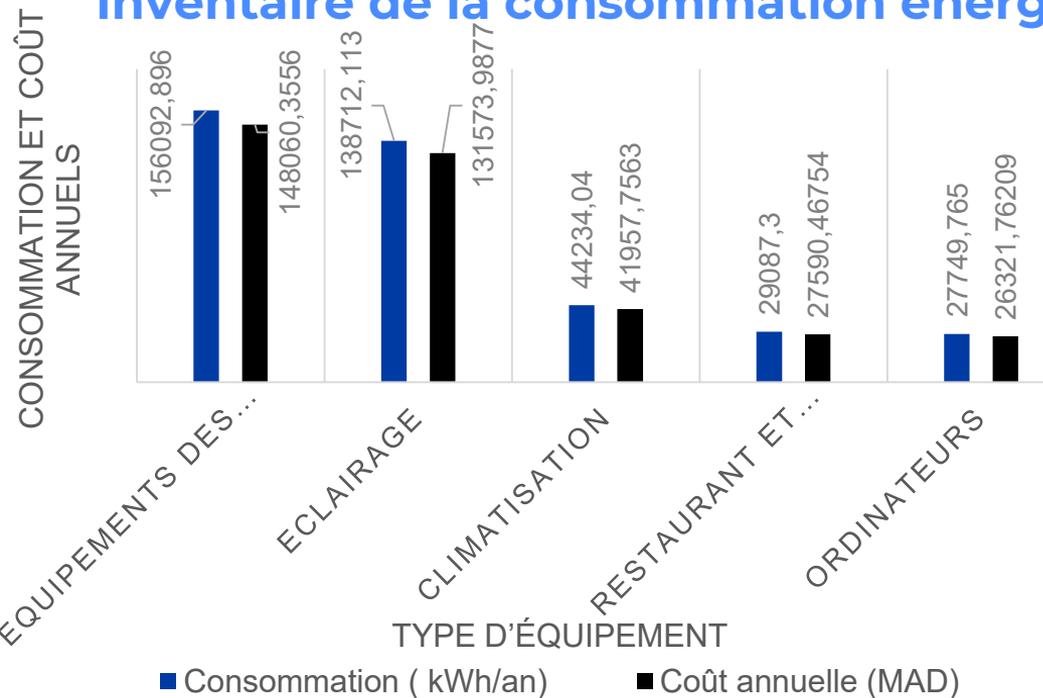


Figure 14 : Comparaison entre la consommation et le coût annuels (kWh/an) des différents équipements

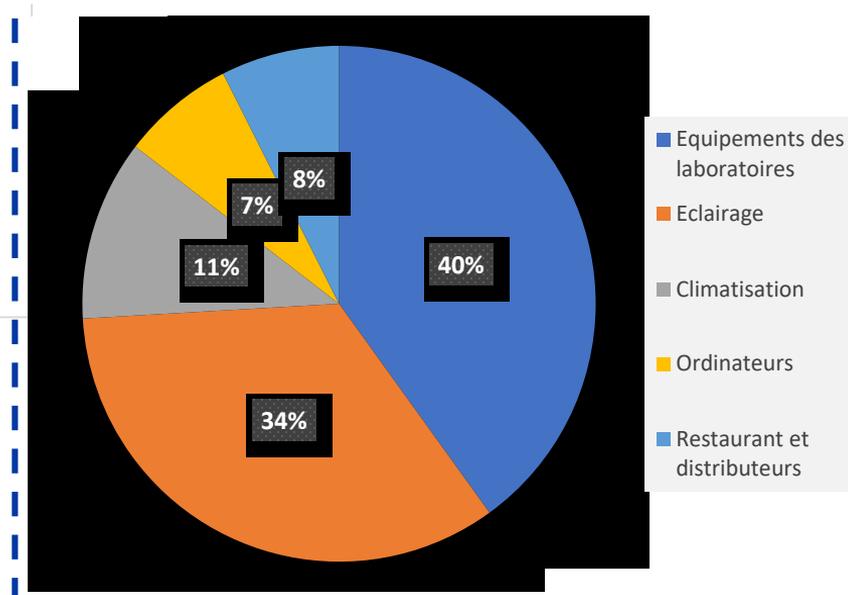


Figure 15 : pourcentage de la consommation des différents équipements de la FSTT

Audit Énergétique de la FSTT

Inventaire de la consommation énergétique au sein de la FSTT

Principe de Pareto

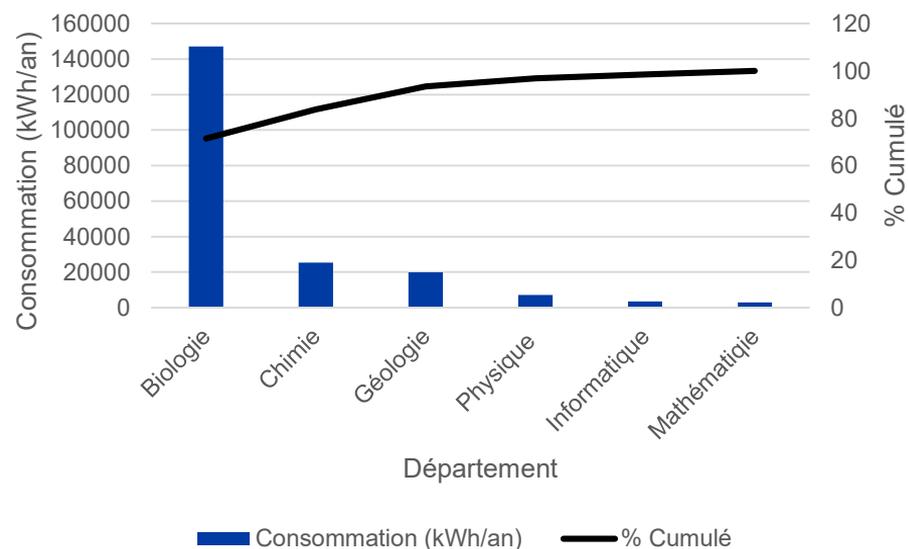
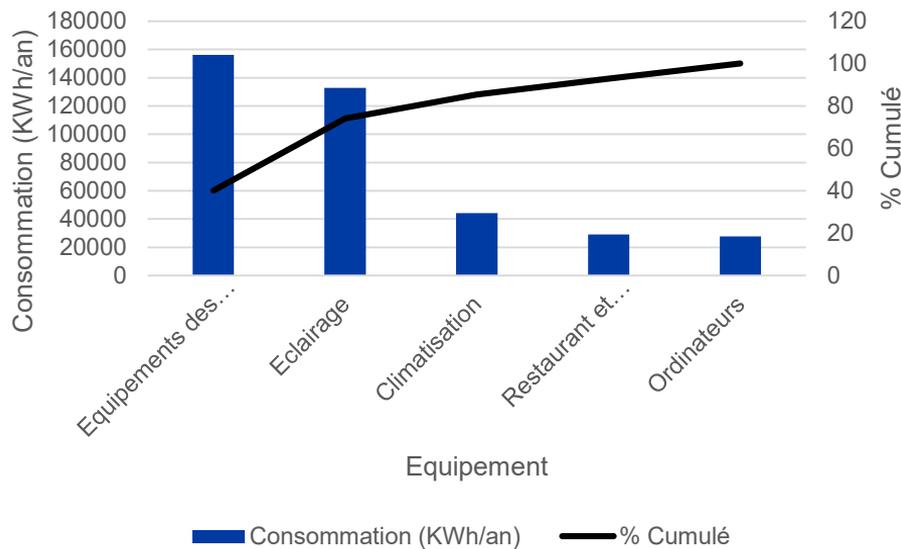


Figure 16 : Le diagramme de Pareto de la consommation par type d'équipement

Figure 17 : Le diagramme de Pareto de la consommation par département

Audit Energétique de la FSTT

Eclairage

Luxmètre

Dialux



Actions d'améliorations

Optimisation de la puissance souscrite

Gain énergétique (KWh)	0
Gain financier (Dhs/an)	8673,61
Investissement (Dhs/an)	10244,8
TRI (an)	1,18114603
Émission des GES (Kg CO2 eq/an)	0

Puissance souscrite optimale

Tableau 3 : Détermination de la puissance souscrite optimale

PS (KVA)	Cumul RP (Dhs)	Cumul RP actuel (Dhs)	Cumul RP Optimisé (Dhs)
140	19 377,91	28 051,52	19 377,91

Actions d'améliorations

Optimisation de la puissance souscrite

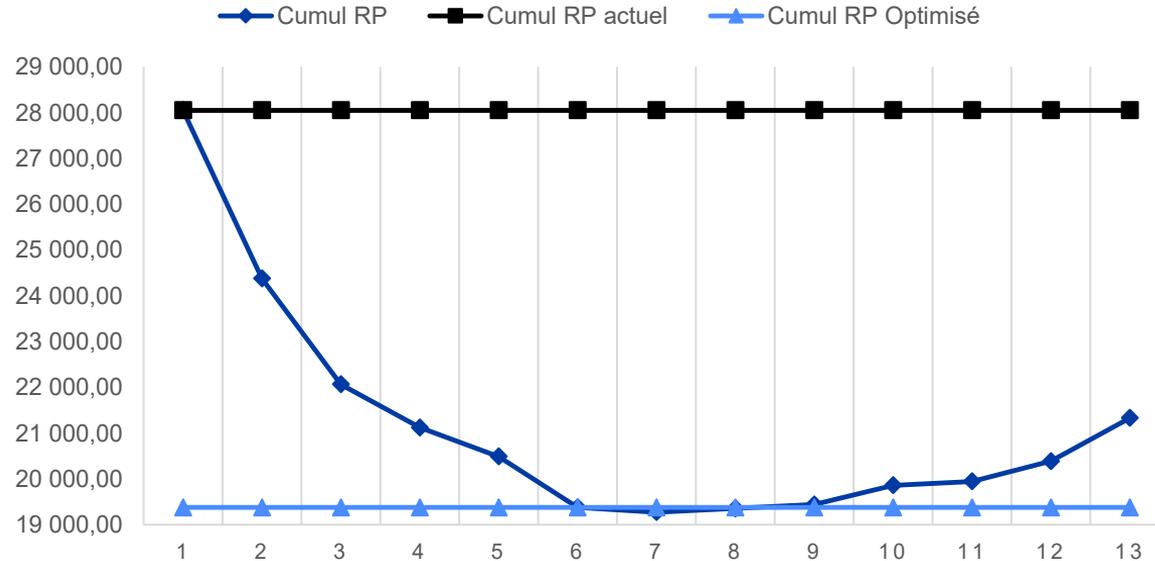


Figure 9 : La détermination de la puissance souscrite optimale

Actions d'améliorations

Optimisation des équipements



20% de la consommation totale et 50% de la consommation des équipements de la FSTT proviennent des fours et des réfrigérateurs.

la consommation actuelle : 77 MWh/an
la nouvelle consommation : 7230KWh/an



↓ 90%



- | Le gain énergétique : 69770 KWh/an
- | Le gain financier : 55816 MAD.
- | le temps de retour sur investissement : environ 4ans et 6 mois

Actions d'améliorations

Amélioration au niveau de l'enveloppe

Diagnostic d'un bureau

Création d'un gradient de température

Diagnostic intérieur : Adaptation de la clim à 19°C

Diagnostic extérieur : Adaptation de la clim à 23°C

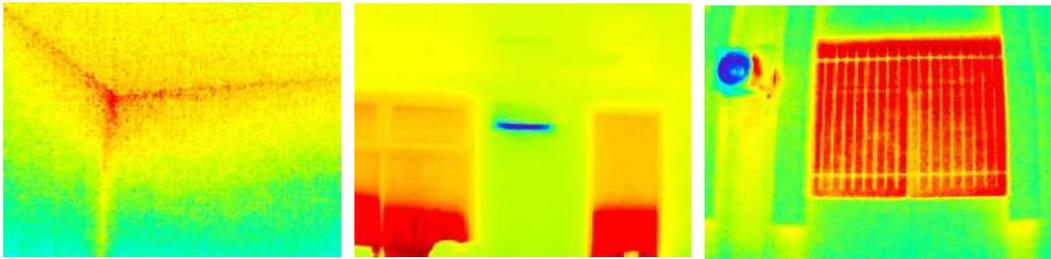


Figure : Images prises par la caméra thermique dans un bureau

Il y a des pertes par les ponts thermiques et par les fenêtres



Actions d'améliorations

Amélioration au niveau de l'enveloppe

Diagnostic d'une amphithéâtre

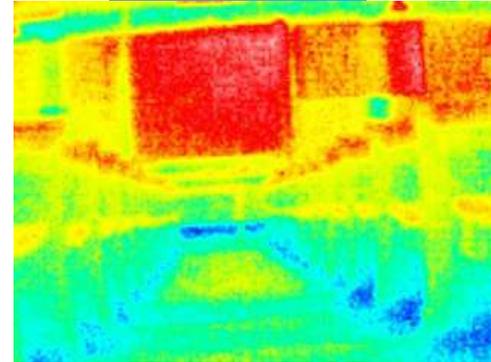
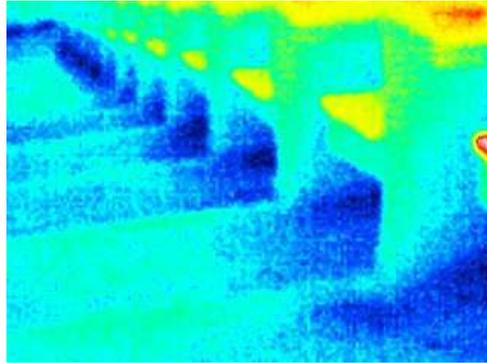


Figure : Images prises par la caméra thermique dans une amphithéâtre

Il y a des pertes au niveau du sol

Actions d'améliorations

Amélioration au niveau de l'enveloppe

Diagnostic et détection des ponts thermiques



Besoins énergétiques annuels avant l'amélioration

	Valeur projet	Valeur limite maximale
BEcTh [kWh/(m ² ·an)]	75.16	50.00

Besoins énergétiques annuels après l'amélioration

	Valeur projet	Valeur limite maximale
BEcTh [kWh/(m ² ·an)]	53.21	50.00

Actions d'améliorations

Photovoltaïque

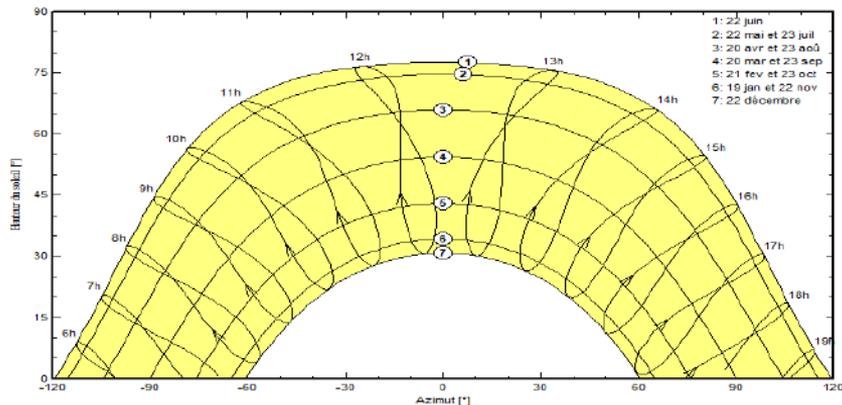


Figure : Trajectoire du soleil à Tanger

Modules PV	JAM78-S10-450-MR	Onduleur	ECO 27.0-3-S
Puissance nominale	43.2 kWc	Puiss. nom. ond.	27.0 kW
Tension MPP	44.9 V	Nbre d'ond.	2
Courant MPP	10.0 A		

Figure : Les informations de l'installation dimensionnée à l'aide du logiciel PVsyst



Figure 10 : Schématisation de l'installation PV à l'aide du logiciel Helioscope

Production du système	76.9 MWh/an	Prod. normalisée	4.88 kWh/kWc/jour
Productible	1781 kWh/kWc/an	Pertes champ	0.70 kWh/kWc/jour
Indice de performance	0.858	Pertes système	0.10 kWh/kWc/jour

Figure : Les résultats de la simulation

Actions d'améliorations

Photovoltaïque

Etude économique et environnementale

	Electricity sale	Run. costs	Dsprec. allow.	Taxable income	Taxes	After-tax profit	Cumul. profit	% amort.
2023	100025	1500	0	98526	0	98526	-405934	19.5%
2024	100025	1500	0	98526	0	98526	-307408	39.1%
2025	100025	1500	0	98526	0	98526	-208881	58.6%
2026	100025	1500	0	98526	0	98526	-110355	78.1%
2027	100025	1500	0	98526	0	98526	-11829	97.7%
2028	100025	1500	0	98526	0	98526	86697	117.2%
2029	100025	1500	0	98526	0	98526	185224	136.7%
2030	100025	1500	0	98526	0	98526	283750	156.2%
2031	100025	1500	0	98526	0	98526	382276	175.8%
2032	100025	1500	0	98526	0	98526	480802	195.3%
2033	100025	1500	0	98526	0	98526	579329	214.8%
2034	100025	1500	0	98526	0	98526	677855	234.4%
2035	100025	1500	0	98526	0	98526	776381	253.9%
2036	100025	1500	0	98526	0	98526	874907	273.4%
2037	100025	1500	0	98526	0	98526	973433	293.0%
2038	100025	1500	0	98526	0	98526	1071960	312.5%
2039	100025	1500	0	98526	0	98526	1170486	332.0%
2040	100025	1500	0	98526	0	98526	1269012	351.6%
2041	100025	1500	0	98526	0	98526	1367538	371.1%
2042	100025	1500	0	98526	0	98526	1466065	390.6%
Total	2000525	30000	0	1970525	0	1970525	1466065	390.6%

Figure : Les résultats économiques détaillés obtenus sur PVsyst

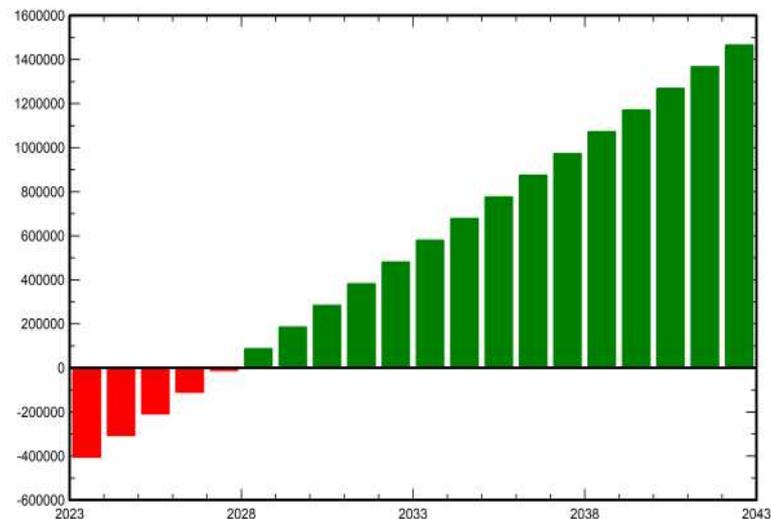


Figure : Le temps de retour sur investissement

→ 56 tonnes eqCO₂/an évité.

Actions d'améliorations

L'audit énergétique de la faculté des sciences et techniques de Tanger explique la nécessité d'apporter de nombreuses améliorations pour que la performance de la faculté soit optimale, afin d'améliorer cette situation, nous avons pensé à des actions d'amélioration qui sont comme suit :

- La modification de la puissance souscrite afin de minimiser les pertes et éviter les pénalités de dépassement.
- L'optimisation de l'éclairage par l'utilisation des lampes LED et détermination du meilleur emplacement des lampes par le logiciel Dialux.
- Le remplacement des anciens appareils électriques par d'autres appareils avec de bon étiquetage.
- L'isolation thermique afin de limiter les pertes au niveau de la toiture,
- L'installation d'un système photovoltaïque qui pourrait atteindre 19,4% de réduction de la consommation d'énergie électrique du département de la biologie qui est le plus énergivore.
- Le comportement des utilisateurs a certainement une influence sur la consommation des bâtiments, donc il est nécessaire de recourir à la sensibilisation.