



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA



Med-EcoSuRe



Projet Med-EcoSuRe

« *Les universités méditerranéennes comme catalyseur pour les rénovations éco-durables* »

Consultation n° MES 01/2022

« **Elaboration d'un plan d'action et formulation de recommandations pour la rénovation énergétique des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur en Tunisie** »

Livrable 1 :

« **Plan d'action de rénovation énergétique des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur en Tunisie** »

*Elaboré par : M. Mohamed Zied GANNAR
Expert en Energie Durable
dans les Bâtiments*



Table des matières

Liste des tableaux	4
Liste des figures	5
I. Contexte du travail.....	6
II. Etat des lieux de l'utilisation de l'énergie dans les bâtiments des établissements publics du secteur de l'enseignement supérieur en Tunisie.....	6
1) Introduction	6
2) Typologie des bâtiments existants des établissements publics du secteur de l'enseignement supérieur en Tunisie.....	7
a) Age des bâtiments	7
b) Options architecturales et techniques de construction	8
c) Profil d'occupation et d'utilisation des bâtiments	10
d) Coût de construction	10
3) Parc des bâtiments des établissements publics du secteur de l'enseignement supérieur en Tunisie	10
4) Utilisation de l'énergie dans les bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur	12
a) Consommation d'énergie	12
b) Postes et structure de la consommation d'énergie.....	13
III. Bâtiment de référence considéré pour les bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur en Tunisie	15
a) Configuration géométrique et zonage thermique du bâtiment de référence.....	16
b) Qualité thermique et composition des parois du bâtiment de référence.....	17
c) Systèmes techniques utilisés dans le bâtiment de référence.....	18
IV. Mesures de rénovation énergétique génériques appropriées pour le bâtiment de référence	18
V. Instruments financiers et incitatifs existants, appropriés pour la rénovation énergétique des bâtiments dans le secteur de l'enseignement supérieur en Tunisie	22
VI. Plan d'action de rénovation énergétique des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur en Tunisie	22
VII. Mesures d'accompagnement pour la mise en œuvre du plan d'action de rénovation énergétique des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur en Tunisie	26
VIII. Impacts énergétiques, environnementaux et économiques du plan d'action de rénovation énergétique du parc des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur, dans la zone climatique ZT1.....	26
Bibliographie	30

Annexe I : Données et hypothèses considérées pour les simulations énergétiques du bâtiment de référence	31
Annexe II : Résultats des simulations énergétiques du bâtiment de référence.....	38

Liste des tableaux

Tableau 1: Distribution du parc des bâtiments des établissements publics du secteur de l'enseignement supérieur selon la période de construction.....	7
Tableau 2: Principales options architecturales et techniques de construction des bâtiments des établissements publics du secteur de l'enseignement supérieur construits avant 1985.....	8
Tableau 3: Principales options architecturales et techniques de construction des bâtiments des établissements publics du secteur de l'enseignement supérieur construits après 1985.....	9
Tableau 4: Profils d'occupation et d'utilisation des bâtiments des établissements publics du secteur de l'enseignement supérieur.....	10
Tableau 5: Répartition du parc des bâtiments des établissements publics du secteur de l'enseignement supérieur par activité, en 2017.....	10
Tableau 6: Distribution géographique du parc des bâtiments des établissements publics du secteur de l'enseignement supérieur selon le zonage climatique, en 2017.....	11
Tableau 7: Evolution du nombre des établissements publics du secteur de l'enseignement supérieur sur la période 1994-2017.....	11
Tableau 8: Répartition du parc des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur selon le zonage climatique - 2017.....	12
Tableau 9: Structure de la consommation d'énergie électrique dans les bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur, en 2017.....	14
Tableau 10: Structure de la consommation d'énergie thermique dans les bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur, en 2017.....	15
Tableau 11: Caractéristiques thermo-physiques des parois du bâtiment de référence.....	17
Tableau 12 : Résultats des simulations énergétiques réalisées pour le bâtiment de référence.....	20
Tableau 13: Plan d'action de rénovation énergétique des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur en Tunisie.....	24
Tableau 14 : Impacts énergétiques, environnementaux et économiques de la mise en œuvre du plan d'action de rénovation énergétique du parc des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur, dans la zone climatique ZT1.....	27

Liste des figures

Figure 1: Répartition de la consommation d'énergie finale dans les bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur par forme d'énergie, en 2017.....	13
Figure 2: Structure de la consommation d'énergie électrique dans les bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur en pourcentage, en 2017.	14
Figure 3: Structure de la consommation d'énergie thermique dans les bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur en pourcentage, en 2017.	15
Figure 4: Illustration 3D du bâtiment de référence, par le logiciel TRNSYS.	16
Figure 5: Différentes Zones thermiques du bâtiment de référence.	17

I. Contexte du travail

Le projet intitulé « Les universités méditerranéennes comme catalyseur pour les rénovations éco-durables » et ayant pour acronyme « Med-EcoSuRe », qui s'inscrit dans le cadre du programme de coopération transfrontalière dans le bassin méditerranéen IEV CTF MED 2014-2020, est géré par le Centre Méditerranéen des Energies Renouvelables « MEDREC » comme bénéficiaire principal assurant la coordination d'un consortium formé de sept partenaires de quatre pays méditerranéens : l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis – ENIT (Tunisie), Le Département d'Architecture de l'Université de Florence – UNIFI – et l'Agence Napolitaine pour l'Energie et l'Environnement - ANEA (Italie), Le Département d'ingénierie énergétique de l'Université de Séville – US – et le Cluster d'Energie Solaire – SOLARTYS – (Espagne), et le Centre de Recherche sur l'Energie de l'Université Nationale An Najah – ANNU – (Palestine).

Le projet « Med-EcoSuRe » a pour principal objectif de proposer et de mettre en œuvre des solutions de rénovation des bâtiments universitaires méditerranéens, portant sur des mesures d'efficacité énergétique et sur l'utilisation des énergies renouvelables, en se basant sur une approche collaborative entre l'ensemble des acteurs clés impliqués, sous forme de "laboratoire vivant", afin d'éclairer et de soutenir les décideurs dans l'adoption et la diffusion des résultats du projet, et notamment le plan d'action stratégique et les recommandations qui seront développés.

Dans ce cadre, le MEDREC a lancé un travail pour l'élaboration d'un plan d'action et la formulation de recommandations pour la rénovation énergétique des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur en Tunisie. Le présent rapport constitue le premier livrable de ce travail et présente le plan d'action proposé pour la rénovation énergétique des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur en Tunisie.

II. Etat des lieux de l'utilisation de l'énergie dans les bâtiments des établissements publics du secteur de l'enseignement supérieur en Tunisie

1) Introduction

Le parc des bâtiments des établissements publics et privés du secteur de l'enseignement supérieur représente un peu plus de 4 millions de m², soit environ 8 % de l'ensemble du parc des bâtiments du secteur tertiaire en Tunisie, en 2017. Les bâtiments des établissements publics dominent largement le parc des bâtiments des établissements du secteur de l'enseignement supérieur, en termes de surface couverte. La majorité des bâtiments des établissements du secteur de l'enseignement supérieur sont situés dans les zones côtières du pays.

Les établissements du secteur de l'enseignement supérieur se répartissent, principalement, en trois catégories :

- Les établissements d'enseignement : écoles, instituts, facultés, etc.
- Les établissements d'hébergement : foyers universitaires.

- Les établissements de restauration : restaurants universitaires.

Les bâtiments des établissements d'enseignement domaine largement le parc des bâtiments des établissements du secteur de l'enseignement supérieur, suivis par les foyers universitaires, en deuxième rang, et les restaurants universitaires, en troisième rang.

Les bâtiments des établissements du secteur de l'enseignement supérieur en Tunisie sont caractérisés, en général, par une conception architecturale non adaptée au climat, une qualité thermique médiocre de l'enveloppe et une performance énergétique faible des équipements et systèmes énergétiques installés (éclairage, chauffage, refroidissement, etc.), ce qui n'assure pas un confort thermique intérieur acceptable aux occupants et engendre une consommation énergétique élevée pour ces bâtiments.

Les établissements du secteur de l'enseignement supérieur représentent environ 3 % de la consommation d'énergie finale du secteur tertiaire et, quasiment, la même part (environ 3 %) de la consommation électrique ainsi que thermique du secteur tertiaire, en 2017.

2) Typologie des bâtiments existants des établissements publics du secteur de l'enseignement supérieur en Tunisie

a) Age des bâtiments

Le parc des bâtiments des établissements publics du secteur de l'enseignement supérieur est constitué de bâtiments d'âges différents. Ce parc peut être réparti, selon la période de construction des bâtiments, en quatre principales périodes:

- Bâtiments construits avant 1960 : Ils représentent une petite part, moins de 5 % du parc total. Ces bâtiments ne sont plus représentatifs de l'ensemble du parc.
- Bâtiments construits entre 1960 et 1975 : Ils représentent une part entre 10 et 15 % du parc total. La fin de cette période a été marquée par la construction du premier campus universitaire de la Tunisie à la cité El Manar, qui renfermait : la faculté des sciences, l'école nationale d'ingénieurs de Tunis et la faculté de droit.
- Bâtiments construits entre 1975 et 1985 : Ils représentent une part entre 15 et 20 % du parc total. Cette période correspondait à une augmentation du nombre des bacheliers de l'enseignement secondaire.
- Bâtiments construits entre 1985 et 1995 : Ils représentent une part entre 25 et 30 % du parc total. Cette période correspondait à la continuité de l'augmentation du nombre des bacheliers de l'enseignement secondaire.
- Bâtiments construits depuis 1995 : Ils représentent la plus grande part, entre 35 et 45 % du parc total ; soit près de la moitié.¹

Le tableau 1 récapitule la distribution du parc des bâtiments des établissements publics du secteur de l'enseignement supérieur selon la période de construction.

Tableau 1: Distribution du parc des bâtiments des établissements publics du secteur de l'enseignement supérieur selon la période de construction.

Période de construction	Avant	1960 -1975	1975 - 1985	1985 - 1995	Depuis
-------------------------	-------	------------	-------------	-------------	--------

¹ ESCWA, 2021.

	1960				1995
Part du parc	0 – 5%	10 - 15 %	15 - 20 %	25 – 30%	35 – 45%

Source : ESCWA, 2021.

Il est à souligner que plus de la moitié du parc des bâtiments des établissements publics du secteur de l'enseignement supérieur (entre 60 et 75 %) est relativement neuf : moins de 40 ans d'âge (construit après 1985).

b) Options architecturales et techniques de construction

Au regard des options architecturales et techniques de construction adoptées, le parc des bâtiments des établissements publics du secteur de l'enseignement supérieur peut être réparti, selon la période de construction des bâtiments, en deux principales périodes : « Avant 1985 » et « Après 1985 ».

Les principales options architecturales et techniques de construction qui caractérisent les bâtiments des établissements publics du secteur de l'enseignement supérieur construits lors de ces deux périodes se présentent comme suit :

- Bâtiments construits avant 1985 :

Tableau 2: Principales options architecturales et techniques de construction des bâtiments des établissements publics du secteur de l'enseignement supérieur construits avant 1985.

Aspect architectural / technique de construction	Option adoptée
Implantation par rapports aux riverains (en bande, isolé, etc.) :	En bande
Forme et compacité :	En Bloc autour d'une cour pour la récréation
Nombre de niveaux et hauteur sous dalle par niveau :	Nombre de niveau : RDC + un seul étage Hauteur sous dalle : 3 m
Ouvertures vitrées :	Taux de vitrage : 30 % Type de menuiserie : Bois / Aluminium Type de vitrage : Simple Protections solaires (Oui): Brises solaires extérieures en construction / Préau
Modes de construction et composition des parois extérieures opaques :	Murs extérieurs : non isolés en simple cloisons en briques Toitures : en dalle en béton non isolée avec une forme de pente
Systèmes et équipements techniques initialement prévus :	Abonnement électrique : BT / MT Système d'éclairage : - Fluorescent : au niveau des salles de classes, bureaux administratifs, etc. - Incandescent : au niveau des couloirs et toilettes. Systèmes de chauffage / climatisation :

	Climatiseurs individuels chaud / froid dans l'administration
--	--

Source : ESCWA, 2021.

- Bâtiments construits après 1985 :

Tableau 3: Principales options architecturales et techniques de construction des bâtiments des établissements publics du secteur de l'enseignement supérieur construits après 1985.

Aspect architectural / technique de construction	Option adoptée
Implantation par rapports aux riverains (en bande, isolé, etc.) :	En bande
Forme et compacité :	En bloc
Nombre de niveaux et hauteur sous dalle par niveau :	Nombre de niveaux : RDC + 5 étages Hauteur sous dalle : 2,8 m
Typologie des ouvertures vitrées :	Taux de vitrage : 40-70 %
	Type de menuiserie : Aluminium standard ou PVC.
	Type de vitrage : Simple / Double Vitrage.
	Protections solaires (Oui) : Vitres teintées / Films solaires / Rideaux intérieurs en toile synthétique / Volets roulants en lames d'aluminium ou PVC / Pare-soleils en construction.
Modes de construction et composition des parois extérieures opaques :	Murs extérieurs : En double cloisons en briques avec lame d'air ou isolés / Enduit intérieur en ciment ou en plâtre. Toitures : En dalle en béton avec une forme de pente non isolée ou isolée. Faux plafond : En plâtre.
Systèmes et équipements techniques initialement prévus :	Abonnement électrique : BT / MT
	Système d'éclairage : <ul style="list-style-type: none"> - Fluorescent : au niveau des escaliers et des toilettes. - Fluorescent / LED : au niveau des bureaux, hall et salles de réunion. - Fluorescent / Sodium / Iodure métallique / LED : éclairage extérieur.
	Type des systèmes de chauffage / climatisation : <ul style="list-style-type: none"> - Climatisation : Centrale de climatisation pour le hall d'accueil et salle de réunion et ventilo convecteurs dans les bureaux. - Chauffage : Production de la chaleur à travers une chaufferie centralisée à gaz naturel.

Source : ESCWA, 2021.

c) Profil d'occupation et d'utilisation des bâtiments

Le profil d'occupation et d'utilisation des bâtiments des établissements publics du secteur de l'enseignement supérieur se présente, en général, comme suit :

Tableau 4: Profils d'occupation et d'utilisation des bâtiments des établissements publics du secteur de l'enseignement supérieur.

Période	Profil d'occupation et d'utilisation
Année scolaire :	Du 15 septembre jusqu'au 30 juin
Jours de la semaine :	Du lundi au vendredi : de 08:00 à 12:00 et de 13h:00 à 17h:00 Le Samedi de 08:00 du matin à 13:00
Jours fériés et vacances :	Nombre de jours fériés : 8 jours Vacances d'hiver et jour de l'an : du 16 décembre au 01 janvier ; soit 12 jours Vacances du printemps : du 16 mars au 29 mars ; soit 13 jours

Source : ESCWA, 2021.

d) Coût de construction

Le coût moyen de construction des bâtiments des établissements publics du secteur de l'enseignement supérieur (hors infrastructure et équipements) s'élève à 1 400 DT / m², en 2017.²

3) Parc des bâtiments des établissements publics du secteur de l'enseignement supérieur en Tunisie

Le parc des bâtiments des établissements publics du secteur de l'enseignement supérieur regroupe l'ensemble des bâtiments d'enseignement supérieur et de services universitaires associés (cités, foyers et restaurants universitaires) publics. (Une cité universitaire regroupe en général un foyer et un restaurant universitaires)

Le parc renferme au total 382 établissements couvrant une superficie de 4 012 500 m², en 2017³. Le tableau 5 donne la répartition du parc par type d'activité des établissements.

Tableau 5: Répartition du parc des bâtiments des établissements publics du secteur de l'enseignement supérieur par activité, en 2017.

Type d'activité des établissements	Nombre	Surface (m ²)
Etablissement d'enseignement supérieur	209	2 821 500
Cité universitaire	43	430 000
Foyer universitaire	53	530 000

² Idem.

³ GIZ, 2020.

Restaurant universitaire	77	231 000
TOTAL	382	4 012 500

Source : GIZ, 2020.

Le tableau 6 donne la distribution géographique du parc des bâtiments des établissements publics du secteur de l'enseignement supérieur en nombre selon le zonage climatique, en 2017.

Tableau 6: Distribution géographique du parc des bâtiments des établissements publics du secteur de l'enseignement supérieur en nombre selon le zonage climatique, en 2017.

Zone climatique	Nombre			
	Etablissements d'enseignement supérieur	Cités universitaires	Foyers universitaires	Restaurants universitaires
ZT1	163	31	46	59
ZT2	41	9	7	15
ZT3	5	3	0	3
TOTAL	209	43	53	77

Source : GIZ, 2020.

Une forte concentration du parc se trouve dans la zone climatique ZT1 et ce, pour toutes activités confondues des établissements publics du secteur de l'enseignement supérieur. Cette forte concentration est, pour les établissements publics d'enseignement supérieur, au niveau des trois gouvernorats de Tunis, Sfax et Sousse qui hébergent ensemble près de 40 % du parc des établissements publics d'enseignement supérieur. Pour les cités universitaires publiques, elle est au niveau des quatre gouvernorats de Tunis, Sfax, Ben Arous et Sousse, qui hébergent ensemble un peu moins de la moitié (47 %) du parc des cités universitaires publiques. Pour les foyers universitaires publics, elle est au niveau du gouvernorat de Tunis seul, qui héberge près de 30 % du parc des foyers universitaires publics. Pour les restaurants universitaires publics, elle est au niveau des deux gouvernorats de Tunis et Sfax, qui hébergent près de 30 % du parc des restaurants universitaires publics.⁴

Le tableau 7 donne l'évolution du nombre des établissements publics du secteur de l'enseignement supérieur sur la période 1994-2017.

Tableau 7: Evolution du nombre des établissements publics du secteur de l'enseignement supérieur sur la période 1994-2017.

Type d'établissement	Nombre										
	1994	2003	2004	2005	2006	2007	2012	2014	2015	2016	2017

⁴ Idem.

Universités publiques (y compris virtuelle)	6	7	-	10	-	13	13	13	13	13	13
Autres types d'établissements	85	-	150	-	190	193	197	203	-	-	204

Source : ESCWA, 2021.

Le présent rapport s'intéressera dans ses sections suivantes aux bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur.

La répartition du parc des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur selon le zonage climatique, en 2017 est donné par le tableau 8.

Tableau 8: Répartition du parc des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur selon le zonage climatique - 2017.

Zone climatique	Nombre des établissements	Surface couverte (m ²)
ZT1	163	2 200 500
ZT2	41	553 500
ZT3	5	67 500
Total	209	2 821 500

Source :GLZ, 2020.

4) Utilisation de l'énergie dans les bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur

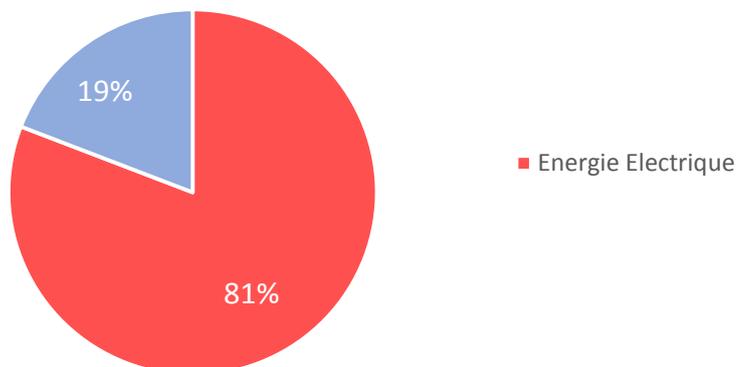
a) Consommation d'énergie

La consommation d'énergie finale des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur a atteint 6 614 tep en 2017, dont environ 81 % de l'énergie électrique et environ 19 % de l'énergie thermique (principalement, du gaz naturel).⁵

La figure 1 donne la répartition de la consommation d'énergie finale des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur par forme d'énergie, en 2017.

⁵ ESCWA, 2021.

Figure 1: Répartition de la consommation d'énergie finale dans les bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur par forme d'énergie, en 2017.



Source : ESCWA, 2021.

Par ailleurs, la consommation d'énergie primaire des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur, a atteint 15 064 tep en 2017, dont la part du lion (environ 92 %) revient à l'électricité.⁶

b) Postes et structure de la consommation d'énergie

i) Energie électrique

Les principaux postes de consommation d'énergie électrique rencontrés dans les bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur sont :

- L'éclairage ;
- Le refroidissement des locaux, y compris la ventilation ;
- Les équipements bureautiques ;
- Les équipements des buvettes ;
- Les équipements auxiliaires.

L'éclairage représente le poste le plus gourmand en énergie électrique avec une part d'environ la moitié (47 %), suivi équitablement par le refroidissement des locaux (18 %) et les équipements des buvettes (18 %), puis les équipements informatiques (11 %) et, enfin, les équipements auxiliaires (6 %).⁷

Le tableau 9 donne la structure de la consommation d'énergie électrique dans les bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur, par poste, en 2017.

⁶ Idem.

⁷ Idem.

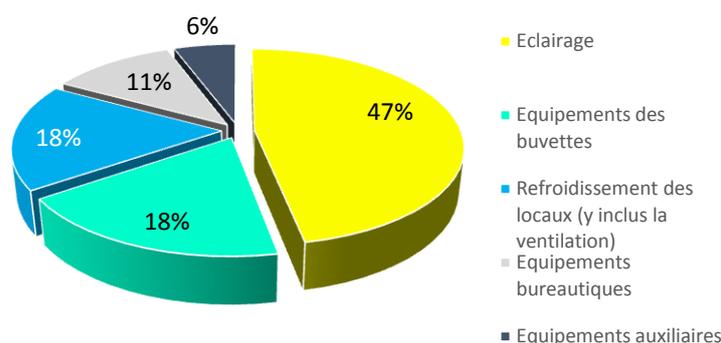
Tableau 9: Structure de la consommation d'énergie électrique dans les bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur, en 2017.

Poste de consommation d'énergie électrique	Energie Finale		Energie Primaire
	(MWh)	(tep)	(tep)
Eclairage	29 190	2 510	6 476
Equipements des buvettes	11 461	986	2 544
Refroidissement des locaux (y compris la ventilation)	10 923	939	2 423
Equipements bureautiques	7 077	606	1 571
Equipements annexes	3 539	304	784
Total	62 190	5 348	13 798

Source : ESCWA, 2021.

La figure 2 donne la structure de la consommation d'énergie électrique dans les bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur en pourcentage, en 2017.

Figure 2: Structure de la consommation d'énergie électrique dans les bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur en pourcentage, en 2017.



Source : ESCWA, 2021.

ii) Energiethermique

Les principaux postes de consommation d'énergie thermique rencontrés dans les bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur sont :

- Le chauffage des locaux ;
- La production de l'eau chaude sanitaire ;
- La cuisson ;
- Les équipements de laboratoires/ateliers ;

Le chauffage des locaux représente le poste le plus gourmand de la consommation d'énergie thermique avec une part d'environ trois quart (77 %), suivi par la production de

l'eau chaude sanitaire (16 %), puis la cuisson (4 %) et, enfin, les équipements des laboratoires/ateliers (3 %).

Le tableau 10 donne la structure de la consommation d'énergie thermique dans les bâtiments des établissements d'enseignement supérieur publics, en 2017.

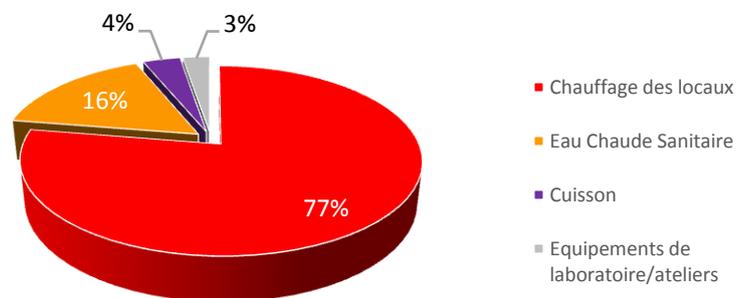
Tableau 10: Structure de la consommation d'énergie thermique dans les bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur, en 2017.

Poste de consommation d'énergie thermique	Energie Finale / Primaire
	(TEP)
Chauffage des locaux	982
Eau Chaude Sanitaire	205
Cuisson	46
Equipements de laboratoires/ateliers	33
Total	1 266

Source : ESCWA, 2021.

La figure 3 donne la structure de la consommation d'énergie thermique dans les bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur en pourcentage, en 2017.

Figure 3: Structure de la consommation d'énergie thermique dans les bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur en pourcentage, en 2017.



Source : ESCWA, 2021.

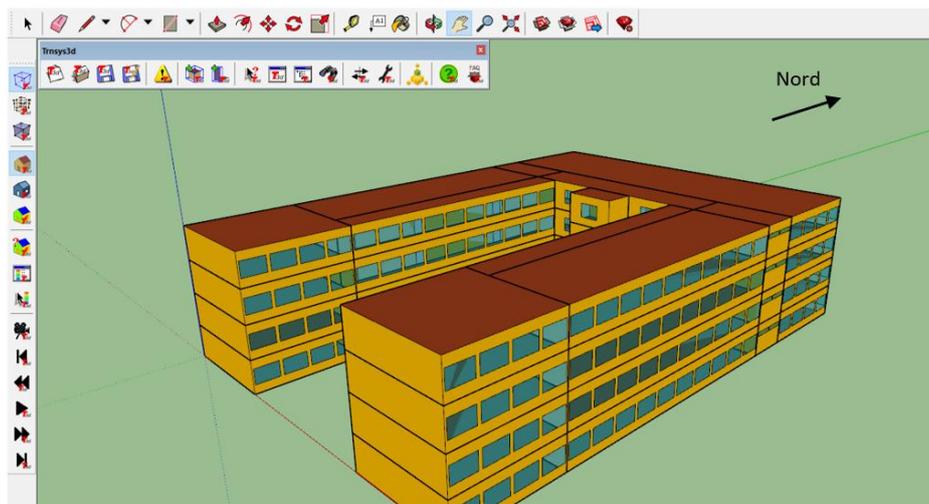
III. Bâtiment de référence considéré pour les bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur en Tunisie

Le plan d'action de rénovation énergétique objet de la présente étude a été développé pour les bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur. Dans ce cadre, un bâtiment représentatif de ce type de bâtiments a été identifié et considéré en tant que bâtiment de référence pour la réalisation des simulations énergétiques par le logiciel TRNSYS. Il s'agit de la tour « Roussel » de l'ENIT.

a) Configuration géométrique et zonage thermique du bâtiment de référence

Le bâtiment de référence considéré se compose d'un Rez-de-chaussée plus trois (3) étages. Il a une forme en « U ». Il se compose de deux (2) ailes : Aile EST (le bloc de droite, en se dirigeant vers l'entrée principale de la tour) et aile OUEST (le bloc de gauche). La partie de la tour reliant les deux ailes est orientée au NORD (le bloc central). La figure 4 donne une illustration 3D du bâtiment de référence, par le logiciel TRNSYS.

Figure 4: Illustration 3D du bâtiment de référence, par le logiciel TRNSYS.

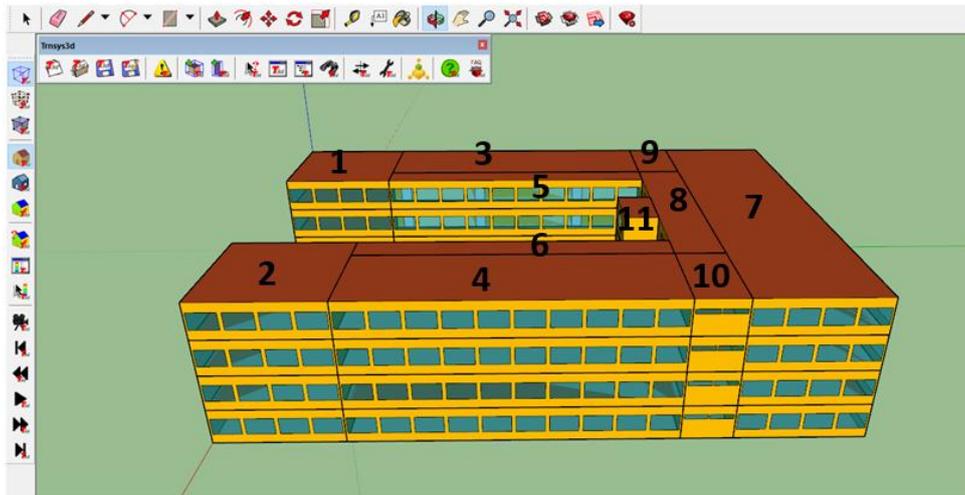


Source : Auteur.

Chaque étage est formé de 11 zones thermiques (voir figure 5) :

- Zones 1/2 : salle au bout de l'aile Ouest/Est de la tour (dimensions : 10 m * 10 m)
- Zones 3/4 : groupe de salles occupant le milieu de l'aile Ouest/Est de la tour (dimensions : 25 m * 7,5 m)
- Zones 5/6 : couloir de l'aile Ouest/Est de la tour sur lequel donne le groupe de salles (dimensions : 25 m * 2,5 m)
- Zone 7 : groupe de salles au niveau du bloc central de la tour (dimensions : 35 m * 10 m)
- Zone 8 : couloir central au niveau du bloc central de la tour (dimensions : 20 m * 4 m)
- Zones 9/10 : cage d'escalier Ouest/Est servant l'aile droite/gauche de la tour (dimensions : 7,5 m * 4 m)
- Zone 11 : cage d'escalier centrale (principale) servant le couloir du bloc central de la tour (dimensions : 3 m * 5 m).

Figure 5: Différentes Zones thermiques du bâtiment de référence.



Source : Auteur.

b) Qualité thermique et composition des parois du bâtiment de référence

L'enveloppe du bâtiment de référence est caractérisée par une qualité thermique médiocre. En effet, les murs extérieurs et la toiture ne sont pas isolés. De plus, le bâtiment présente un taux de vitrage élevé, égale à 60%. Ses fenêtres sont en aluminium avec simple vitrage clair.

Le tableau 11 donne les caractéristiques thermo-physiques des parois composant le bâtiment de référence.

Tableau 11: Caractéristiques thermo-physiques des parois du bâtiment de référence.

Paroi	Matériaux (de l'intérieur vers l'extérieur)	Epaisseur (cm)	Conductivité (kJ/h.m.K)	Capacité (kJ/kg.K)	Masse volumique (kg/m ³)	Résistance (h.m ² .K/kJ)
Cloisons intérieures	Mortier bâtard	1,5	4,14	1,08	1900	
	Brique à trous	6,5	1,69	0,94	700	
	Mortier bâtard	2	4,14	1,08	1900	
Murs extérieurs	Mortier bâtard	2	4,14	1,08	1900	
	Brique plâtrière	6,5	1,69	0,94	700	
	Lame d'air	4	-	-	-	0,05
	Brique à trous	20	1,69	0,94	700	
	Mortier ciment	2,5	5,04	1,08	2100	
Planchers intermédiaires	Mortierbâtard	2	4,14	1,08	1900	
	Corps creux	19	3,38	0,90	817	
	Béton armé	6	0,63	0,96	2400	
	Mortier ciment	2	5,04	1,08	2100	

	Sable	7	1,19	0,835	1600	
	Mortier ciment	2	5,04	1,08	2100	
	Dallage	2	7,56	0,336	2200	
Toiture	Mortier bâtard	2	4,14	1,08	1900	
	Hourdis	19	3,38	0,90	817	
	Béton armé	6	5,40	0,96	2400	
	Béton cellulaire	10	0,72	1	510	
	Mortier ciment	3	5,04	1,08	2100	
	Etanchéité	0,5	2,52	1	2100	
	Plancher bas	Béton plein	10	5,04	0,96	3000
Sable		7	1,19	0,835	1600	
Carrelage		2	1,69	1,08	2000	
Isolant thermique		0	0,1	0,1	70	

Source : ESCWA, 2021.

c) Systèmes techniques utilisés dans le bâtiment de référence

Système d'éclairage :

L'éclairage des locaux est assuré par des luminaires plafonniers, équipés de tubes néon de 1,20 m de long et d'une puissance de 36 W par tube. La densité d'éclairage moyenne est de 10 W/m².

Système de chauffage :

Tous les locaux du bâtiment sont chauffés en hiver, y compris les couloirs. Le chauffage est assuré par une installation de chauffage centrale à eau chaude produite par une chaufferie à base de chaudières fonctionnant au gaz naturel. Les calories sont transportées à travers des conduites en acier noir et distribuées par des radiateurs en fonte.

Système de refroidissement :

Seulement quelques locaux du bâtiment (certaines salles de classes et les laboratoires) sont refroidis en été par des climatiseurs de type split-système.

IV. Mesures de rénovation énergétique génériques appropriées pour le bâtiment de référence

Des simulations énergétiques dynamiques du comportement du bâtiment de référence, en utilisant le logiciel TRNSYS, ont été effectuées par l'équipe du MEDREC avec l'appui technique de l'équipe de l'ENIT et l'Expert en charge de l'étude.

Les mesures d'amélioration de l'efficacité énergétique étudiées se répartissent en deux catégories:

- Mesures passives (au niveau de l'enveloppe du bâtiment) : Cinq (5) mesures passives d'amélioration de l'efficacité énergétique de l'enveloppe du bâtiment ont été considérées :

- MP1 : Isolation thermique de la toiture. Une isolation thermique par des panneaux de polystyrène extrudé ayant les caractéristiques thermo-physiques suivantes a été considérée :

Epaisseur (cm)	Conductivité thermique (kJ/h.m.K)	Capacité thermique (kJ/kg.K)	Densité (kg/m ³)
5	0,105	1,18	35

- MP2 : Isolation thermique des murs extérieurs. Une isolation thermique par des panneaux de polystyrène expansé ayant les caractéristiques thermo-physiques suivantes a été considérée :

Epaisseur (cm)	Conductivité thermique (kJ/h.m.K)	Capacité thermique (kJ/kg.K)	Densité (kg/m ³)
5	0,141	1,38	25

- MP3 : Amélioration de l'efficacité énergétique du vitrage. Trois (3) types de vitrage ont été considérés :

Type du vitrage	Epaisseur (mm)	U (W/m ² .K)	g	T-sol	Rf-sol	T-vis-lumière du jour
Simple vitrage réfléchissant	6	5,73	0,837	0,789	0,080	0,890
Double vitrage clair avec Air	6/8/6	3,21	0,722	0,627	0,130	0,797
Double vitrage réfléchissant	6/8/6	2,76	0,466	0,377	0,322	0,299
Double vitrage basse émissivité avec Argon	6/14/4	1,01	0,330	0,301	0,291	0,600

- MP4 : Ombrage des fenêtres. Trois (3) types d'ombrage des fenêtres ont été considérés :

Type d'ombrage	Description
Brise-soleils verticaux fixes (5 éléments)	Un ombrage extérieur fixe à base de brise-soleils verticaux fixes en 5 éléments, pour les fenêtres orientées EST et OUEST.
Brise-soleils verticaux fixes	Un ombrage extérieur fixe à base de brise-soleils

(9 éléments)	verticaux fixes en 9 éléments, pour les fenêtres orientées EST et OUEST.
Volet roulant contrôlé	Un ombrage extérieur mobile à base de volet roulant contrôlé en fonction de l'éclairement solaire.

- MP5 : Adoption d'une ventilation naturelle nocturne en été, en ouvrant les fenêtres de 08h:00 du soir jusqu'à 08h:00 du matin.
- Mesures actives (au niveau des systèmes techniques du bâtiment) : Deux (2) mesures actives d'amélioration de l'efficacité énergétique des systèmes techniques du bâtiment ont été considérées :
- MA1 : Amélioration de l'efficacité énergétique du système d'éclairage, en utilisant un éclairage LED.
 - MA2 : Amélioration des performances énergétiques des systèmes de chauffage et de refroidissement, en utilisant des climatiseurs individuels de type split-système réversibles (chaud et froid), équipés d'un compresseur de type "Inverter" et de classe de performance énergétique 1 :

	COP (Chauffage)	EER (Refroidissement)
Coefficient / Niveau	5	4,5

L'analyse et l'évaluation des sorties des simulations énergétiques réalisées pour le bâtiment de référence ont permis d'obtenir les résultats présentés dans le tableau 12.

Tableau 12 : Résultats des simulations énergétiques réalisées pour le bâtiment de référence.

Mesure d'efficacité énergétique	Réduction des besoins de CH/REF (%)	Economie d'énergie (%)
Mesures passives		
MP1 : Isolation thermique de la toiture par des panneaux de polystyrène extrudé de 5cm d'épaisseur.	1,12	3,19
MP2 : Isolation thermique des murs extérieurs par des panneaux de polystyrène expansé de 5 cm d'épaisseur.	0,29	3,2
MP3 : Amélioration de l'efficacité énergétique du vitrage, en utilisant :		
- Un simple vitrage réfléchissant,	13,2	5,7
- Un double vitrage clair avec Air,	2,1	10,4
- Un double vitrage réfléchissant,	16,6	20,2
- Un double vitrage basse émissivité avec Argon.	21,2	27,2

MP4 : Ombrage des fenêtres, en utilisant :		
- Des brise-soleils verticaux fixes (5 éléments),	8,8	-0,4
- Des brise-soleils verticaux fixes (9 éléments),	14,2	-1,4
- Un volet roulant contrôlé.	29,2	9,68
MP5 : Adoption d'une ventilation naturelle nocturne en été, en ouvrant les fenêtres de 08h:00 du soir jusqu'à 08h:00 du matin.	24,67	19,98
Mesures actives :		
- MA1 : Amélioration de l'efficacité énergétique du système d'éclairage, en utilisant un éclairage LED.	1,48	23,7
- MA2 : Amélioration des performances énergétiques des systèmes de chauffage et de refroidissement, en utilisant des climatiseurs individuels de type split-système réversibles (chaud/froid), équipés d'un compresseur de type "Inverter" et de classe de performance énergétique 1 (COP = 4 & EER = 5)	-	50,08

Source : Auteur, 2023.

Ainsi, les mesures d'efficacité énergétiques qui présentent un gain d'énergie important (supérieur ou égale à 20%) pour les usages énergétiques significatifs (chauffage, refroidissement et éclairage), dont la faisabilité technique est simple et la mise en œuvre est maîtrisée en Tunisie, ont été considérées comme des mesures de rénovation énergétique appropriées. Ces mesures de rénovation énergétique génériques, qui constitueront le plan d'action de rénovation énergétique des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur, sont :

- Mesures passives (au niveau de l'enveloppe du bâtiment) :
 - Adoption d'une ventilation naturelle nocturne en été (ouverture des fenêtres durant la nuit) ;
 - Utilisation d'un double vitrage basse émissivité avec Argon à l'EST et l'OUEST et un double vitrage clair avec Air au SUD et au NORD.
- Mesures actives (au niveau des systèmes techniques du bâtiment) :
 - Utilisation d'un éclairage LED ;
 - Utilisation des climatiseurs individuels de type "split-système" réversibles (chaud et froid), équipés d'un compresseur de type "Inverter" et de classe de performance énergétique 1 (COP = 4 et EER = 5).

V. Instruments financiers et incitatifs existants, appropriés pour la rénovation énergétique des bâtiments dans le secteur de l'enseignement supérieur en Tunisie

Il existe quelques instruments financiers/incitatifs qui soutiennent la rénovation énergétique des bâtiments tertiaires existants en Tunisie (dont les bâtiments du secteur de l'enseignement supérieur). Une description succincte de ces instruments est présentée ci-dessous :

- Le programme d'audit énergétique : Il s'agit d'un programme institutionnel continu qui s'applique aux bâtiments tertiaires existants (dont les bâtiments du secteur d'enseignement supérieur) sur une base volontaire, en plus d'être obligatoire pour les bâtiments énergivores (qui consomment plus de 500 tep d'énergie primaire par an). Cet outil permet de diagnostiquer et évaluer les performances énergétiques du bâtiment (enveloppe et installations techniques), d'identifier les potentiels d'économie d'énergie et de proposer un plan d'action d'économie d'énergie. Le Fond de Transition Energétique (FTE) accorde, dans ce cadre, une prime à l'audit de 70% avec un plafond de 30 mille dinars, une prime d'accompagnement pour la mise en œuvre du plan d'action de 70% avec un plafond de 70 mille dinars et une prime à l'investissement matériel de 30% avec un plafond de 200 mille dinars. Le FTE accorde aussi un crédit d'investissement de 400 mille dinars. Cependant, il est à souligner que la composante crédit du FTE n'est pas encore opérationnelle.
- Le FTE : qui accorde une prime à l'investissement matériel de 30% avec un plafond de 200 mille dinars, spécifique pour la réhabilitation énergétique des bâtiments existants (y inclus les bâtiments du secteur d'enseignement supérieur).
- Le programme de Transition Energétique dans les Etablissements Publics (TEEP) : Il s'agit d'un programme à court terme qui vise à améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments existants propriétés de l'Etat (dont les bâtiments du secteur d'enseignement supérieur) et à les équiper par des installations d'autoproduction d'électricité à partir de l'énergie solaire photovoltaïque, raccordées au réseau. Ce programme prend en charge, en formule clé en main, la mise en œuvre de mesures d'efficacité énergétique génériques au niveau des installations techniques du bâtiment (éclairage et climatisation, en tant qu'usages énergétiques significatifs) et l'équipement du bâtiment d'un système d'autoproduction d'électricité par l'énergie solaire PV, raccordé au réseau.

VI. Plan d'action de rénovation énergétique des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur en Tunisie

Le plan d'action de rénovation énergétique des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur en Tunisie proposé se compose des quatre (4) mesures d'efficacité énergétique génériques suivantes :

- Au niveau de l'enveloppe du bâtiment :

- Adoption d'une ventilation naturelle nocturne en été (ouverture des fenêtres durant la nuit) ;
- Utilisation d'un double vitrage basse émissivité avec Argon à l'EST et l'OUEST, un double vitrage clair avec Air au SUD et au NORD.
- Au niveau des systèmes techniques du bâtiment :
 - Utilisation d'un éclairage LED ;
 - Utilisation des climatiseurs individuels de type "split-système" réversibles (chaud et froid), équipés d'un compresseur de type "Inverter" et de classe de performance énergétique 1 (COP = 4 et EER = 5).

Le plan d'action proposé est présenté dans le tableau 13.

Tableau 13: Plan d'action de rénovation énergétique des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur en Tunisie

Mesure de rénovation énergétique	Nature	Réduction des besoins de chauffage/refroidissement		Economie d'énergie finale		Economie sur la facture énergétique de l'établissement	Investissement nécessaire	Temps de retour
		(%)	(kwh/m ² .an)	(%)	(kwh/m ² .an)	(DT/m ² .an)	(DT/m ²)	(An/Mois)
Adoption d'une ventilation naturelle nocturne en été à travers l'ouverture des fenêtres	Passive	24,7	10,9	20,0	3,9	1,4	0	0 / 0
Utilisation d'un double vitrage de type clair avec air au SUD et au NORD et de type basse émissivité avec Argon à l'EST et à l'OUEST	Passive	21,2	9,3	27,2	5,3	1,1	37,9	34/ 6
Utilisation d'un système d'éclairage LED	Active	1,5	0,7	23,7	8,6	3,0	13,9	4 / 7
Utilisation des climatiseurs individuels de type "Split-System" réversible (chaud et froid) doté d'un compresseur de type "Inverter" et de classe de performance énergétique 1 (COP = 5 et EER = 4,5)	Active	-	-	50,1	9,7	3,4	96,2	28/1
Ombrage des fenêtres par des brise-soleils verticaux fixes (9 éléments),	Passive	14,2	6,3	-1,4	-0,3	0,9		
Isolation thermique de la toiture par des panneaux de polystyrène extrudé de 5cm	Passive	1,1	0,5	3,2	0,6	0,045		

d'épaisseur.								
--------------	--	--	--	--	--	--	--	--

Source : Auteur, 2023.

La mise en œuvre du plan d'action de rénovation énergétique nécessitera un investissement total de l'ordre de 148 dinars/m² de surface couverte du bâtiment de l'établissement d'enseignement supérieur.

VII. Mesures d'accompagnement pour la mise en œuvre du plan d'action de rénovation énergétique des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur en Tunisie

Afin d'assurer la mise en œuvre effective et garantir l'impact recherché des mesures de rénovation énergétique des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur en Tunisie prévues par le plan d'action, il convient d'envisager les mesures d'accompagnement suivantes :

- Allouer le financement nécessaire pour la mise en œuvre du plan d'action (à travers le FTE, et/ou le programme TEEP et/ou le budget de l'Etat, etc.).
- Exonérer les climatiseurs à haute performance énergétique ($COP \geq 5$ & $EER \geq 4,5$), dans le cadre de la mise en œuvre du plan d'action, des droits de douane et de la TVA.
- Développer un cahier des charges type pour la sélection d'une entreprise pour la mise en œuvre des mesures de rénovation énergétique objet du plan d'action.
- Accompagner les établissements dans la mise en œuvre des mesures de rénovation énergétique objet du plan d'action, par des experts techniques. Une liste des experts éligibles doit être établie.
- Sensibiliser/Former le personnel chargé de la maintenance du bâtiment au maintien en bon état des éléments architecturaux (fenêtres, etc.) / équipements techniques (éclairage, chauffage, refroidissement, etc.) ayant un impact sur la performance énergétique du bâtiment.
- Sensibiliser les occupants du bâtiment aux bonnes pratiques d'utilisation des éléments architecturaux (fenêtres, etc.) / équipements techniques (éclairage, chauffage, refroidissement, etc.) ayant un impact sur la performance énergétique du bâtiment (Ventilation journalière/nocturne, utilisation des systèmes d'éclairage, utilisation des climatiseurs, etc.).

VIII. Impacts énergétiques, environnementaux et économiques du plan d'action de rénovation énergétique du parc des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur, dans la zone climatique ZT1

L'impact de la généralisation de la mise en œuvre du plan d'action de rénovation énergétique défini dans la section VI pour le parc des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur dans la zone climatique ZT1 (zone côtière) a été estimé en terme énergétique, économique et environnemental pour les établissements et pour l'Etat. Le tableau 14 donne l'estimation de cet impact.

Tableau 14 : Impacts énergétiques, environnementaux et économiques de la mise en œuvre du plan d'action de rénovation énergétique du parc des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur, dans la zone climatique ZT1.

Mesure de rénovation énergétique	Economie d'énergie		Economie sur la facture énergétique (MDT/an)		Emissions Evitées (kteqCO ₂ /an)
	Energie Finale (ktep/an)	Energie Primaire (ktep/an)	Etablissements	Etat	
Adoption d'une ventilation naturelle nocturne en été à travers l'ouverture des fenêtres	0,7	1,7	3,0	1,2	3,9
Utilisation d'un double vitrage de type clair avec air au SUD et au NORD et de type basse émissivité avec Argon à l'EST et à l'OUEST	1,0	1,6	2,4	1,1	3,8
Utilisation d'un système d'éclairage LED	1,6	3,6	6,6	2,5	8,7
Utilisation des climatiseurs individuels de type "Split-System" réversible (chaud et froid) doté d'un compresseur de type "Inverter" et de classe de performance énergétique 1 (COP = 5 et EER = 4,5)	1,8	4,1	7,5	2,9	9,9
Ombrage des fenêtres par des brise-soleils verticaux fixes (9 éléments),	-0,1	0,7	1,9	0,5	1,7
Isolation thermique de la toiture par des panneaux de polystyrène extrudé de 5cm	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3

d'épaisseur.					
Toutes les mesures combinées					

Source : Auteur, 2023.

La mise en œuvre du plan d'action de rénovation énergétique dans l'ensemble des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur de la zone climatique « ZT1 » nécessitera un financement de l'ordre de 325 millions de dinars.

Bibliographie

Agence Allemande de Coopération Internationale pour le Développement (GIZ) (2020). Programme d'Efficacité Energétique des Bâtiments (PEEB) : Rapport de la cartographie énergétique des bâtiments publics en Tunisie. (Non publié)

Commission Economique et Sociale des Nations Unies pour l'Asie Occidentale (ESCWA) (2021). Rapport de l'étude d'évaluation de la situation de l'utilisation de l'énergie dans le secteur des bâtiments en Tunisie. (Non publié)

Annexe I : Données et hypothèses considérées pour les simulations énergétiques du bâtiment de référence

Description / Configuration géométrique du bâtiment de référence

La tour Roussel de l'ENIT est un bâtiment en forme de « U », ayant deux ailes : l'une est orientée à l'EST (bloc à droite lorsqu'on se dirige pour accéder à la tour à travers le bloc central) et l'autre orientée à l'OUEST (bloc à gauche). La partie de la tour reliant les deux ailes est orientée au NORD (bloc central).

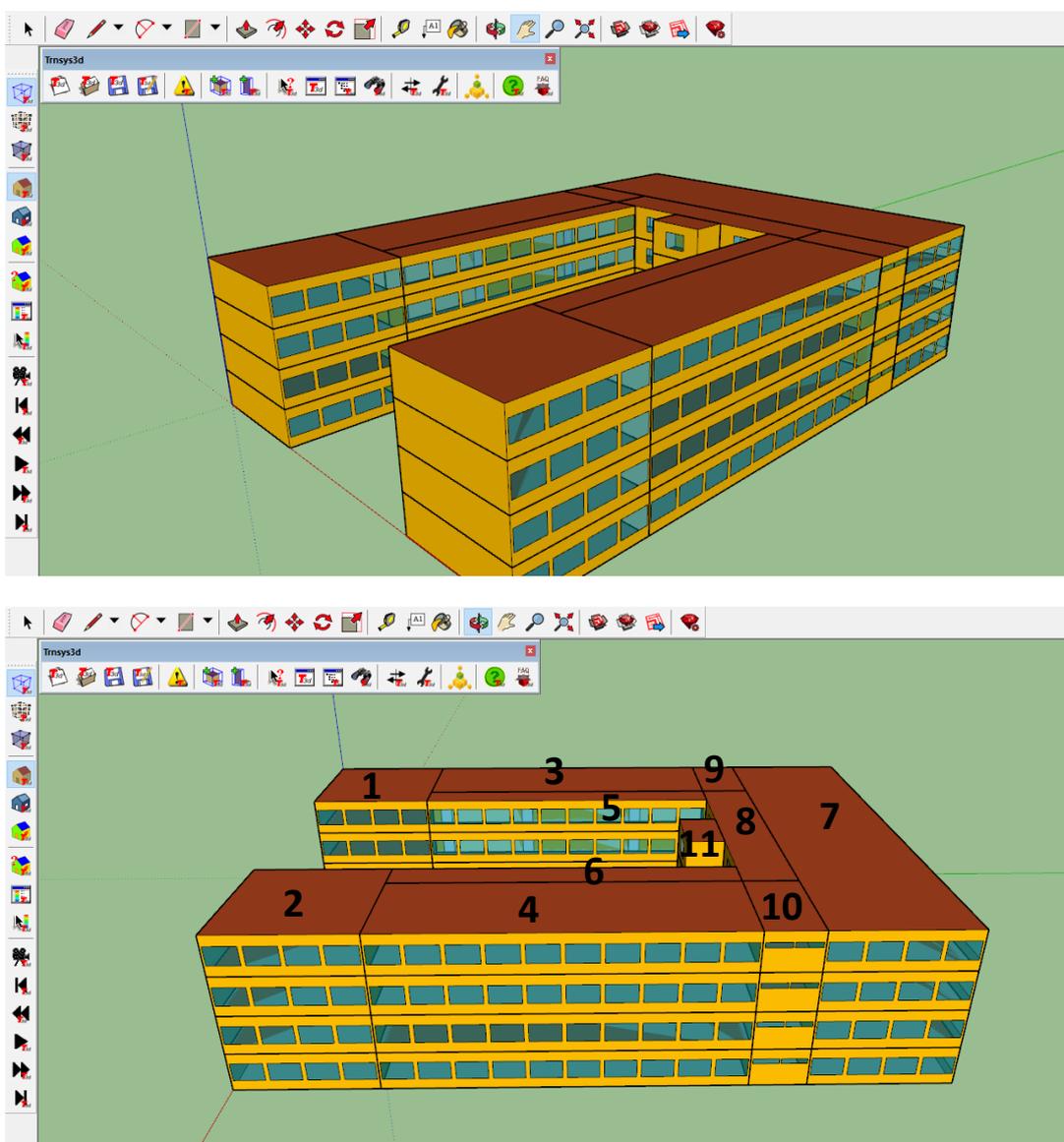


Figure 1. Configuration géométrique du bâtiment de référence

Chaque étage est formé de 11 zones (voir la numérotation des zones dans la Figure.1):

- 2 salles 10m*10m chacune au bout de chaque aile du bâtiment (zones 1 et 2)
- 2 groupes de salles chacun occupant le milieu d'une aile du bâtiment, de dimensions 25m*7,5m (zones 3 et 4)
- 2 couloirs sur lesquels donnent les groupes de salles des deux ailes du bâtiment de dimensions 25m*2,5m (zones 5 et 6)
- 1 groupe de salles au niveau du bloc central du bâtiment, de dimensions 35m*10m (zone 7)
- 1 couloir central au niveau du bloc central du bâtiment de dimensions 20m*4m (zone 8)
- 2 cages d'escalier, à droite et à gauche, servant respectivement l'aile droite et gauche du bâtiment, de dimensions 7,5m*4m (zones 9 et 10)
- 1 cage d'escalier centrale (principale) servant le couloir du bloc central du bâtiment de dimensions 3m*5m (zone 11)

La hauteur sous plafond de chaque zone est de 3m.

Compositions des parois du bâtiment

Paroi	Matériaux (de l'intérieur vers l'extérieur)	Epaisseur (cm)	Conductivité (kJ/h.m.K)	Capacité (kJ/kg.K)	Masse volumique (kg/m ³)	Résistance (h.m ² .K/kJ)
CLOISON_INT	MORTIER_BATARD	1,5	4,14	1,08	1900	
	BRIQUE_A_TROUS	6,5	1,69	0,94	700	
	MORTIER_BATARD	2	4,14	1,08	1900	
MUR_EXT	MORTIER_BATARD	2	4,14	1,08	1900	
	BRIQUE_PLATRIERE	6,5	1,69	0,94	700	
	LAME_AIR	0,4	-	-	-	0,05
	BRIQUE_A_TROUS	20	1,69	0,94	700	
	MORTIER_CIMENT	2,5	5,04	1,08	2100	
PLANCHER_INT	MORTIER_BATARD	2	4,14	1,08	1900	
	CORPS_CREUX	19	3,38	0,90	817	
	BETON_ARME	6	0,63	0,96	2400	
	MORTIER_CIMENT	2	5,04	1,08	2100	
	SABLE	7	1,19	0,835	1600	
	MORTIER_CIMENT	2	5,04	1,08	2100	
	DALLAGE	2	7,56	0,336	2200	
PLAFOND	MORTIER_BATARD	2	4,14	1,08	1900	
	HOUDIS	19	3,38	0,94	817	
	BETON_ARME	6	0,63	0,96	2400	
	BETON_CELLULAIRE	10	0,72	1	510	
	MORTIER_CIMENT	3	5,04	1,08	2100	
	ETANCHEITE	0,5	2,52	1	2100	
PLANCHER_BAS	BETON_PLEIN	10	5,04	0,96	3000	
	SABLE	7	1,19	0,835	1600	

	CARRELAGE	2	1,69	1,08	2000
--	-----------	---	------	------	------

Profils d'exploitation du bâtiment

1. Périodes et consignes de climatisation

- Saison de chauffage : 15 novembre jusqu'à 15 mars

Mise en marche des systèmes de chauffage de 07h30 à 16h30 du lundi au vendredi, et de 07h30 à 13h30 le samedi, avec une température de consigne de 20°C.

- Refroidissement : 1^{er} juin jusqu'à 30 septembre

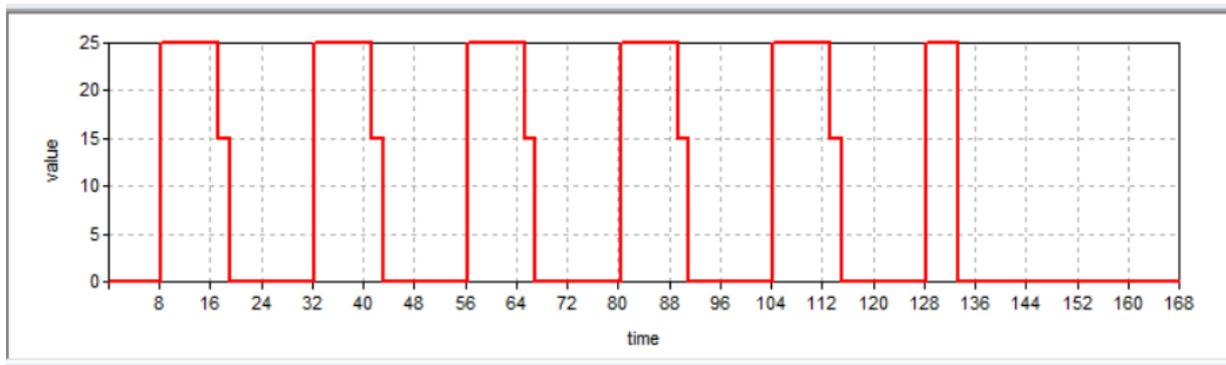
Mise en marche des systèmes de refroidissement de 08h30 à 14h00 avec une température de consigne égale 26°C.

2. Scénarios d'occupation

- Saison de chauffage

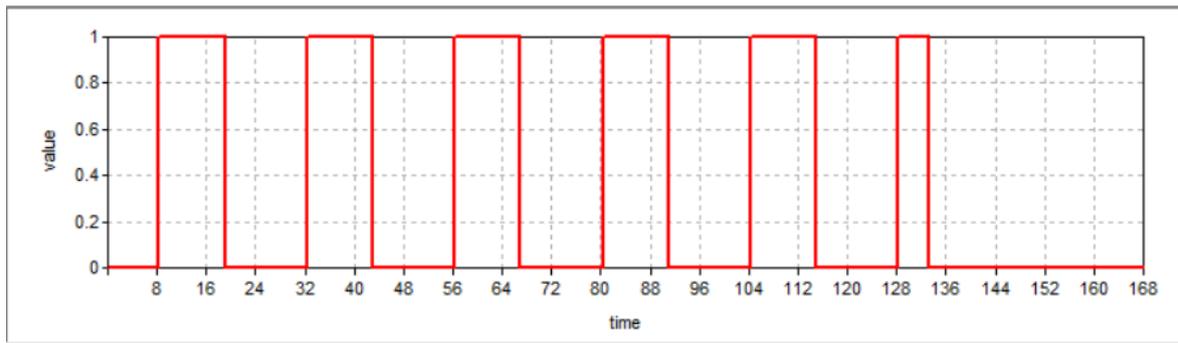
- Nombre d'occupants par salle pour la saison hivernale :

Les salles sont occupées de manière permanente, du lundi au vendredi, entre 8h30 et 19h et le samedi, entre 8h30 et 13h30. Du lundi au vendredi, le nombre d'occupants dans une salle de classe est égal à 25. Ce nombre est réduit à 15 à partir de 17h30 pour modéliser la diminution de l'occupation des salles à cet horaire.



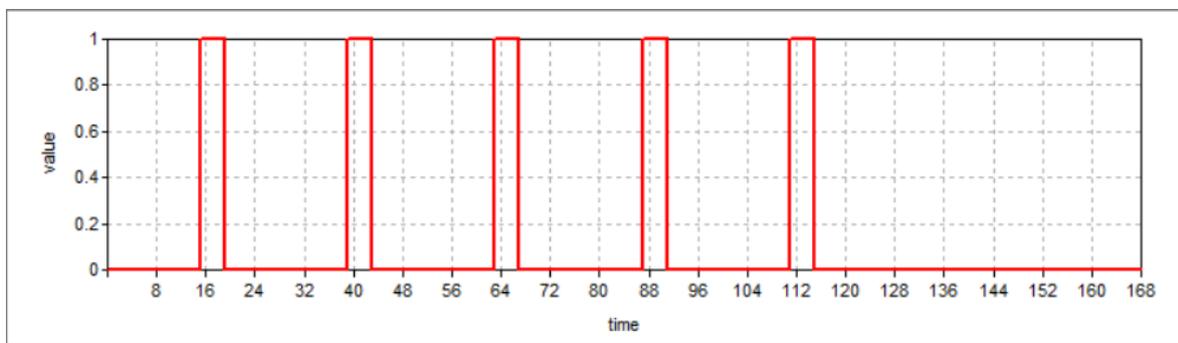
- Eclairage dans les salles des cours pour la saison hivernale :

Le scénario d'utilisation de l'éclairage dans les salles est présenté comme suit : Du lundi au vendredi entre 08h30 et 19h00, et le samedi de 08h30 et 13h30.



- Eclairage dans les couloirs et les cages d'escaliers pour la saison hivernale :

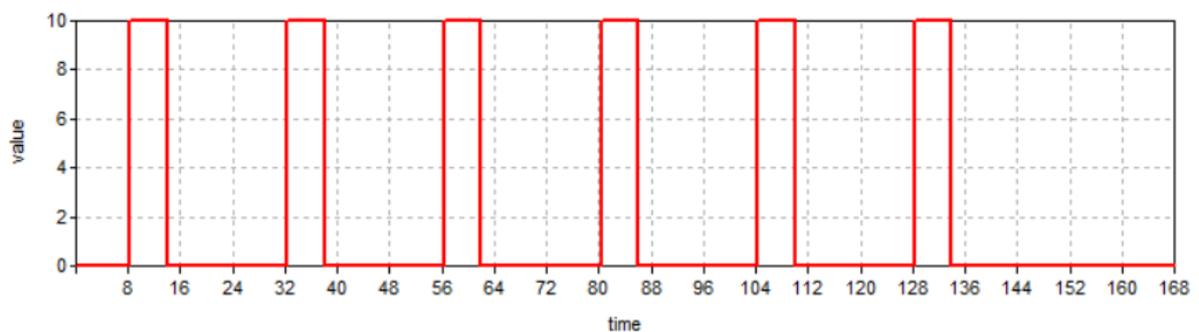
L'éclairage dans les couloirs et les cages d'escaliers est activé pendant l'hiver entre 16h30 et 19h00, du lundi au vendredi.



➤ Saison de refroidissement

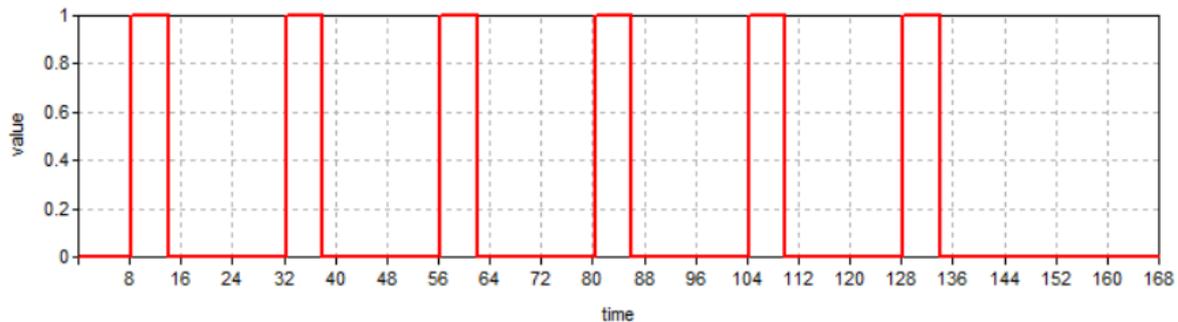
- Nombre des occupants par salle pour la saison estivale :

Les salles sont occupées de manière permanente, du lundi au samedi, entre 8h30 et 14h00. Le nombre de personnes dans une salle de classe est égal à 10.



- L'éclairage dans les salles pour la saison estivale :

L'éclairage dans les salles de cours est activé pendant l'été entre 08h30 et 14h00, du lundi au samedi.



- L'éclairage dans les couloirs et les cages d'escaliers pour la saison estivale

Aucun éclairage n'est prévu dans les couloirs et les cages d'escaliers pendant l'été.

3. Apports internes

- Les apports internes provenant des occupants :

Les apports internes provenant des occupants : gains générés à raison de 360 kJ/h par occupant (100 W en Chaleur sensible pour un occupant – travail de bureau selon les standards ANSI/ASHRAE), dans les salles de cours.

- Les apports internes provenant de l'éclairage :

Les apports internes provenant de l'éclairage : gains générés par des lampes fluorescentes à raison de **10 W/m²**, dans les salles de cours, les couloirs et les cages d'escaliers, en considérant les hypothèses suivantes :

Pour les salles de cours :

- Pendant l'hiver : l'ensemble des luminaires sont allumés
→ gains horaires (W) dans une zone = **10 W/m²** * superficie de la zone
- Pendant l'été : seulement la moitié des luminaires sont allumés
→ gains horaires (W) dans une zone = $\frac{1}{2}$ * **10 W/m²** * superficie de la zone

4. Infiltrations d'air incontrôlées

Les infiltrations d'air incontrôlées dans les zones sont représentées par des taux constants tout au long de la journée, pour les différentes zones du bloc universitaire, comme suit :

- **2** volumes par heure pour chacune des zones.

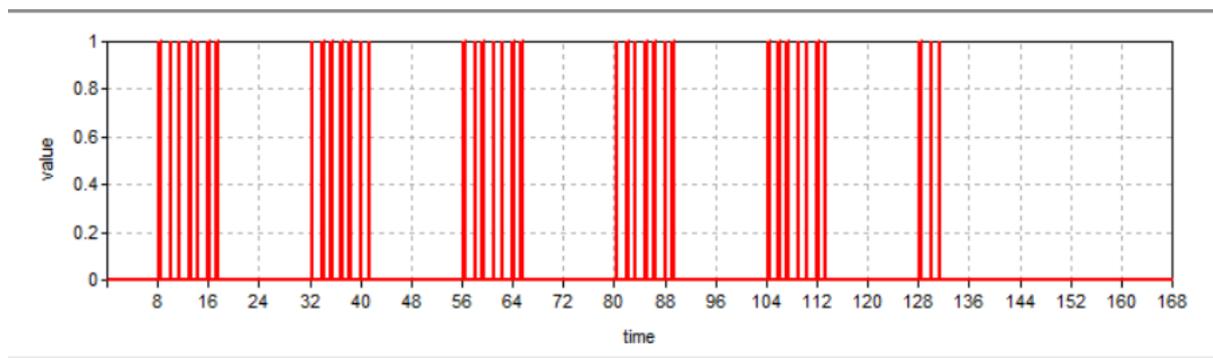
5. Ventilation

➤ Au niveau des salles des cours :

Les salles de classes sont ventilées de manière régulière (ventilation naturelle à travers l'ouverture des fenêtres) au début / après chaque séance de cours, pendant 15 minutes, avec un taux d'échange d'air de 8 vol/h.

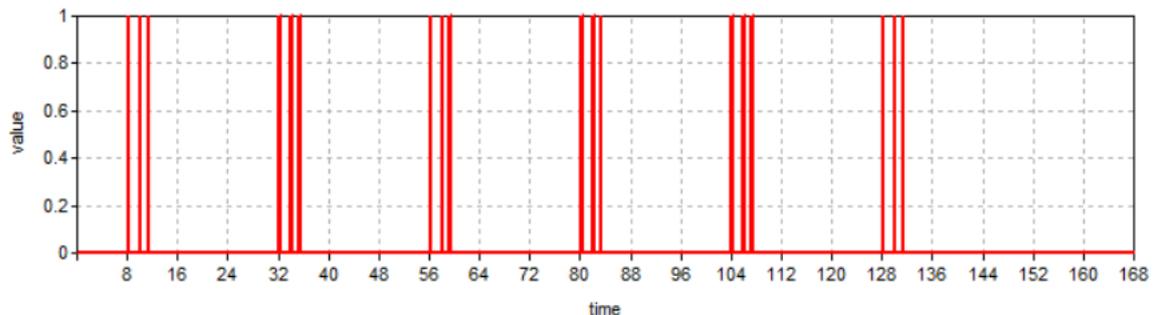
Les horaires d'ouverture des fenêtres en saison hivernale sont comme suit :

- Du lundi au vendredi : 8h30, 10h00, 11h30, 13h00, 14h30, 16h, 17h30.
- Le samedi : 8h30, 10h00, 11h30



Les horaires d'ouverture des fenêtres en saison estivale sont comme suit :

- Du lundi au samedi : 8h30, 10h00, 11h30



➤ Au niveau de la cage d'escalier centrale :

Les 2 portes d'accès principales à la tour, au niveau du RDC, qui communique avec la cage d'escalier centrale sont constamment ouvertes. Ainsi, une ventilation constante est considérée avec un taux d'échange d'air de 8 vol/h, et ce

Pour la saison hivernale : du lundi au vendredi, entre 8h30 et 19h00, et le samedi entre 8h30 et 13h30.

Pour la saison estivale : du lundi au samedi, entre 8h30 et 14h

➤ Au niveau des couloirs :

Il n'y a pas de ventilation prévue au niveau des couloirs. Les fenêtres des couloirs qui donnent sur l'extérieur sont considérées constamment fermées.

6. Echanges d'air entre les zones

Entre les cages des escaliers et les couloirs (entre zones 9-8 ; 10-8 et 11-8) : **8** vol/h.

Entre le couloir d'une aile du bâtiment et le couloir central reliant les 2 ailes (entre zones 5-8 et 6-8) : **8** vol/h.

Au niveau des cages des escaliers (entre un étage et un autre) : **8** vol/h.

Annexe II : Résultats des simulations énergétiques du bâtiment de référence

1) Isolation thermique de la toiture

Polystyrène Extrudé

Caractéristiques thermiques

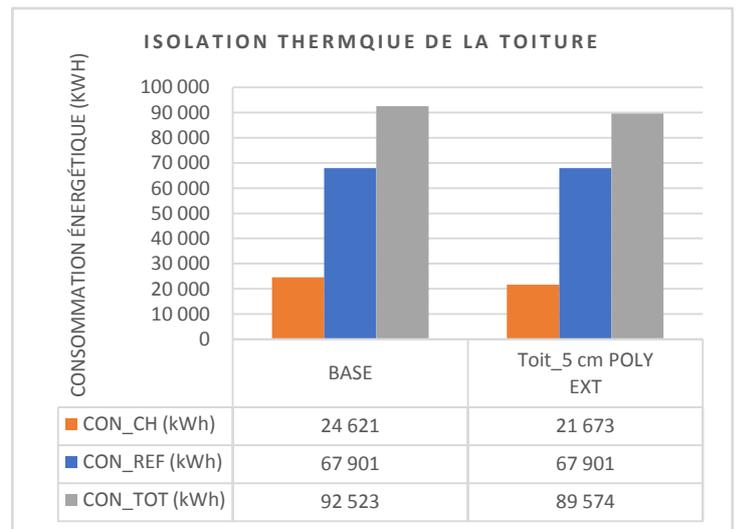
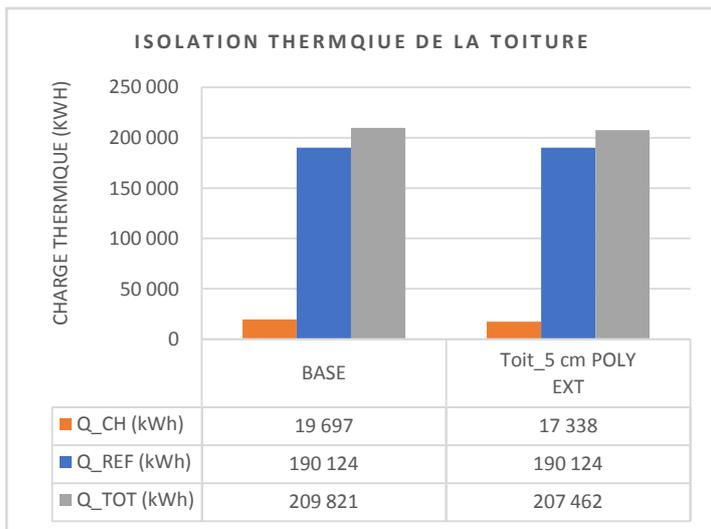
Layer	
new layer type:	POLY_EXT Massive Layer
thickness:	0.001 m
group:	Isolants_et_plastiques
material:	Poly_ext
conductivity:	0.105000 kJ / h m K
capacity:	1.180000 kJ / kg K
density:	35.000000 kg / m ³

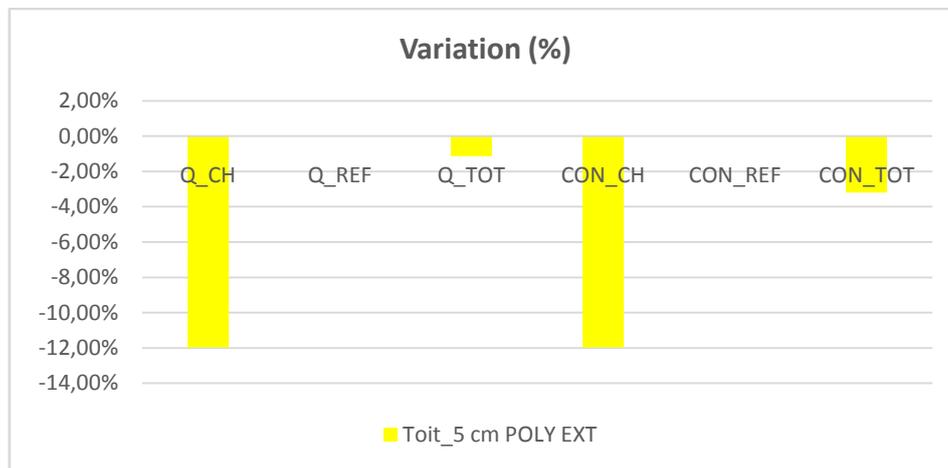
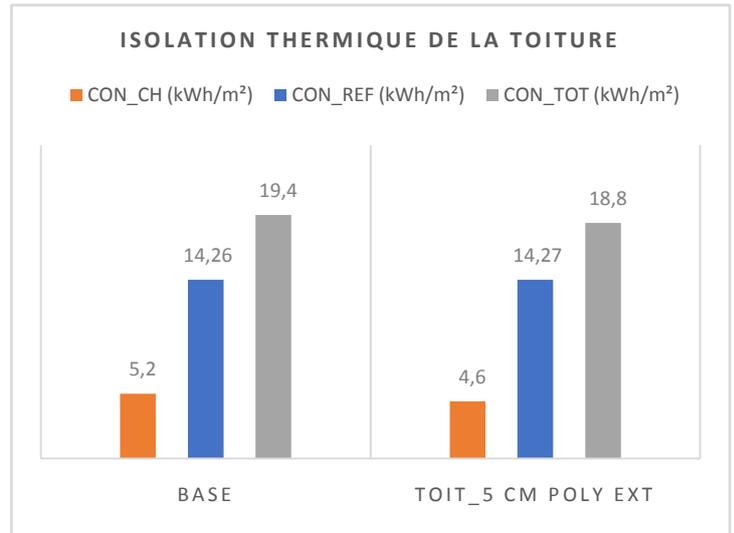
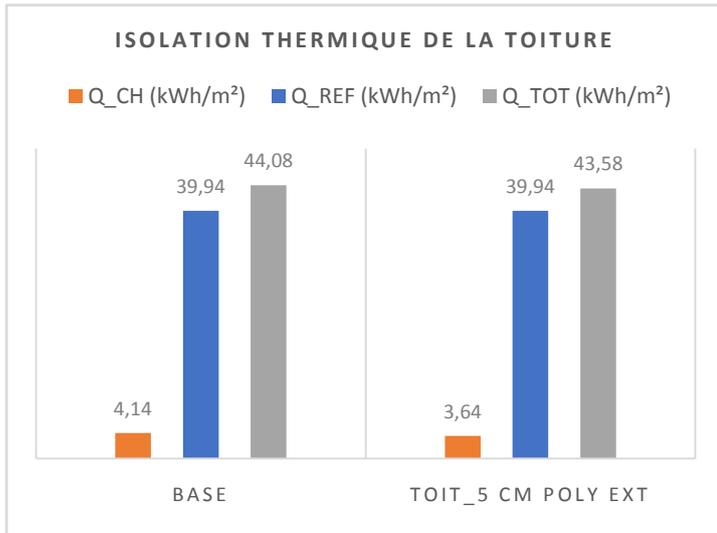
Toiture sans isolant :

U-value = 0,793

Toiture avec 5 cm de polystyrène extrudé :

U-value = 0,336





2) Isolation thermique des murs extérieurs

Polystyrène Expandé

Caractéristiques thermiques

Layer

new layer type:	POLY_EXP	Massive Layer	
thickness:	0.001 m	conductivity:	0.141000 kJ / h m K
group:	Isolants_et_plastiques	capacity:	1.380000 kJ / kg K
material:	Poly_exp	density:	25.000000 kg / m ³

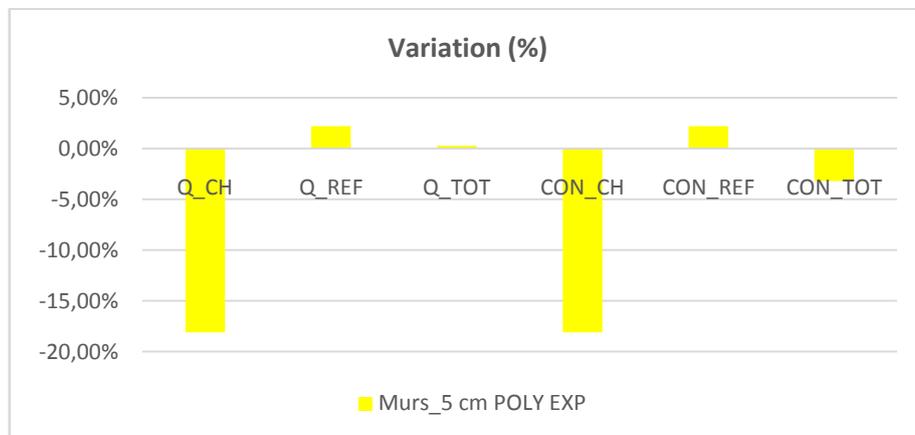
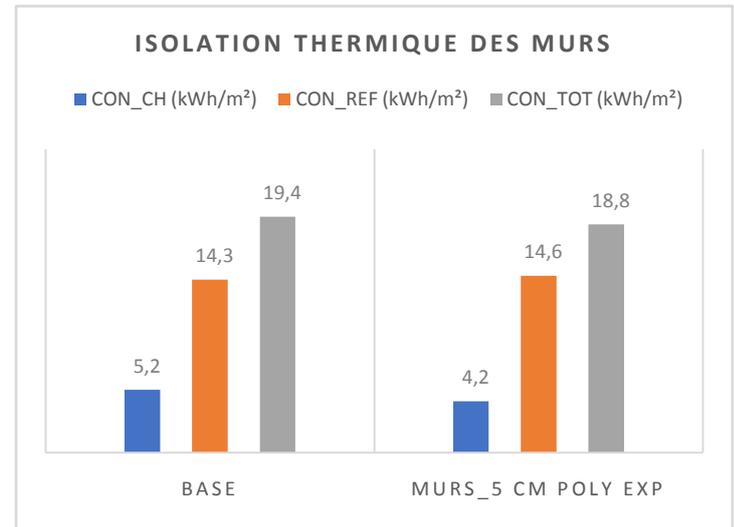
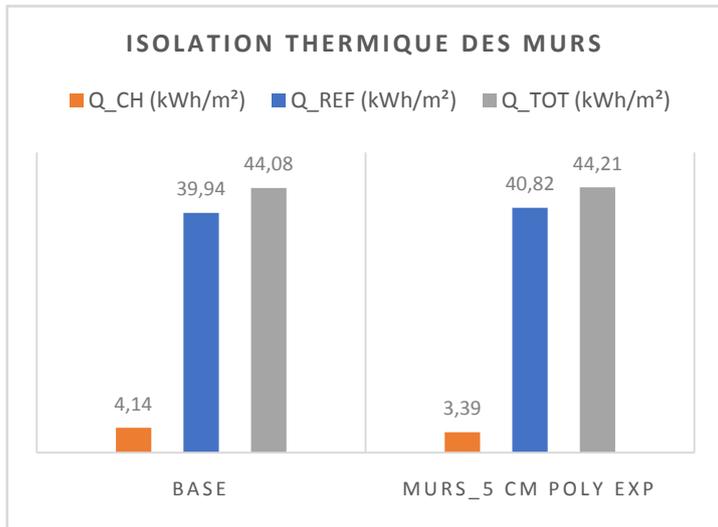
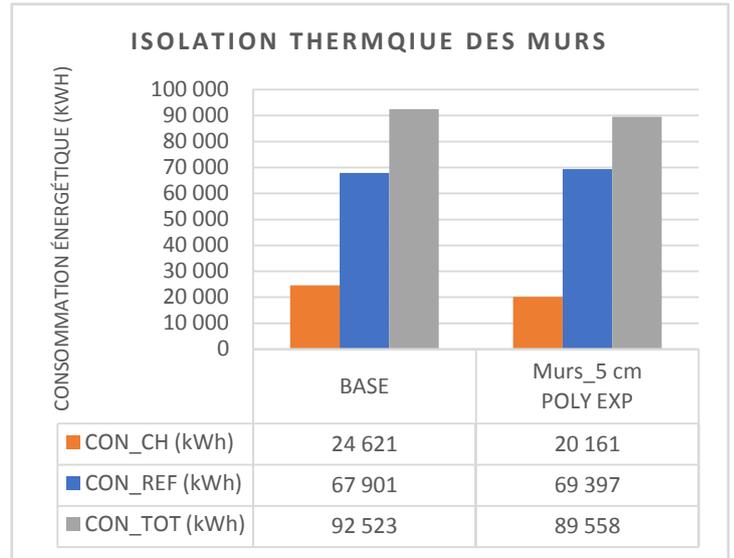
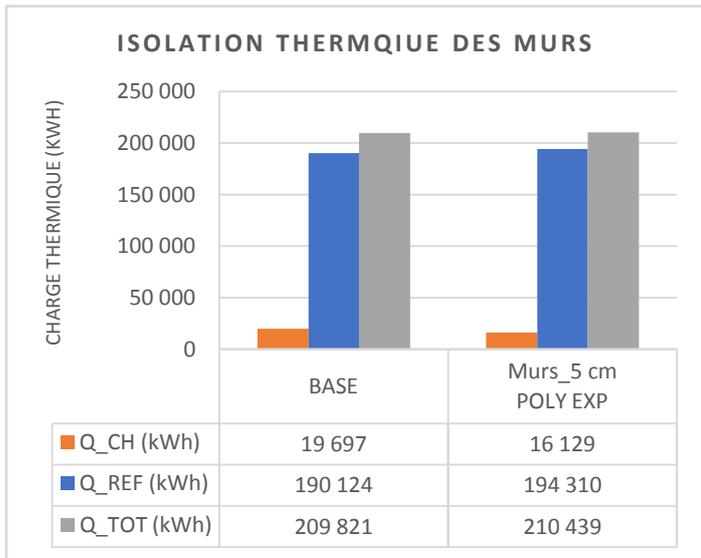
✓ ✕

Mur ext sans isolant :

U-value = 1,053

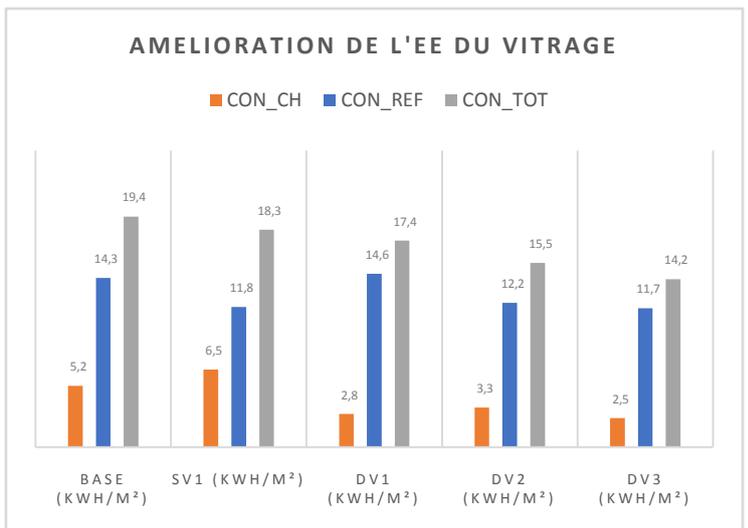
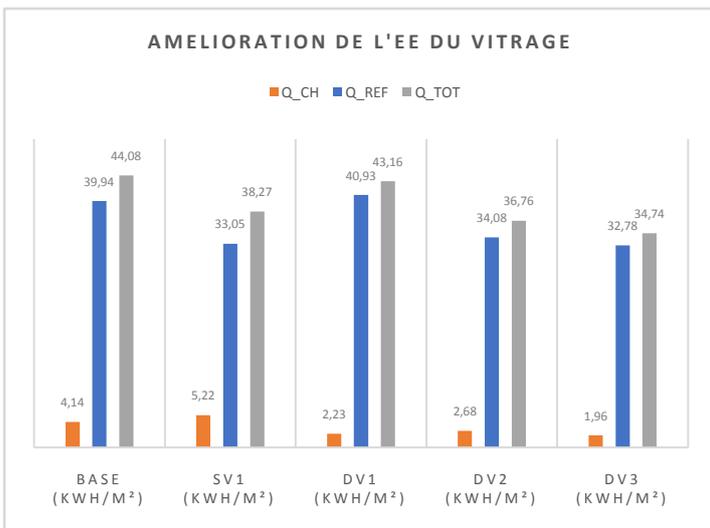
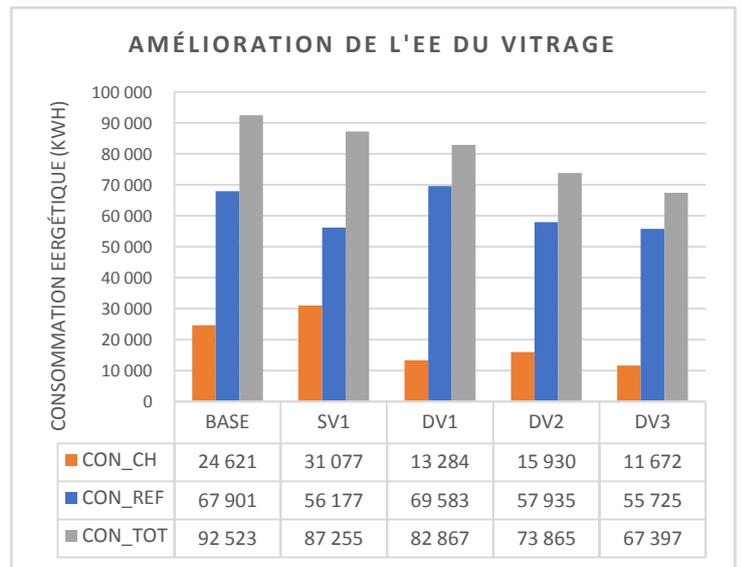
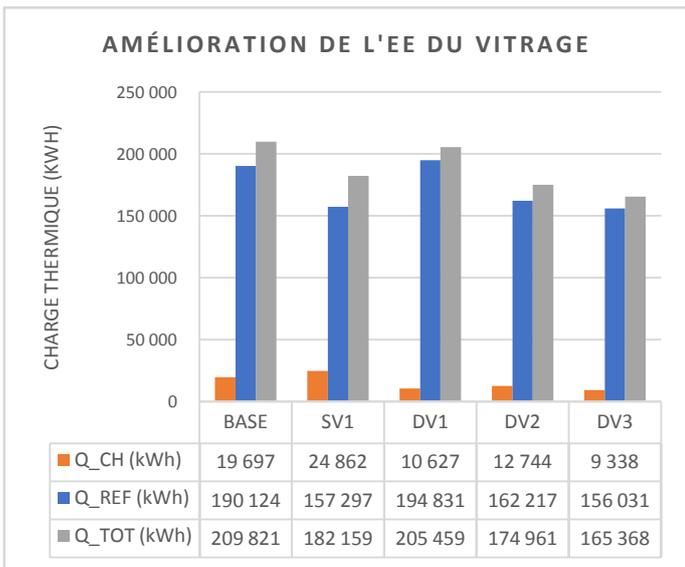
Mur ext avec 5 cm de polystyrène expansé :

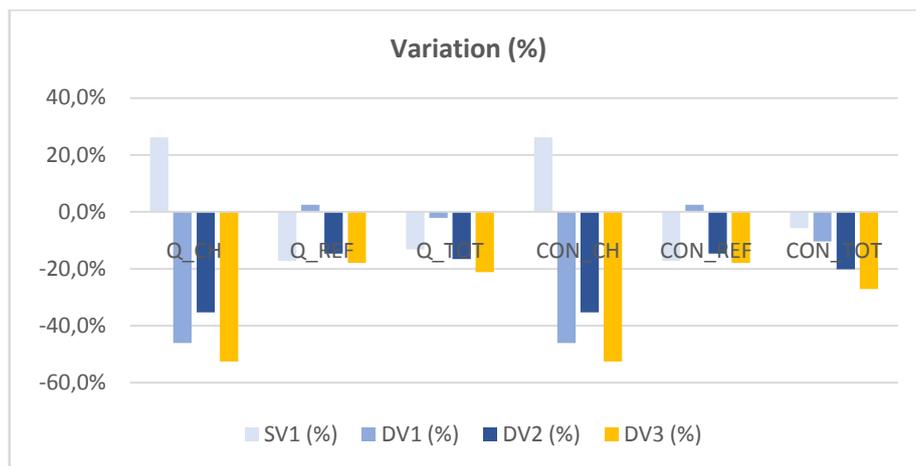
U-value = 0,449



3) Amélioration de l'efficacité énergétique du vitrage

	*WinID	Description	Design	U-Value	g-value	T-sol	Rf-sol	T-vis-daylight
BASE (SV Clair)	13903	Float6mm	6	5.73	0.837	0.789	0.08	0.89
SV1	13905	Simple Reflechissant	6	5.73	0.527	0.463	0.304	0.322
DV1	13911	Double Air	6/8/6	3.21	0.722	0.627	0.13	0.797
DV2	13915	Double Reflechissant	6/8/6	2.76	0.466	0.377	0.322	0.299
DV3	Double Argon Basse Emissivité à l'EST et l'OUEST (WinID 400) / Double Air au Nord (WinID 13911)							
DV Argon Basse E	400	2-SSV_60/33_#2_Ar90	6/16/4	1.01	0.33	0.301	0.291	0.6



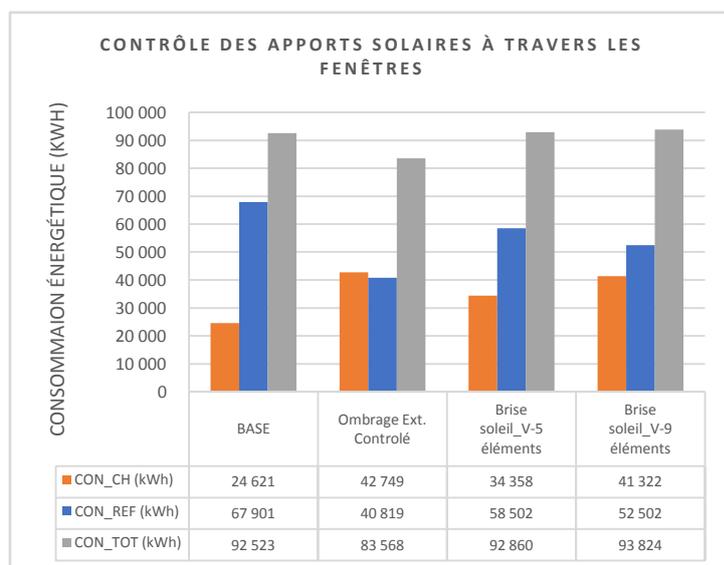
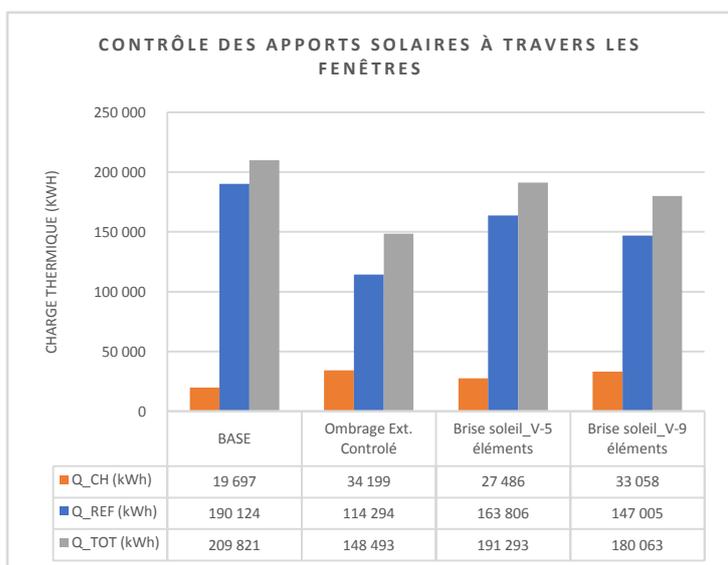


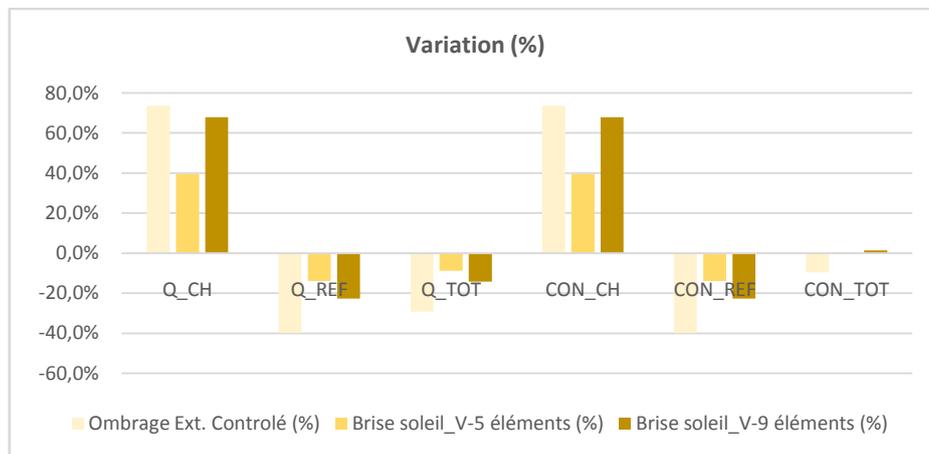
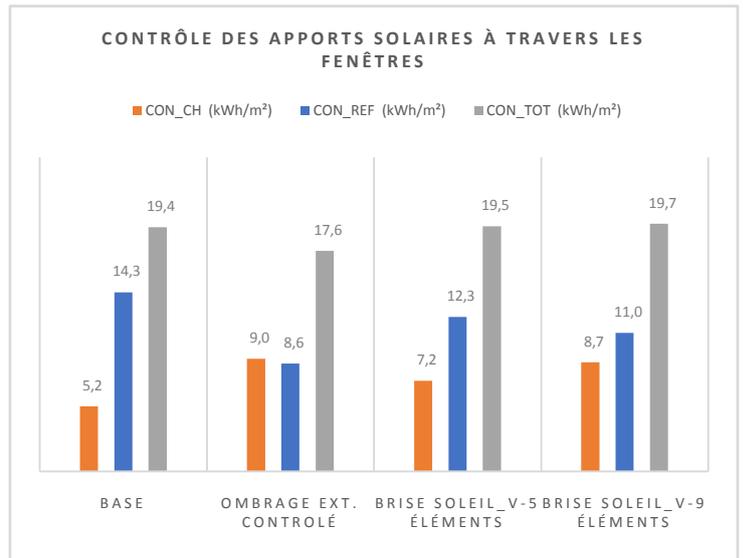
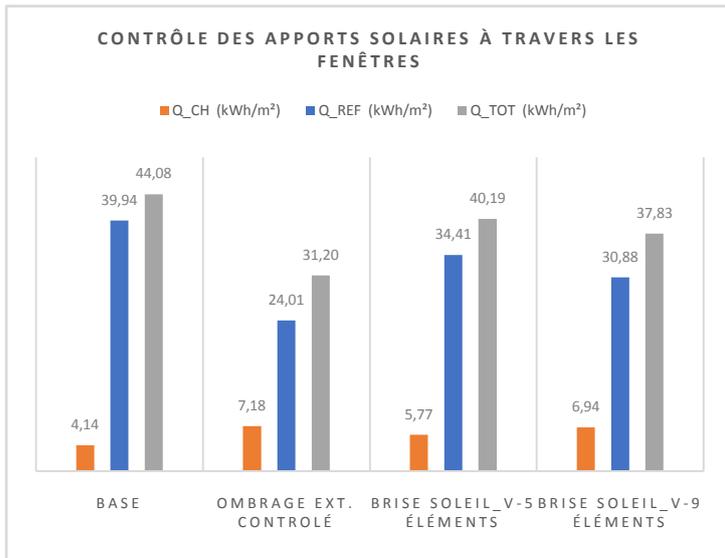
4) Contrôle des apports solaires à travers des fenêtres

Variante 1 : Ombrage extérieur contrôlé en fonction de l'irradiation solaire incidente sur les fenêtres.

Variante 2 : Ombrage extérieur par des brise-soleil verticaux à 5 éléments, régulièrement espacés sur la largeur de la fenêtre.

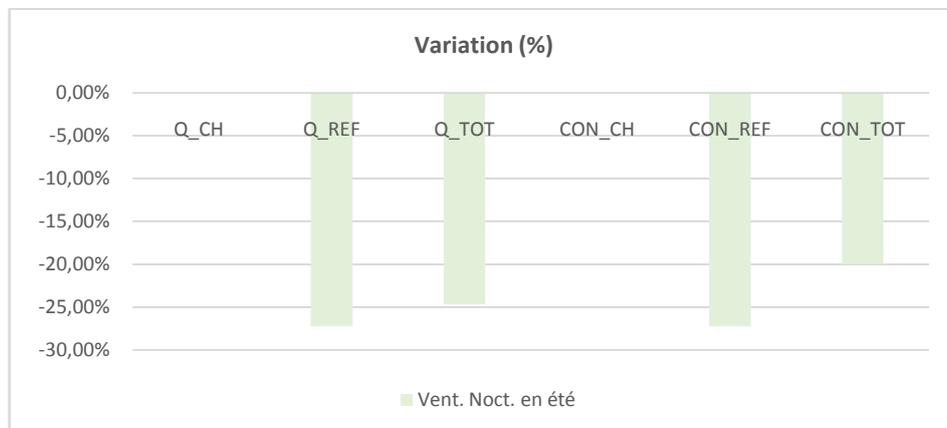
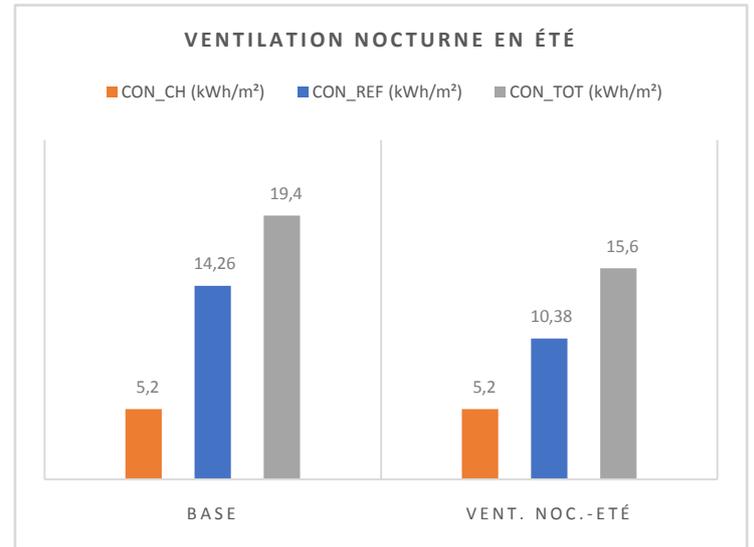
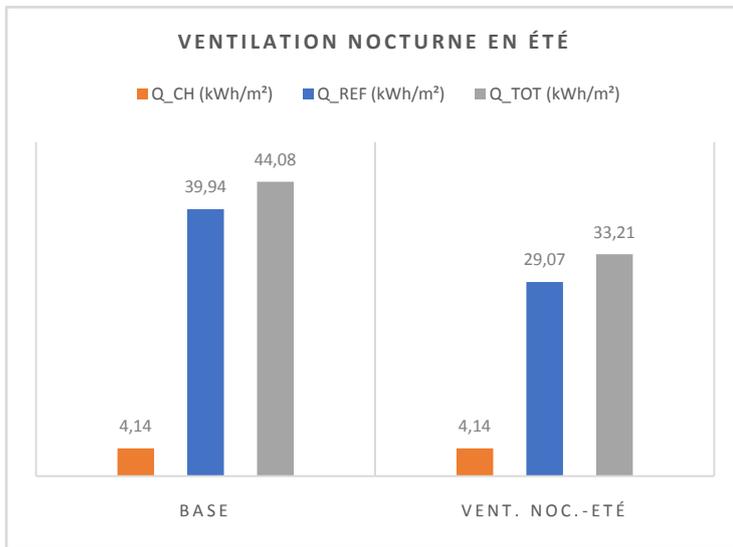
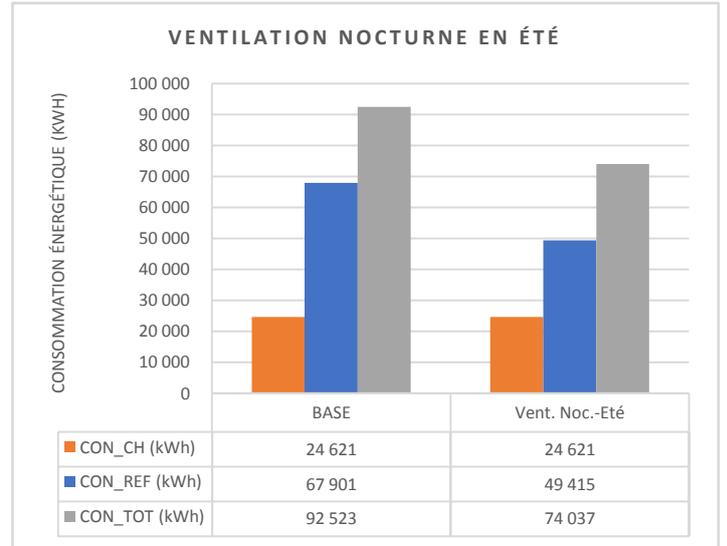
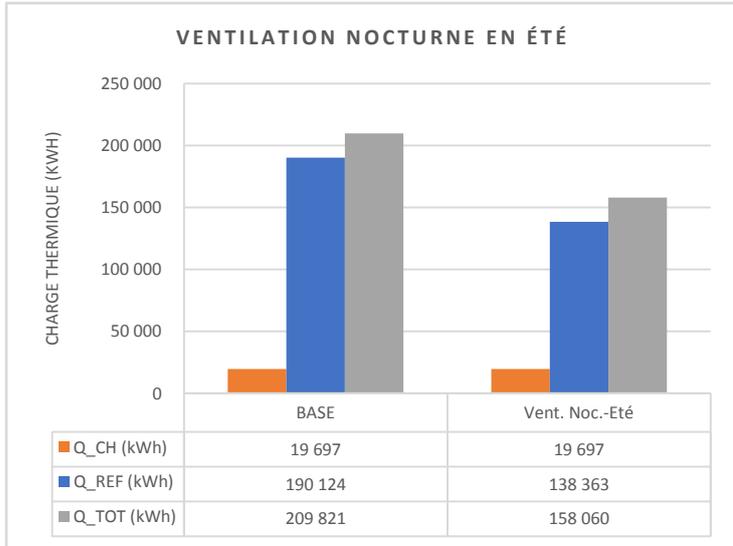
Variante 3 : Ombrage extérieur par des brise-soleil verticaux à 9 éléments, régulièrement espacés sur la largeur de la fenêtre.





5) Adoption d'une ventilation naturelle nocturne en été

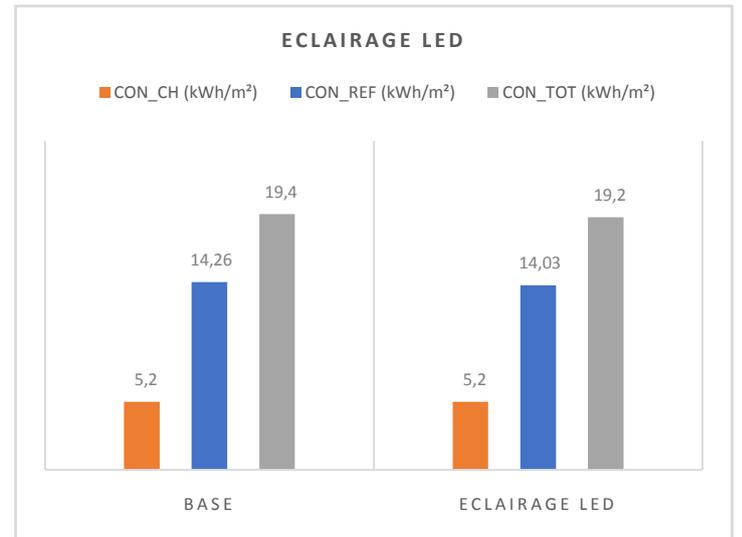
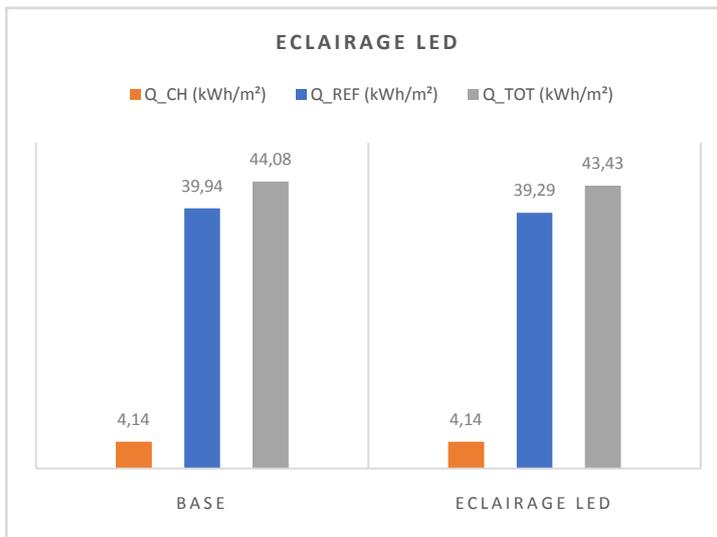
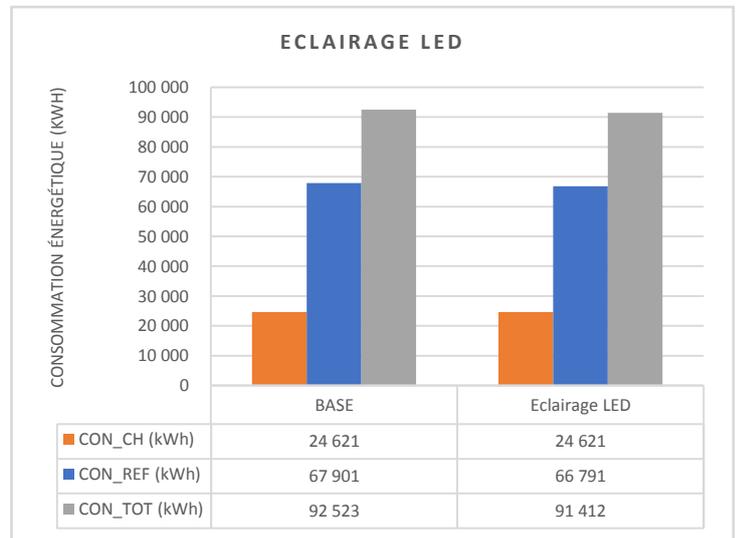
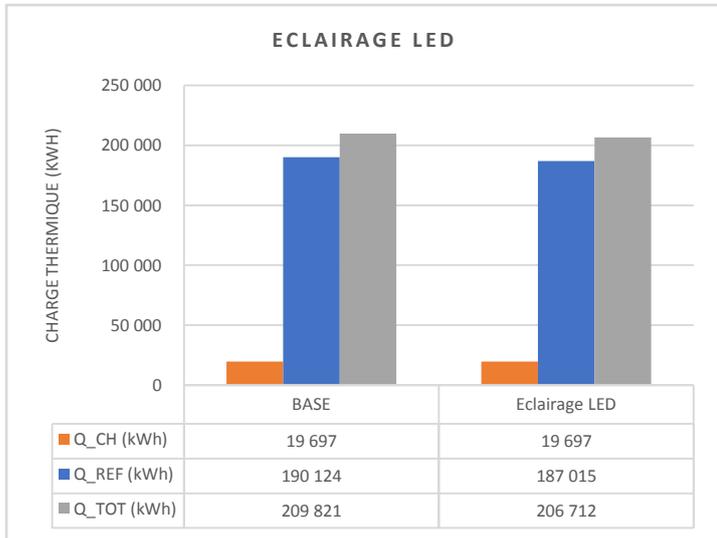
Ventilation naturelle nocturne en été : Ouverture des fenêtres de 08h:00 du soir jusqu'à 08h:00 du matin.

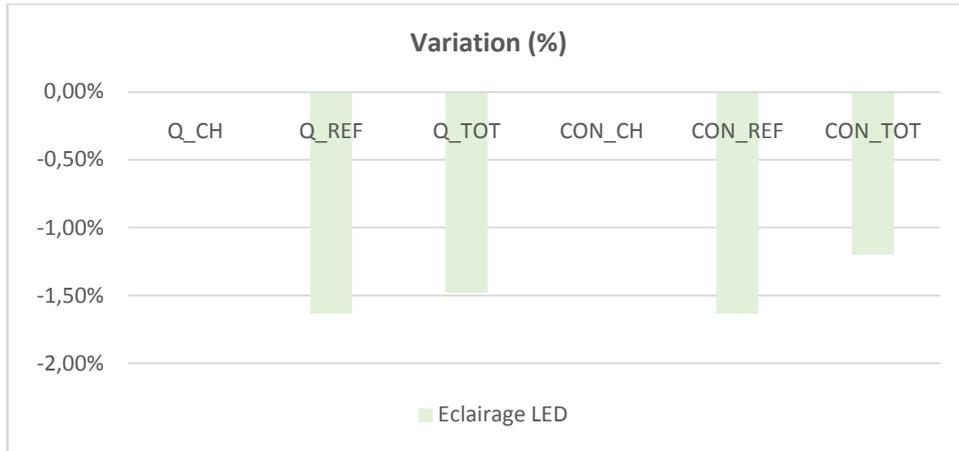


6) Utilisation d'un éclairage LED

Densité d'éclairage "Avant" = 10 W/m²

Densité d'éclairage "Après" = 5 W/m²

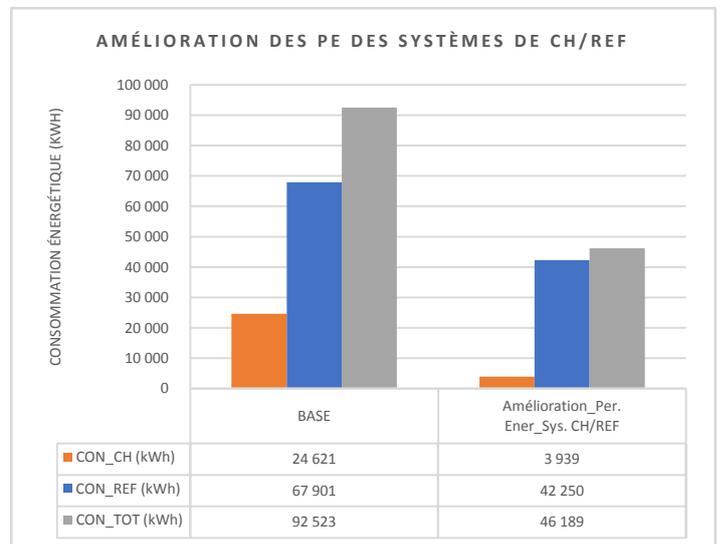
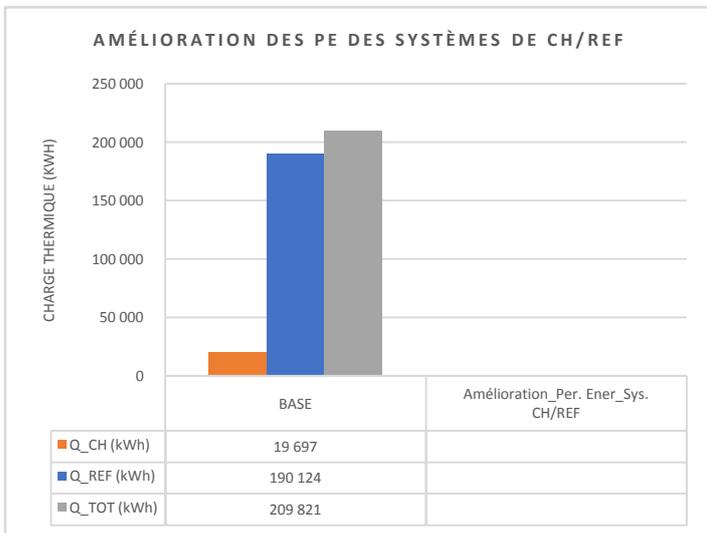


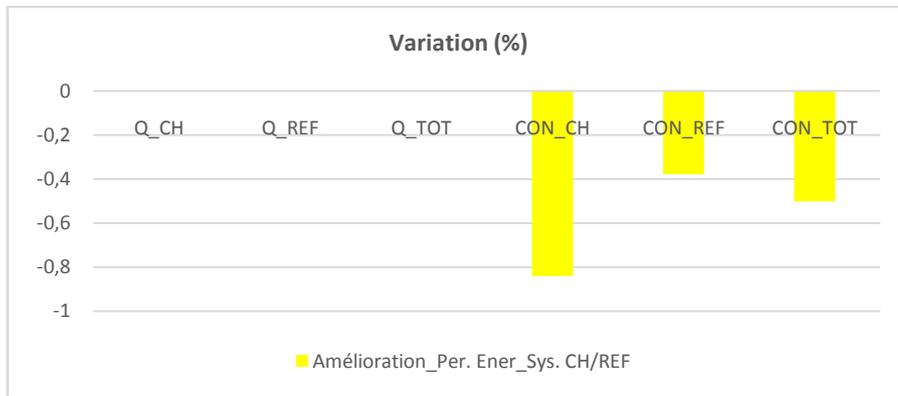
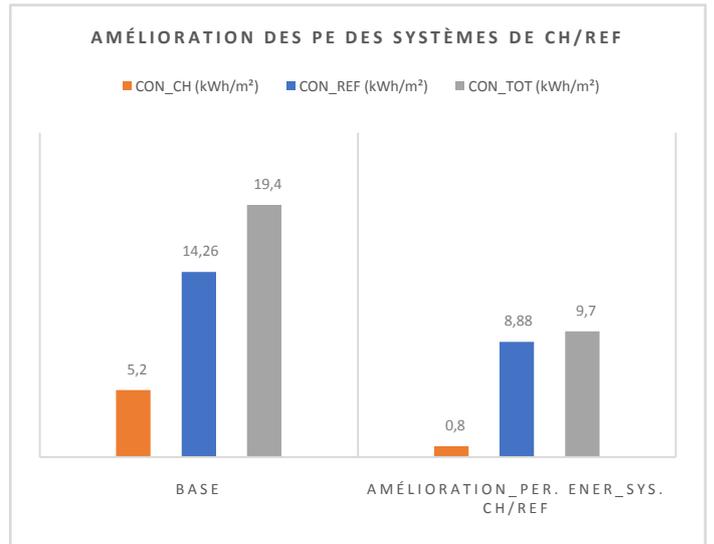
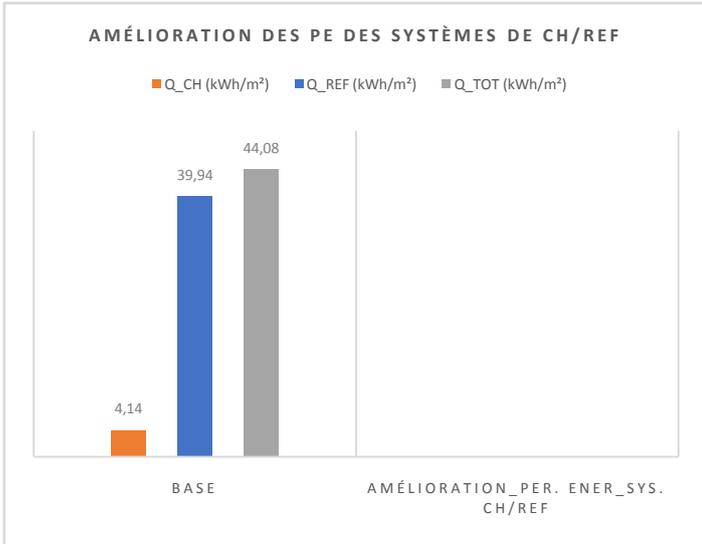


7) Amélioration des performances énergétiques des systèmes de chauffage et de refroidissement

Performance du système de Chauffage Avant (COP)	0,80
Performance du système de Refroidissement Avant (EER)	2,80

Performance du système de Chauffage Après (COP)	5,00
Performance du système de Refroidissement Après (EER)	4,50







Projet Med-EcoSuRe

« *Les universités méditerranéennes comme catalyseur pour les rénovations éco-durables* »

Consultation n° MES 01/2022

« Elaboration d'un plan d'action et formulation de recommandations pour la rénovation énergétique des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur en Tunisie »

Livrable 2 :

Recommandations des mesures institutionnelles, réglementaires et incitatives appropriées pour le déploiement du plan d'action proposé pour la rénovation énergétique des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur à grande échelle

*Elaboré par : M. Mohamed Zied GANNAR
Expert en Energie Durable
dans les Bâtiments*



Table des matières

I.	Contexte du travail.....	3
I.	Cadre réglementaire relatif à la maîtrise de l'énergie dans les bâtiments existants des établissements publics d'enseignement supérieur.....	3
II.	Cadre incitatif relatif à la maîtrise de l'énergie dans les bâtiments existants des établissements publics d'enseignement supérieur.....	4
III.	Recommandations proposées des mesures institutionnelles.....	6
	1) Réactiver la fonction du Responsable Energie au sein des établissements publics d'enseignement supérieur	6
	2) Mettre en place une cellule au niveau du Ministère de l'Enseignement Supérieur chargée de soutenir les établissements publics d'enseignement supérieur pour la mise en œuvre du plan d'action de rénovation énergétique proposé et de la tenue d'un tableau de bord pour le suivi de la mise en œuvre du plan d'action dans les bâtiments de tous les établissements concernés, en Tunisie	7
	3) Mettre en place un réseau d'experts techniques en efficacité énergétique des bâtiments pour accompagner les établissements publics d'enseignement supérieur dans la mise en œuvre du plan d'action de rénovation énergétique dans leurs bâtiments.....	8
IV.	Recommandations proposées des mesures réglementaires.....	8
	1) Promulguer un arrêté conjoint du ministre en charge de l'enseignement supérieur et du ministre en charge de la transition énergétique fixant le plan d'action de rénovation énergétique des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur, les conditions et les modalités de sa mise en œuvre	8
	2) Promulguer un cahier des charges type pour la sélection d'une entreprise de travaux pour la mise en œuvre des mesures d'efficacité énergétique du plan d'action, par arrêté conjoint du ministre en charge de l'enseignement supérieur et du ministre en charge de la transition énergétique.....	9
V.	Recommandations proposées des mesures incitatives appropriées	10
	1) Appliquer les incitations financières accordées par le FTE dans le cadre de l'audit énergétique des bâtiments pour la mise en œuvre du plan d'action proposé pour la rénovation énergétique des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur, qui fait office à un audit énergétique, sans exiger un audit énergétique spécifique aux établissements bénéficiaires et simplifier les procédures d'octroi de ces incitations.....	10
	2) Mettre en place un Fond Compétitif au sein du Ministère de l'Enseignement Supérieur pour le financement des investissements de rénovation énergétique hors primes accordées par le FTE.....	11
	3) Indexer les taxes pour les climatiseurs mis sur le marché tunisien sur l'efficacité énergétique et attribuer la taxe la plus basse aux appareils les plus efficaces.....	11
VI.	Conclusion.....	12

I. Contexte du travail

Le projet intitulé « Les universités méditerranéennes comme catalyseur pour les rénovations éco-durables » et ayant pour acronyme « Med-EcoSuRe », qui s'inscrit dans le cadre du programme de coopération transfrontalière dans le bassin méditerranéen IEV CTF MED 2014-2020, est géré par le Centre Méditerranéen des Energies Renouvelables « MEDREC » comme bénéficiaire principal assurant la coordination d'un consortium formé de sept partenaires de quatre pays méditerranéens : l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis – ENIT (Tunisie), Le Département d'Architecture de l'Université de Florence – UNIFI – et l'Agence Napolitaine pour l'Energie et l'Environnement - ANEA (Italie), Le Département d'ingénierie énergétique de l'Université de Séville – US – et le Cluster d'Energie Solaire – SOLARTYS – (Espagne), et le Centre de Recherche sur l'Energie de l'Université Nationale An Najah – ANNU – (Palestine).

Le projet « Med-EcoSuRe » a pour principal objectif de proposer et de mettre en œuvre des solutions de rénovation des bâtiments universitaires méditerranéens, portant sur des mesures d'efficacité énergétique et sur l'utilisation des énergies renouvelables, en se basant sur une approche collaborative entre l'ensemble des acteurs clés impliqués, sous forme de "laboratoire vivant", afin d'éclairer et de soutenir les décideurs dans l'adoption et la diffusion des résultats du projet, et notamment le plan d'action stratégique et les recommandations qui seront développés.

Dans ce cadre, le MEDREC a engagé un travail pour l'élaboration d'un plan d'action et la formulation de recommandations pour la rénovation énergétique des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur en Tunisie. Le présent rapport constitue le deuxième livrable de ce travail et présente les recommandations proposées des mesures institutionnelles, réglementaires et incitatives appropriées pour le déploiement du plan d'action proposé pour la rénovation énergétique des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur à grande échelle. Ce dernier a fait l'objet du premier livrable.

Toutes les sections de ce rapport sont interreliées et complémentaires. Ainsi, il est recommandé de lire l'intégralité du rapport pour avoir une idée complète des recommandations proposées des mesures institutionnelles, réglementaires et incitatives.

I. Cadre réglementaire relatif à la maîtrise de l'énergie dans les bâtiments existants des établissements publics d'enseignement supérieur

La loi relative à la Maîtrise de l'Energie, n°2004-72 du 2 août 2004 modifiée et complétée par la loi n°2009-7 du 9 février 2009, est la pierre angulaire du cadre réglementaire relatif à la maîtrise de l'énergie en Tunisie.

Le cadre réglementaire relatif à la maîtrise de l'énergie dans les bâtiments tertiaires existants en général est applicable pour la rénovation énergétique des bâtiments des établissements

publics d'enseignement supérieur est défini par l'article 4 de la loi relative à la Maîtrise de l'Energie, portant sur l'audit énergétique obligatoire et périodique.

Dans ce cadre, tout bâtiment existant du secteur tertiaire, dont la consommation annuelle d'énergie primaire est supérieure ou égale à 500 tonne équivalent pétrole (tep) doit obligatoirement réaliser un audit énergétique par un expert-auditeur inscrit sur la liste des experts-auditeurs habilités par l'Agence Nationale pour la Maîtrise de l'Energie (ANME). L'audit énergétique est périodique, et doit être réalisé chaque 5 ans. Les bâtiments qui réalisent un audit énergétique sont éligibles à des incitations financières publiques à travers le Fond de Transition Energétique (FTE) pour la mise en œuvre d'un plan d'action d'économie d'énergie.

En bref, un audit énergétique doit identifier les usages énergétiques significatifs dans le bâtiment, les potentiels d'économie d'énergie associés et la détermination des mesures d'économie d'énergie appropriées qui devraient faire l'objet d'un plan d'action d'économie d'énergie. Ce dernier est présenté par l'ANME à la Commission Technique Consultative (CTC) du FTE pour approbation. Ensuite, un contrat-programme sera signé entre l'établissement et l'ANME portant sur la mise en œuvre du plan d'action approuvé et l'octroi des incitations financières.

Il convient de souligner que selon le cadre réglementaire en vigueur, l'établissement n'est pas obligé à signer un contrat-programme d'économie d'énergie avec l'ANME et le mettre en œuvre. L'obligation au niveau du cadre réglementaire ne porte que sur la réalisation d'un audit énergétique débouchant sur l'identification d'un plan d'action d'économie d'énergie pour le bâtiment. **Ainsi, l'établissement est libre de choisir de mettre en œuvre ou non le plan d'action d'économie d'énergie défini pour son bâtiment !**

Cette liberté représente, à notre avis, une lacune dans le cadre réglementaire puisque l'absence de l'exigence de mise en œuvre du plan d'action ne permet pas de réaliser les économies d'énergie planifiées et réduit, par conséquent, l'engagement des établissements dans la démarche complète de l'audit énergétique, y inclus la mise en œuvre du plan d'action d'économie d'énergie.

II. Cadre incitatif relatif à la maîtrise de l'énergie dans les bâtiments existants des établissements publics d'enseignement supérieur

Le FTE est la pierre angulaire du cadre incitatif relatif à la maîtrise de l'énergie en Tunisie, en général. Le décret gouvernemental n°983-2017 du 26 juillet 2017 fixe les règles d'organisation, de fonctionnement et les modalités d'intervention du Fond de Transition Energétique. Ce décret a été récemment actualisé par le décret n°86-2023 du 02 février 2023.

Au titre de l'audit énergétique obligatoire et périodique, les bâtiments tertiaires publics existants, dont les bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur, sont éligibles à des incitations financières (primes et crédit) à travers le FTE. Les primes accordées par le FTE, dans ce cadre, sont les suivantes :

- Une prime à l'audit de 70% avec un plafond de 30 mille dinars ;

- Une prime d'accompagnement pour la mise en œuvre du plan d'action d'économie d'énergie de 70% avec un plafond de 70 mille dinars ; et
- Une prime à l'investissement matériel de 30% avec un plafond de 200 mille dinars.

Le FTE accorde, également, au titre de l'audit énergétique obligatoire et périodique, un crédit d'investissement plafonné à 400 mille dinars et ce, à condition d'une contribution conjointe avec l'une des institutions de crédit au financement de l'investissement, au moins à part égale, et que la valeur totale du crédit ne dépasse pas 50% du coût d'investissement. Il convient de noter que la composante « crédit » du FTE n'est pas encore opérationnelle.

Au titre de la réhabilitation énergétique, les bâtiments tertiaires publics existants, dont les bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur, sont éligibles aux incitations financières (prime et crédit), à travers le FTE, suivantes :

- Une prime à l'investissement matériel de 30% avec un plafond de 200 mille dinars ;
- Un crédit d'investissement plafonné à 400 mille dinars (à condition d'une contribution conjointe avec l'un des institutions de crédit au financement de l'investissement, au moins à parts égales, et que la valeur totale du crédit ne dépasse pas 50% du coût d'investissement). Il convient de noter que la composante « crédit » du FTE n'est pas encore opérationnelle.

Il est à souligner qu'il n'existe pas un cadre réglementaire dédié à la réhabilitation énergétique des bâtiments au sens des incitations financières accordées par le FTE au titre de la rénovation énergétique des bâtiments et spécifiées dans le point 3 de la section B de l'article 8 du chapitre II du décret gouvernemental n° 983-2017 en date du 26 juillet 2017 fixant les règles d'organisation, de fonctionnement et les modalités d'intervention du Fond de Transition Énergétique.

En résumé, l'établissement a le choix entre l'une de ces deux approches (audit énergétique ou réhabilitation énergétique) pour bénéficier des incitations financières du FTE pour la mise en œuvre du plan d'action d'économie d'énergie dans ses bâtiments.

D'autre part, et pour la mise en œuvre de mesures d'efficacité énergétique **particulières**, les bâtiments tertiaires publics existants, dont les bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur, sont éligibles à des incitations financières **spécifiques**. Ces incitations financières sont cumulables avec celles octroyées dans le cadre de l'audit énergétique ou la rénovation énergétique, indiquées ci-avant.

Les mesures d'efficacité énergétique particulières, éligibles à des incitations financières spécifiques à travers le FTE et qui sont appropriées aux bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur sont :

- La mise en place d'un système de gestion de l'énergie. Cette mesure est éligible à travers le FTE à :
 - Une prime à l'investissement de 40% avec un plafond de 80 mille dinars ;
 - Un crédit d'investissement plafonné à 80 mille dinars (à condition d'une contribution conjointe avec l'un des institutions de crédit au financement de l'investissement, au moins à parts égales, et que la valeur totale du crédit ne

dépasse pas 50% du coût d'investissement). A souligner que la composante crédit du FTE n'est pas encore opérationnelle !

- L'installation d'un système solaire photovoltaïque raccordée au réseau pour l'autoproduction d'électricité. Cette mesure est éligible à travers le FTE à :
 - Cas des bâtiments raccordés au réseau électrique BT : Une prime à l'investissement de 1200 dinars par kWc avec un plafond de 5000 dinars.
 - Cas des bâtiments raccordés au réseau MT : Un crédit d'investissement plafonné à 600 mille dinars (à condition d'une contribution conjointe avec l'un des institutions de crédit au financement de l'investissement, au moins à parts égales, et que la valeur totale du crédit ne dépasse pas 50% du coût d'investissement). A souligner que la composante crédit du FTE n'est pas encore opérationnelle !

La rénovation énergétique des bâtiments des établissements publics dans le secteur tertiaire est aussi promue à travers des programmes nationaux et/ou des instruments/mécanismes financiers/incitatifs appropriés, à court terme. Par exemple, le programme de Transition Energétique dans les Etablissements Publics (TEEP), est un programme national à court terme qui vise à améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments tertiaires existants propriétés de l'Etat (dont les bâtiments du secteur d'enseignement supérieur) et à les équiper par des installations d'autoproduction d'électricité à partir de l'énergie solaire photovoltaïque, raccordées au réseau. Ce programme prend en charge, en formule clé en main, la mise en œuvre de mesures d'efficacité énergétique génériques au niveau des installations techniques du bâtiment (éclairage et climatisation, en tant qu'usages énergétiques significatifs, et la gestion technique du bâtiment) et l'équipement du bâtiment d'un système d'autoproduction d'électricité par l'énergie solaire PV, raccordé au réseau.

III. Recommandations proposées des mesures institutionnelles

Pour le déploiement à grande échelle du plan d'action proposé pour la rénovation énergétique des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur en Tunisie, il est recommandé d'adopter les mesures institutionnelles suivantes :

1) Réactiver la fonction du Responsable Energie au sein des établissements publics d'enseignement supérieur

Le Responsable Energie est un acteur clé dans le processus de gestion et d'économie d'énergie dans les établissements publics. Cependant, le rôle et la mission du Responsable Energie ont généralement été négligés dans la plupart des établissements publics.

Pour assurer un suivi efficace de la mise en œuvre du plan d'action de rénovation énergétique dans les bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur, il est fortement recommandé de réactiver la fonction du Responsable Energie au niveau de ces établissements. En effet, ce dernier détient, en général, la comptabilité énergétique et toutes les données liées à la consommation d'énergie dans le bâtiment. Il joue également le rôle de vis-à-vis avec le service de maintenance interne ainsi qu'avec les entreprises de services/travaux externes pour les aspects énergétiques. Par conséquent, le Responsable Energie

pourra jouer un rôle important dans la mise en œuvre du plan d'action de rénovation énergétique du bâtiment (point de contact avec les parties impliqués, supervision des procédures de passation des marchés, suivi des travaux, etc.).

Il est également important de digitaliser le processus de gestion et de traitement des données liées à la consommation d'énergie dans les établissements publics d'enseignement supérieur par le Responsable Energie et ce, à travers la mise en place un Système d'Information en ligne. Ce système d'information facilitera grandement la tâche des Responsables Energies dans la préparation des rapports énergétiques de leurs établissements et constituera une base de données importante et utile pour le suivi et la planification des stratégies de gestion de l'énergie dans le secteur.

2) Mettre en place une cellule au niveau du Ministère de l'Enseignement Supérieur chargée de soutenir les établissements publics d'enseignement supérieur pour la mise en œuvre du plan d'action de rénovation énergétique proposé et de la tenue d'un tableau de bord pour le suivi de la mise en œuvre du plan d'action dans les bâtiments de tous les établissements concernés, en Tunisie

La mise en œuvre du plan d'action de rénovation énergétique dans les bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur doit être soutenue et suivie au niveau central, par le Ministère de l'Enseignement Supérieur. **A cet effet, il est recommandé de mettre en place une cellule au sein de la Direction Générale des Bâtiments et de l'Équipement du Ministère pour soutenir la mise en œuvre du plan d'action proposé dans les bâtiments de tous les établissements publics concernés.** La cellule collaborera au niveau de chaque établissement public d'enseignement supérieur avec le Responsable Energie désigné, directement.

La cellule doit apporter les conseils et l'assistance technique nécessaires, en matière d'aspects techniques, de procédures administratives, de financement, de passation de marchés, etc., à tous les établissements publics d'enseignement supérieur concernés.

La cellule doit tenir un tableau de bord et se baser sur des indicateurs de performance (par exemple, pourcentage d'avancement de la mise en œuvre de chacune des mesures d'efficacité énergétique du plan d'action, nombre des mesures d'efficacité énergétiques du plan d'action mises en œuvre, etc.) pour le suivi de la mise en œuvre du plan d'action de rénovation énergétique proposé dans tous les bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur concernés.

La cellule doit rendre compte de l'état d'avancement de la mise en œuvre du plan d'action de rénovation énergétique des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur au Ministre de l'Enseignement Supérieur, de manière régulière (par exemple, mensuellement).

- 3) Mettre en place un réseau d'experts techniques en efficacité énergétique des bâtiments pour accompagner les établissements publics d'enseignement supérieur dans la mise en œuvre du plan d'action de rénovation énergétique dans leurs bâtiments

Les établissements publics d'enseignement supérieur manquent, en général, des compétences internes dans le domaine de l'efficacité énergétique des bâtiments. **Pour cette raison, il est recommandé de mettre en place un réseau d'experts techniques en efficacité énergétique des bâtiments pour assister et accompagner les établissements publics d'enseignement supérieur dans la mise en œuvre des plans d'action de rénovation énergétique dans leurs bâtiments.**

Le réseau d'experts techniques en efficacité énergétique des bâtiments pourrait être constitué des architectes et des ingénieurs du secteur du bâtiment ayant une bonne expérience dans le domaine de l'efficacité énergétique des bâtiments. Le réseau devra être identifié et établi en partenariat avec les structures professionnelles concernées : l'Ordre des Architectes de Tunisie (OAT) et l'Ordre des Ingénieurs Tunisiens (OIT).

IV. Recommandations proposées des mesures réglementaires

Pour le déploiement à grande échelle du plan d'action proposé pour la rénovation énergétique des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur en Tunisie, il est recommandé d'adopter les mesures réglementaires suivantes :

- 1) Promulguer un arrêté conjoint du ministre en charge de l'enseignement supérieur et du ministre en charge de la transition énergétique fixant le plan d'action de rénovation énergétique des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur, les conditions et les modalités de sa mise en œuvre

La mise en œuvre du plan d'action proposé pour la rénovation énergétique des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur doit être soutenue à un niveau politique élevé et rendue obligatoire.

Ainsi, il est recommandé que le plan d'action soit promulgué par un arrêté conjoint du ministre en charge de l'enseignement supérieur (représentant le ministère maître d'ouvrage des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur) et du ministre en charge de la transition énergétique (représentant le ministère compétent en matière d'efficacité énergétique). L'arrêté doit décrire en détail le plan d'action proposé pour la rénovation énergétique des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur. Il doit décrire les deux mesures d'efficacité énergétique relatives à l'enveloppe du bâtiment (mesures passives), à savoir : l'adoption d'une ventilation nocturne en été et l'utilisation d'un double vitrage performant au niveau des fenêtres. Il doit également décrire les deux mesures d'efficacité énergétique relatives aux installations techniques du bâtiment (mesures actives), à savoir : l'utilisation d'un éclairage LED et l'utilisation de climatiseurs à haute performance énergétique.

Pour chacune des mesures d'efficacité énergétique, l'arrêté donnera les valeurs moyennes annuelles pour la réduction des besoins énergétiques de chauffage et de

refroidissement (en pourcentage et en kWh/m²), pour l'économie d'énergie au niveau des postes chauffage et refroidissement (en pourcentage et en kWh/m²), pour l'économie dans la facture énergétique de l'établissement(en dinars/m²), pour l'investissement(en dinars/m²) et pour le temps de retour sur investissement, définies dans le plan d'action.

L'arrêté doit, aussi, fixer les conditions et les modalités de mise en œuvre du plan d'action. Les éléments suivants doivent être précisés dans l'arrêté :

- Types et âges des bâtiments concernés (bâtiments d'enseignement supérieur en exploitation, âgés de 10 ans et plus) ;
- Localisation géographique des bâtiments concernés (zone climatique) ;
- Structures administratives responsables de la mise en œuvre du plan d'action (Direction Générale des Bâtiments et de l'Équipement du Ministère de l'Enseignement Supérieur et Département des Services Communs au niveau de chaque établissement d'enseignement supérieur) ;
- Corps des métiers impliqués dans la mise en œuvre du plan d'action (architectes, ingénieurs, menuisiers, éclairagistes, professionnels de chauffage/refroidissement, etc.) ;
- Catégorie(s) des entreprises d'exécution des travaux(selon l'agrément du Ministère de l'Équipement) ;
- Compétences et champ d'action des experts techniques en efficacité énergétique des bâtiments pour l'accompagnement des établissements publics d'enseignement supérieur dans la mise en œuvre du plan d'action ;
- Rôles et responsabilités des différentes parties impliquées dans la mise en œuvre du plan d'action ;
- Financement du plan d'action ;
- Démarche et procédures à suivre pour la mise en œuvre du plan d'action ;
- Durée de la mise en œuvre du plan d'action ;
- Suivi par les établissements publics d'enseignement supérieur et au niveau central de la mise en œuvre du/des plan(s) d'action ;
- Etc.

2) Promulguer un cahier des charges type pour la sélection d'une entreprise de travaux pour la mise en œuvre des mesures d'efficacité énergétique du plan d'action, par arrêté conjoint du ministre en charge de l'enseignement supérieur et du ministre en charge de la transition énergétique

Il est recommandé d'élaborer un cahier des charge type pour la sélection d'une entreprise de travaux pour la mise en œuvre des mesures d'efficacité énergétique du plan d'action et le mettre à la disposition des établissements d'enseignement supérieur concernés. Le cahier des charges aidera ces établissements à définir, correctement, l'étendue des travaux à réaliser par l'entreprise et leurs garantiront la sélection d'une entreprise apte à réaliser les travaux requis.

Il est, également, recommandé de promulguer le cahier des charges par un arrêté conjoint du ministre en charge de l'enseignement supérieur et du ministre en charge de la transition énergétique afin qu'il soit un document de référence obligatoire.

V. Recommandations proposées des mesures incitatives appropriées

Pour le déploiement à grande échelle du plan d'action proposé pour la rénovation énergétique des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur en Tunisie, il est recommandé d'adopter les mesures incitatives suivantes :

- 1) Appliquer les incitations financières accordées par le FTE dans le cadre de l'audit énergétique des bâtiments pour la mise en œuvre du plan d'action proposé pour la rénovation énergétique des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur, qui fait office à un audit énergétique, sans exiger un audit énergétique spécifique aux établissements bénéficiaires et simplifier les procédures d'octroi de ces incitations

Les bâtiments existants des établissements publics d'enseignement supérieur sont éligibles à l'audit énergétique de manière obligatoire ou volontaire et, en conséquence, bénéficient des incitations financières octroyées par le FTE suivantes :

- Une prime d'accompagnement de 70% avec un plafond de 70 mille dinars ;
- Une prime à l'investissement matériel de 30% avec un plafond de 200 mille dinars, pour la mise en œuvre du plan d'action d'économie d'énergie.

Cependant, pour bénéficier de ces primes, il est nécessaire de réaliser un audit énergétique préalable pour déterminer les usages énergétiques significatifs dans le bâtiment et les potentiels d'économie d'énergie associés et définir un plan d'action d'économie d'énergie du bâtiment.

Puisque le plan d'action proposé pour la rénovation énergétique des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur fait office à un audit énergétique et est constitué de mesures d'efficacité énergétique génériques, il est recommandé d'appliquer à ce plan d'action les incitations financières accordées par le FTE dans le cadre de l'audit énergétique (primes d'accompagnement et d'investissement) et ce, sans exiger un audit énergétique spécifique aux établissements bénéficiaires. Il est recommandé, également, de simplifier les procédures en vigueur appliquées par l'ANME pour l'octroi de ces primes.

L'application de ces recommandations aidera à financer les prestations d'accompagnement par les experts techniques à hauteur de 70% avec un plafond de 70 mille dinars par établissement. Elle aidera, également, à financer les investissements matériels à hauteur de 30% avec un plafond de 200 mille dinars par établissement.

Le reste de l'investissement lié à la mise en œuvre du plan d'action de rénovation énergétique pourra être financé par le budget d'Etat de l'établissement d'enseignement supérieur (doit être prévu préalablement) ou à travers un mécanisme financier dédié.

2) Mettre en place un Fond Compétitif au sein du Ministère de l'Enseignement Supérieur pour le financement des investissements de rénovation énergétique hors primes accordées par le FTE

Afin de boucler le financement des investissements nécessaires à la mise en œuvre du plan d'action de rénovation énergétique par chaque établissement public d'enseignement supérieur, il est important de prévoir les fonds nécessaires pour financer les investissements requis hors primes octroyées par le FTE.

Le Ministère de l'Enseignement Supérieur peut, dans ce cadre, bénéficier d'un crédit souverain d'un bailleur de fonds international intéressé et mettre en place un Fond Compétitif au sein du Ministère et le gérer pour la rénovation énergétique des bâtiments des établissements d'enseignement supérieur sous sa tutelle, à l'instar du Fond Compétitif mis en place dans le cadre du Projet d'Appui à la Qualité (PAQ).

Le Ministère peut, aussi, mettre en place un mécanisme de financement intégré et complet pour la rénovation énergétique des bâtiments des établissements d'enseignement supérieur sous sa tutelle avec le soutien conjoint de l'ANME (FTE) et d'un bailleur de fonds intéressé, à l'instar du programme TEEP.

3) Indexer les taxes pour les climatiseurs mis sur le marché tunisien sur l'efficacité énergétique et attribuer la taxe la plus basse aux appareils les plus efficaces

Les climatiseurs à haute efficacité énergétique ($COP \geq 5$ et $EER \geq 4,5$) sont, en général, importés. Les climatiseurs importés sont soumis aux droits et taxes suivants :

Droit/Taxe	Méthode de calcul	Taux
Droit Douane (DD)	Taux en % x Valeur CAF (Coût, Assurance, Fret)	30%
Droit de Consommation (DC)	Taux en % x Valeur CAF	10%
Redevance sur les Prestations Douanières (RPD)	Taux en % x montant de la somme des droits et taxes	3%
Taxe sur la Valeur Ajoutée (TVA)	Taux en % x (valeur CAF + DD + DC)	22,5%
Avance sur l'Impôt sur le Revenu (AIR)	Taux en % x (valeur CAF + le montant de tous les droits et taxes y compris la RPD)	10%
Taxe de maîtrise de l'énergie (TME)	Calculée sur la base de la puissance frigorifique	10DT/1000btu/h

La somme des droits (Droit de Douane (DD) et Droit de Consommation (DC)) et des taxes (Taxe sur la Valeur Ajoutée (TVA) et Taxe de Maîtrise de l'Énergie (TME)) représente environ 47% du prix de vente toutes taxes comprises d'un climatiseur importé.

Considérant que le prix d'achat des climatiseurs Chaud/Froid à haute efficacité énergétique ($COP \geq 5$ et $EER \geq 4,5$) importé est très élevé du fait des droits (DD et DC)

et taxes (TVA et TME) applicables, cela rend cette mesure d'efficacité énergétique économiquement non rentable. En effet, le temps de retour sur investissement est très élevé et dépasse largement la durée de vie de l'équipement. **Ainsi, il est fortement recommandé d'indexer les taxes pour les climatiseurs mis sur le marché tunisien sur l'efficacité énergétique et non pas sur le coût et attribuer la taxe la plus basse aux appareils les plus efficaces.**

Il convient de souligner qu'en appliquant un système de taxation pareil, l'Etat gagnera sur la subvention évitée pour l'importation du Gaz Naturel pour la production de l'électricité surconsommée par les climatiseurs à faible efficacité énergétique, initialement installés dans les bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur.

VI. Conclusion

L'adoption de l'ensemble des recommandations proposées dans ce rapport des mesures institutionnelles, réglementaires et incitatives appropriées, offrira un environnement propice à l'accélération et au déploiement à grande échelle du plan d'action proposé pour la rénovation énergétique des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur en Tunisie.



Projet Med-EcoSuRe

« *Les universités méditerranéennes comme catalyseur pour les rennovations éco-durables* »

Consultation n° MES 01/2022

« Elaboration d'un plan d'action et formulation de recommandations pour la rénovation énergétique des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur en Tunisie »

Livrable 3 :

Feuille de route pour la rénovation énergétique des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur, en Tunisie

*Elaboré par : M. Mohamed Zied GANNAR
Expert en Energie Durable
dans les Bâtiments*



Table des matières

Acronymes	3
I. Contexte du travail.....	4
II. Feuille de route proposée pour la rénovation énergétique des bâtiments des établissements publics, en Tunisie.....	4

Acronymes

ANME	Agence Nationale pour la Maîtrise de l'Énergie
CTC	Commission Technique Consultative
DGAFF	Direction Générale des Avantages Fiscaux et Financiers, Ministère des Finances
DGBE	Direction Générale des Bâtiments et de l'Équipement, Ministère de l'Enseignement Supérieur
DGD	Direction Générale de la Douane, Ministère des Finances
FEDELEC	Fédération Nationale de l'Électricité et de l'Électronique, UTICA
FTE	Fonds de Transition Énergétique
MES	Ministère de l'Enseignement Supérieur
MET	Ministère en charge de la Transition Énergétique
MF	Ministère des Finances
OAT	Ordre des Architectes de Tunisie
OIT	Ordre des Ingénieurs Tunisiens
PM	Premier Ministère
UTICA	Union Tunisienne de l'Industrie, du Commerce et de l'Artisanat

I. Contexte du travail

Le projet intitulé « Les universités méditerranéennes comme catalyseur pour les rénovations éco-durables » et ayant pour acronyme « Med-EcoSuRe », qui s'inscrit dans le cadre du programme de coopération transfrontalière dans le bassin méditerranéen IEV CTF MED 2014-2020, est géré par le Centre Méditerranéen des Energies Renouvelables « MEDREC » comme bénéficiaire principal assurant la coordination d'un consortium formé de sept partenaires de quatre pays méditerranéens : l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis – ENIT (Tunisie), Le Département d'Architecture de l'Université de Florence – UNIFI – et l'Agence Napolitaine pour l'Energie et l'Environnement - ANEA (Italie), Le Département d'ingénierie énergétique de l'Université de Séville – US – et le Cluster d'Energie Solaire – SOLARTYS – (Espagne), et le Centre de Recherche sur l'Energie de l'Université Nationale An Najah – ANNU – (Palestine).

Le projet « Med-EcoSuRe » a pour principal objectif de proposer et de mettre en œuvre des solutions de rénovation des bâtiments universitaires méditerranéens, portant sur des mesures d'efficacité énergétique et sur l'utilisation des énergies renouvelables, en se basant sur une approche collaborative entre l'ensemble des acteurs clés impliqués, sous forme de "laboratoire vivant", afin d'éclairer et de soutenir les décideurs dans l'adoption et la diffusion des résultats du projet, et notamment le plan d'action stratégique et les recommandations qui seront développés.

Dans ce cadre, le MEDREC a engagé un travail pour l'élaboration d'un plan d'action et la formulation de recommandations pour la rénovation énergétique des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur en Tunisie. Le présent rapport constitue le troisième livrable de ce travail. Il présente la feuille de route proposée pour la rénovation énergétique des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur en Tunisie.

Il est à rappeler que le premier rapport produit dans le cadre de ce travail (premier livrable) a porté sur l'élaboration d'un plan d'action de rénovation énergétique. Le deuxième rapport (deuxième livrable) a porté sur la formulation de recommandations de mesures institutionnelles, réglementaires et incitatives pour le déploiement à grande échelle du plan d'action.

II. Feuille de route proposée pour la rénovation énergétique des bâtiments des établissements publics, en Tunisie

La feuille de route proposée pour la rénovation énergétique des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur en Tunisie, repose sur les quatre axes suivants :

- 1^{er} axe : Actualisation du cadre institutionnel.
- 2^{ème} axe : Actualisation du cadre réglementaire.
- 3^{ème} Axe : Actualisation du cadre incitatif.
- 4^{ème} Axe : Mise en œuvre du plan d'action de rénovation énergétique.

La feuille de route proposée est présentée dans le tableau 1, ci-après. Pour chacune des actions, la feuille de route spécifie les éléments suivants :

- Le « Responsable » de la mise en œuvre de l'action,
- Les « Partenaires » dans la mise en œuvre de l'action,
- Les « Moyens » de la mise en œuvre de l'action,
- Le « Calendrier » de la mise en œuvre de l'action,
- Le « Résultat attendu » de l'action, et
- Les « Indicateurs » de suivi de la mise en œuvre de l'action.

Il est à noter que les actualisations proposées des cadres institutionnel, réglementaire et incitatif (axes 1, 2 et 3 de la feuille de route) doivent nécessairement être achevées avant le début de la mise en œuvre du plan d'action de rénovation énergétique (axe 4 de la feuille de route). Ces actualisations peuvent être effectuées en parallèle.

La feuille de route constitue, ainsi, un document de référence pour le Ministère de l'Enseignement Supérieur et ses partenaires, qui les guidera dans la mise en œuvre du plan d'action de rénovation énergétique des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur en Tunisie.

Tableau 1 : Feuille de route pour la rénovation énergétique des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur en Tunisie.

Action	Responsable	Partenaires	Moyens	Calendrier	Résultat attendu	Indicateur(s)
- Actualisation du cadre institutionnel :						
1. Réactivation de la fonction du Responsable Energie (RE) au sein des établissements publics d'enseignement supérieur en Tunisie.	ANME	- PM - MET - MES	Lettre circulaire du Premier Ministre.	Avant le démarrage de la mise en œuvre du plan d'action.	Un RE est désigné au sein de chaque établissement.	- Nombre des REs désignés. - Taux (%) des établissements publics d'enseignement supérieur en Tunisie ayant désigné un RE.
2. Mise en place d'une cellule au sein du Ministère de l'Enseignement Supérieur chargée de soutenir les établissements publics d'enseignement supérieur pour la mise en œuvre du plan d'action de rénovation énergétique proposé et de la tenue d'un tableau de bord pour le suivi de la mise en œuvre du plan d'action dans les bâtiments de tous les établissements concernés, en Tunisie.	MES		Décision du Ministre de l'Enseignement Supérieur.	Avant le démarrage de la mise en œuvre du plan d'action.	Une cellule chargée de soutenir les établissements publics d'enseignement supérieur pour la mise en œuvre du plan d'action de rénovation énergétique proposé et de la tenue d'un tableau de bord pour le suivi de la mise en œuvre du plan d'action dans les bâtiments de tous les établissements en Tunisie, est mise en place au sein du MES.	- Décision ministérielle relative à la mise en place de la cellule.
3. Mise en place d'un réseau d'experts techniques en efficacité énergétique des bâtiments pour accompagner les établissements publics d'enseignement supérieur dans la mise en œuvre du plan d'action de rénovation énergétique dans leurs bâtiments.	ANME	- OAT - OIT	Appels à candidature à lancer par l'OAT et l'OIT en étroite collaboration avec l'ANME.	Avant le démarrage de la mise en œuvre du plan d'action.	Un réseau d'experts techniques en efficacité énergétique des bâtiments est mis en place.	- Nombre des experts techniques dans le réseau. - Taux (%) des gouvernorats couverts par des experts techniques.

- **Actualisation du cadre réglementaire :**

<p>4. <u>Promulgation</u> d'un arrêté conjoint du ministre en charge de l'enseignement supérieur et du ministre en charge de la transition énergétique fixant le plan d'action de rénovation énergétique des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur, les conditions et les modalités de sa mise en œuvre.</p>	<p>MES & MTE (ANME)</p>	<p>- ANME</p>	<p>Arrêté conjoint.</p>	<p>Avant le démarrage de la mise en œuvre du plan d'action.</p>	<p>Un arrêté conjoint du ministre en charge de l'enseignement supérieur et du ministre en charge de la transition énergétique fixant le plan d'action de rénovation énergétique des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur, les conditions et les modalités de sa mise en œuvre, est promulgué.</p>	<p>- Nombre d'arrêtés promulgués (0 ou 1).</p>
<p>5. <u>Elaboration</u> d'un cahier des charges (CC) type pour la sélection d'une entreprise de travaux pour la mise en œuvre des mesures d'efficacité énergétique du plan d'action proposé et sa <u>promulgation</u> par arrêté conjoint du ministre en charge de l'enseignement supérieur et du ministre en charge de la transition énergétique.</p>	<p>MES & MTE (ANME)</p>	<p>- ANME</p>	<p>Arrêté conjoint.</p>	<p>Avant le démarrage de la mise en œuvre du plan d'action.</p>	<p>Un CC type pour la sélection d'une entreprise de travaux pour la mise en œuvre des mesures d'efficacité énergétique du plan d'action est promulgué par arrêté conjoint du ministre en charge de l'enseignement supérieur et du ministre en charge de la transition énergétique.</p>	<p>- Nombre des CCs élaborés (0 ou 1). - Nombre des arrêtés promulgués (0 ou 1).</p>

- **Actualisation du cadre incitatif :**

<p>6. Application des incitations financières accordées par le FTE dans le cadre de l'audit énergétique des bâtiments pour la mise en œuvre du plan d'action proposé pour la rénovation énergétique des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur, qui fait office à un audit énergétique, sans exigence d'un audit énergétique spécifique aux établissements bénéficiaires et simplification des procédures d'octroi de ces incitations.</p>	ANME	<ul style="list-style-type: none"> - MF - MES 	<ul style="list-style-type: none"> - Décision de la CTC du FTE. - Mise à jour des procédures de gestion du FTE. 	<p>Avant le démarrage de la mise en œuvre du plan d'action.</p>	<p>Les incitations financières accordées par le FTE dans le cadre de l'audit énergétique des bâtiments sont applicables pour la mise en œuvre du plan d'action proposé pour la rénovation énergétique des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur, sans exigence d'un audit énergétique spécifique aux établissements bénéficiaires et les procédures d'octroi de ces incitations sont simplifiées.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Nombre de décisions de la CTC du FTE portant sur l'application des incitations financières accordées par le FTE dans le cadre de l'audit énergétique des bâtiments pour la mise en œuvre du plan d'action proposé pour la rénovation énergétique des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur, sans exigence d'un audit énergétique spécifique aux établissements bénéficiaires (0 ou 1). - Nombre de nouvelles procédures de gestion du FTE portant sur la simplification des procédures d'octroi des incitations pour la rénovation énergétique des bâtiments des établissements d'enseignement supérieur.
<p>7. Indexer les taxes pour les climatiseurs mis sur le marché tunisien sur l'efficacité énergétique et attribuer la taxe la plus basse aux appareils les plus efficaces.</p>	MF (DGAFF & DGD)	<ul style="list-style-type: none"> - ANME - UTICA (FEDELEC) 	Loi des Finances.	<p>Avant le démarrage de la mise en œuvre du plan d'action.</p>	<p>Les taxes appliquées pour les climatiseurs mis sur le marché tunisien sont indexées sur l'efficacité énergétique et les appareils les plus efficaces sont les moins taxés.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Nombre de climatiseurs installés dans les bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur dont les taxes appliquées ont été indexées sur l'efficacité énergétique.

- **Mise en œuvre du plan d'action :**

<p>8. Formation des REs des établissements publics d'enseignement supérieur sur la maîtrise et la gestion de l'énergie dans les bâtiments d'enseignement supérieur, en se basant sur le matériel développé, résultats des projets pilotes et recommandations dans le cadre du projet Med-EcoSuRe.</p>	ANME	- MES	Programme de formation.	de Avant le démarrage de la mise en œuvre du plan d'action.	Tous les REs des établissements publics d'enseignement supérieur sont formés sur la maîtrise et la gestion de l'énergie dans les bâtiments d'enseignement supérieur, en se basant sur le matériel développé, résultats des projets pilotes et recommandations dans le cadre du projet Med-EcoSuRe.	- Nombre des REs formés. - Taux (%) des établissements publics d'enseignement supérieur dont les REs sont formés.
<p>9. Formation des membres de la cellule mise en place au sein du Ministère de l'Enseignement Supérieur à la maîtrise de l'énergie et à la mise en œuvre des mesures d'économie d'énergie dans les bâtiments d'enseignement supérieur.</p>	ANME	- MES	Programme de formation.	de Avant le démarrage de la mise en œuvre du plan d'action.	Tous les membres de la cellule mise en place au sein du MES sont formés à la maîtrise de l'énergie et à la mise en œuvre des mesures d'économie d'énergie dans les bâtiments d'enseignement supérieur.	- Nombre des membres de la cellule mise en place au sein du MES formés.
<p>10. Sensibilisation/Formation des secrétaires généraux et des personnels administratifs des établissements publics d'enseignement supérieur à la maîtrise de l'énergie dans les bâtiments d'enseignement supérieur.</p>	ANME	- MES - Etablissements publics d'enseignement supérieur	- Programme de sensibilisation /formation.	de Avant le démarrage de la mise en œuvre du plan d'action.	Tous les secrétaires généraux et tous les personnels administratifs des établissements publics d'enseignement supérieur sont sensibilisés/formés à la maîtrise de l'énergie dans les bâtiments	- Nombre des secrétaires généraux sensibilisés/formés. - Nombre des personnels administratifs sensibilisés/formés.

						d'enseignement supérieur.	
11. Mise en œuvre du plan d'action de rénovation énergétique dans les bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur, en Tunisie.	MES	<ul style="list-style-type: none"> - MES (DGBE) - ANME - Experts techniques en efficacité énergétique des bâtiments. - Entreprises de travaux de bâtiment. 	Entreprises de travaux de bâtiment.	de 5 ans		Tous les établissements publics d'enseignement supérieur ont mis en œuvre le plan d'action de rénovation énergétique dans leurs bâtiments.	<ul style="list-style-type: none"> - Nombre des plans d'action mis en œuvre. - Taux (%) des établissements publics ayant mis en œuvre leurs plans d'action.
12. Sensibilisation/Formation du personnel chargé de la maintenance des bâtiments dans les établissements publics d'enseignement supérieur au maintien en bon état des éléments architecturaux (fenêtres, etc.) / équipements techniques (éclairage, chauffage, refroidissement, etc.) ayant un impact sur la performance énergétique du bâtiment.	ANME	<ul style="list-style-type: none"> - MES - Etablissements publics d'enseignement supérieur 	<ul style="list-style-type: none"> - Campagne de sensibilisation. - Programme de formation. 	Avant l'achèvement de la mise en œuvre du plan d'action.		Le personnel chargé de la maintenance dans les établissements publics d'enseignement supérieur, est sensibilisé/formé au maintien en bon état des éléments architecturaux (fenêtres, etc.) / équipements techniques (éclairage, chauffage, refroidissement, etc.) ayant un impact sur la performance énergétique du bâtiment.	<ul style="list-style-type: none"> - Nombre du personnel chargé de la maintenance sensibilisé. - Nombre du personnel chargé de la maintenance formé. - Taux (%) des établissements dont le personnel chargé de la maintenance est sensibilisé/formé.
13. Sensibilisation des occupants (personnel et étudiants) des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur aux bonnes pratiques d'utilisation des éléments architecturaux (fenêtres, etc.) /	ANME	<ul style="list-style-type: none"> - MES - Etablissements publics d'enseignement supérieur 	<ul style="list-style-type: none"> - Campagnes de sensibilisation. - Supports de sensibilisation. 	Juste après la mise en œuvre du plan d'action.		Les occupants des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur sont sensibilisés aux bonnes pratiques d'utilisation	<ul style="list-style-type: none"> - Nombre du personnel sensibilisé. - Nombre des étudiants sensibilisés. - Taux (%) des établissements dont les

<p>équipements techniques (éclairage, chauffage, refroidissement, etc.) ayant un impact sur la performance énergétique du bâtiment (Ventilation journalière/nocturne, utilisation des systèmes d'éclairage, utilisation des climatiseurs, etc.).</p>					<p>des éléments architecturaux (fenêtres, etc.) / équipements techniques (éclairage, chauffage, refroidissement, etc.) ayant un impact sur la performance énergétique du bâtiment (Ventilation journalière/nocturne, utilisation des systèmes d'éclairage, utilisation des climatiseurs, etc.).</p>	<p>personnels et les étudiants sont sensibilisés.</p>
<p>14. <u>Evaluation</u> de l'impact énergétique de la mise en œuvre du plan d'action de rénovation énergétique dans les bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur, en Tunisie.</p>	ANME	- MES	<p>Rapports énergétiques des Responsables Energies.</p>	<p>Après un an de l'achèvement de la mise en place du plan d'action.</p>	<p>La consommation énergétique dans les bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur est réduite de% grâce à la mise en œuvre du plan d'action de rénovation énergétique.</p>	<p>- Taux (%) d'économie d'énergie finale annuelle dans les bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur. - Economie d'énergie Finale/Primaire annuelle réalisée des bâtiments des établissements publics d'enseignement supérieur, en Tunisie.</p>

Source : Auteur, 2023.