



**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE SAAD DAHLAB BLIDA -01-
INSTITUT D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME
Département d'Architecture**

**Rapport de soutenance de Master Professionnel en Efficacité
Énergétique dans le bâtiment**

Thème de recherche :

**Etude de l'impact de la diversité climatique sur l'efficacité
énergétique des bâtiments en Algérie.**

Présenté par :

KASSA, Souhila, 171732062227.

SERGHINE, Mouna Tassadit, 171732031727.

Encadré par :

Mr. BELHABIB, Sofiane.

Dr. LIMAM, Amel.

Membres du jury :

Dr. KHELIFI. (MCA).

Dr. ATIK. (MCB).

Année universitaire : 2023/2024

*A nos parents,
A nos frères,
Et nos sœurs
Nous vous aimons ...*

Remerciements

On remercie Dieu le Tout-Puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Nous tenons tout d'abord à exprimer notre profonde gratitude envers Dr. KAOULA, responsable de la formation, pour ses conseils éclairés, pour son soutien constant et sa disponibilité.

Ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide de nos chers encadrants : Dr. LIMAM, et, Mr. BELHABIB, nous les remercions pour leurs écoutes, leurs orientations, leurs patiences, leurs conseils précieux, ainsi pour l'attention qu'ils ont porté à ce travail.

Nos remerciements vont également aux membres du jury : Dr. KHELIFI et Dr. ATIK, de nos avoir honoré par leurs présences afin d'évaluer et juger ce mémoire de fin d'études.

Nous remercions sincèrement au CNERIB, où nous avons effectué notre stage. Leur accueil chaleureux, leur disponibilité et leur accompagnement nous ont permis de mener à bien les différentes étapes de notre projet. Nous sommes particulièrement reconnaissants envers Dr. LIMAM, et, Dr. OUKACI, pour leur encadrement et leur bienveillance.

Nous souhaitons également exprimer notre reconnaissance à tous les enseignants qui nous ont accompagnés durant notre cursus de ce Master : Dr. BEHIRI, Dr. BENCHEKROUNE, Dr. BOUHAMIDI, Dr. BOUKARTA, Dr. DILMI, Pr. HAMID, Dr. KAOULA, Mr. KHIATINE, Dr. LAFER, Dr. MEHDAOUI, Dr. MEHMOUDI, Dr. OUKACI, Pr. OUZZANE, Dr. RAHMANI, Pr. SAOUDI, Pr. SEMMAR, dont les enseignements ont posé les bases solides sur lesquelles repose notre travail actuel.

Enfin, nous tenons à remercier la GIZ pour le financement de ce master, grâce à leur soutien financier, nous avons pu bénéficier de formations complémentaires dispensées par des entreprises expertes dans notre domaine. Un grand remerciement est également adressé à RENAC (Renewables Academy AG), Dr. BARDIY, Dr. JERUSEL, pour les formations spécialisées qu'ils nous ont apportées. Leur expertise et leur enseignement de qualité ont enrichi notre parcours et ont été d'une grande valeur pour notre développement professionnel.

PRÉAMBULE

Le taux de chômage en Algérie ne cesse d'augmenter depuis des décennies dû principalement à un manque de compétences transversales (Soft Skills) des jeunes diplômés mais également à une formation répondant de moins au moins aux besoins du marché de l'emploi, un marché qui s'oriente désormais vers une transitions énergétique et environnementale visant d'alléger la pression sur l'environnement et la protection de ses ressources.

C'est dans ce contexte que la formation du master professionnalisant « *efficacité énergétique dans le bâtiment* » s'inscrit et plus particulièrement dans le cadre de la mise en œuvre du projet AEDA « amélioration de l'employabilité des diplômés des formations professionnels et universitaires en Algérie » qui est financé par le ministère fédéral de la coopération économique et du développement allemand (BMZ-Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung).

L'objectif principal de la formation est d'améliorer l'employabilité des jeunes diplômés dans les domaines professionnels ayant un lien avec l'efficacité énergétique du bâtiment et la gestion de l'énergie. La formation est axée principalement sur la pratique et le renforcement des compétences transversales (Soft-skills).

La formation a été mise en place en vue de mettre à la disposition du marché local, régional et national des spécialistes pouvant intervenir dans le domaine de la réduction de la consommation énergétique des bâtiments. Plus particulièrement, l'apprenant au terme de cette formation est en mesure de participer à l'élaboration de diagnostics énergétiques en rapport à la « performance énergétique et environnementale du bâtiment » et participer pleinement à l'élaboration des projets au sein des équipes pluridisciplinaires. L'apprenant a été également formé pour pouvoir mener des travaux de recherche et de développement en entreprise en adoptant des actions à entreprendre avec plus de professionnalisme et efficacité dans la gestion des problèmes environnementaux.

La formation élaborée est orientée pour préparer un cadre possédant les compétences requises pour prendre en charge une multitude de missions et des tâches diverses telle que :

Une conception environnementale : en incluant, notamment, les obligations réglementaires liées aux multiples certifications nationales (DTR et autres) ou internationales (HQE, BBC, Passivhaus....) ainsi que l'incorporation des énergies renouvelables.

Une optimisation énergétique du bâti : en incorporant des solutions pragmatiques basées sur des approches unifiées de la faisabilité du projet (la construction) et de son efficacité énergétique ainsi que du choix avisé des matériaux.

Un management efficient des projets : en associant les dispositifs de gestion technique de projets à des notions portant sur les transactions et droit de l'édifice, le montage financier et la conduite opérationnelle des projets.

Une administration intelligente des équipements techniques : en insérant des solutions adéquates, fondées sur les nouveaux procédés de communication, de régulation et de contrôle pour améliorer le fonctionnement de ces équipements ainsi que leurs interdépendances avec l'occupant.

- Application transversale des connaissances interdisciplinaires acquises lors de la formation.
- Appui à la gestion de projets : prise en compte des impératifs techniques et de l'environnement industriel avec une vision globale du projet.
- Soutien au Chef de Projet : mécanismes de management, la délégation des tâches, la formulation des messages.
- Travail en équipe : entrevue, échange, organisation et complémentarité au sein de l'équipe.
- Aptitudes : rectitude, autogestion, efficience, jugement, esprit de synthèse.
- Capacité à travailler avec des groupes multidisciplinaires pour créer des solutions

Au cours de ces deux années universitaires 2022/2023 et 20234/2024, les apprenants ont reçu une formation aussi diverse qu'enrichissante par des experts nationaux et internationaux notamment allemands tout en effectuant des stages dans des centres de recherche et des bureaux spécialisés, ce qui leur a permis de développer différentes thématiques pour leur projets de soutenances traitant la réhabilitation énergétique, la diversité climatique et son impact sur l'efficacité énergétique, les matériaux et

systemes modulaires innovants, les systemes CVC, les systemes passifs de refroidissement, le mur solaire, la facade vitree, l'optimisation de la consommation energetique des batiments et la conversion des batiments abandonnes en batiments plus durables et ecologiques.

Le defi a relever etait difficile mais capital pour preserver notre environnement, reduire les impacts generes par nos batiments, optimiser leurs comportements thermique et energetique pour une preservation optimale de nos ressources environnementales et surtout pour contribuer a la transition energetique et environnementale qui est au coeur de la politique nationale.

Les objectifs ont ete finalement atteints et le defi a ete releve avec succes !

Dr.KAOULA Dalel

Responsable du master professionnalisant
« Efficacite energetique dans le batiment »

Résumé

L'Algérie, avec sa diversité géographique et climatique, fait face à des défis importants dans le secteur de la construction. Ce secteur se confronte à des contraintes de standardisation et d'inadaptation climatique, ainsi qu'à une forte dépendance aux combustibles fossiles. Il est donc essentiel d'intégrer l'impact climatique comme une stratégie d'économie d'énergie.

Ce travail vise à évaluer l'efficacité thermique et énergétique des constructions résidentielles (maisons individuelles) et publiques tertiaires (écoles primaires) adaptées aux différentes zones climatiques de l'Algérie. Il s'agit d'une étude paramétrique qui se concentre sur des solutions passives, telles que le type et l'épaisseur de l'isolation, le type de vitrage, la couleur des façades, et les types de matériaux de construction.

Ces paramètres sont examinés à l'aide de simulations thermiques dynamiques sous le logiciel TRNSYS pour évaluer leur comportement thermique et leur performance énergétique.

Les données collectées pour cette étude proviennent d'une enquête basée sur un questionnaire.

L'objectif est de déterminer les cas optimaux pour chaque zone climatique, afin de réduire la consommation d'énergie tout en améliorant le confort. Une étude technico-économique est également réalisée pour évaluer le retour sur investissement des solutions proposées.

Mots clés

Diversité climatique, construction résidentiel, construction public, solutions passives, performance énergétique, confort thermique, consommation énergétique.

ملخص:

تواجه الجزائر، بتنوعها الجغرافي والمناخي، تحديات كبيرة في قطاع البناء والتشييد. ويواجه هذا القطاع قيودًا تتمثل في معوقات التوحيد القياسي وعدم ملاءمة المناخ، بالإضافة إلى الاعتماد الكبير على الوقود الأحفوري. لذلك من الضروري دمج التأثير المناخي كاستراتيجية لتوفير الطاقة.

الهدف من هذه الدراسة هو تقييم الكفاءة الحرارية والطاقة للمباني السكنية (المنازل الفردية) والمباني العامة (المدارس الابتدائية) التي تتكيف مع المناطق المناخية المختلفة في الجزائر. إنها دراسة بارامترية تركز على الحلول الكامنة، مثل نوع وسمك العزل، ونوع الزجاج، ولون الواجهات، وأنواع مواد البناء.

يتم فحص هذه المعلمات باستخدام المحاكاة الحرارية الديناميكية في برنامج TRNSYS لتقييم سلوكها الحراري وأداء الطاقة.

تأتي البيانات التي تم جمعها لهذه الدراسة من استبيان قائم على تحقيق استقصائي.

والهدف من ذلك هو تحديد الحالات المثلى لكل منطقة مناخية، من أجل تقليل استهلاك الطاقة مع تحسين الراحة. كما تم إجراء دراسة فنية واقتصادية لتقييم العائد على الاستثمار للحلول المقترحة.

الكلمات المفتاحية

تنوع المناخ، البناء السكني، البناء العام، الحلول الكامنة، أداء الطاقة، الراحة الحرارية، الراحة الحرارية، استهلاك الطاقة.

ABSTRACT

Algeria, with its geographical and climatic diversity, faces major challenges in the construction sector. The sector is faced with the constraints of standardisation and climatic unsuitability, as well as heavy dependence on fossil fuels. It is therefore essential to integrate climate impact as an energy-saving strategy.

The aim of this study is to assess the thermal and energy efficiency of residential buildings (individual houses) and public tertiary buildings (primary schools) adapted to Algeria's different climatic zones. It is a parametric study that focuses on passive solutions, such as the type and thickness of insulation, the type of glazing, the colour of facades, and the types of building materials.

These parameters are examined using dynamic thermal simulations in TRNSYS software to assess their thermal behaviour and energy performance.

The data collected for this study comes from a questionnaire-based survey.

The aim is to determine the optimal cases for each climate zone, in order to reduce energy consumption while improving comfort. A technical and economic study is also carried out to assess the return on investment of the proposed solutions.

Keywords

Climate diversity, residential construction, public construction, passive solutions, energy performance, thermal comfort, energy consumption.

Table des matières

CHAPITRE 1 : INTRODUCTION GENERALE.....	1
1.1. INTRODUCTION GENERALE :.....	1
1.2. CONTEXTE DE LA THEMATIQUE :.....	4
1.3. PROBLEMATIQUES :	7
1.3.1. Problématique générale :	7
1.4. HYPOTHESE :	7
1.5. OBJECTIFS DE LA RECHERCHE :	7
1.6. METHODOLOGIE :	8
CHAPITRE 2 : CAS D'ETUDES, DESCRIPTION DU PROJET ET METHODE UTILISEE : 10	
2.1. INTRODUCTION :.....	10
2.2. CHOIX DE CAS D'ETUDE :.....	10
2.2.1. Critères de choix :.....	10
2.2.2. Choix de types de bâtiments :	10
.....	13
2.2.3. Choix des zones climatique :	14
2.3. RECAPITULATIF DE CADRE DE REFERENCE THEORIQUE :.....	14
2.3.1. Recommandations :	25
2.4. PRESENTATION DES BATIMENTS DE REFERENCE :.....	27
2.4.1. Présentation de la maison individuelle MED-ENEC :.....	27
2.4.2. Présentation de l'école primaire :	30
2.5. PRESENTATION DES ZONES CLIMAIQUES :.....	31
2.6. PRESENATTION DE SYSTEME CONSTRUCTIF :	32
2.7. METHODOLOGIE DE L'ETUDE :.....	33
2.8. OUTILS DE LA DEMARCHE :.....	34
2.9. OUTIL DE LA STD (TRNSYS) :.....	35
2.9.1. Pourquoi TRNSYS :.....	35
2.9.2. Description de TRNSYS :	36
2.9.3. TRNSYSY Suite :.....	37
2.9.4. Processus de la simulation :	38
2.10. OUTIL D'EVALUATION (QUESTIONNAIRE) :	40
2.11. DEFINITION ET INTEGRATION DES SCENARIOS DE FONCTIONNEMENT : 41	
2.11.1. Définition des scénarios de fonctionnement :.....	42

2.12.	VARIATIONS ETUDIEES :	43
2.12.1.	Choix des variantes :	43
2.12.2.	Présentation des variantes étudiées :	44
CHAPITRE 3 : RESULTATS OBTENUS ET DISCUSSION.....		46
3.1.	INTRODUCTION :	46
3.2.	MAISON INDIVIDUELLE :	46
3.2.1.	Cas standard :	47
3.2.2.	Effet de l'isolation thermique sur l'évolution des températures intérieures ainsi que les besoins en chauffage et en climatisation :	52
3.2.3.	Effet des matériaux de construction sur l'évolution des températures intérieures ainsi que les besoins en chauffage et en climatisation :	65
3.2.4.	Effet de l'isolation avec la Laine de verre :	69
3.2.5.	Effet de couleur des parois sur l'évolution des températures intérieures ainsi que les besoins en chauffage et en climatisation :	71
3.2.6.	Effet de type du vitrage sur l'évolution des températures intérieures ainsi que les besoins en chauffage et en climatisation :	82
3.3.	ECOLE PRIMAIRE :	95
3.3.1.	Cas standard :	96
3.3.2.	Effet de l'isolation thermique sur l'évolution des températures intérieures ainsi que les besoins en chauffage et en climatisation :	101
3.3.3.	Isolation de la toiture et des murs :	105
3.3.4.	Effet des matériaux de construction sur l'évolution des températures intérieures ainsi que les besoins en chauffage et en climatisation :	114
3.3.5.	Parpaing :	115
3.3.6.	Voile en béton :	119
3.3.7.	La brique Mono-mur :	123
3.3.8.	Effet de couleur des parois sur l'évolution des températures intérieures ainsi que les besoins en chauffage et en climatisation :	134
3.3.9.	Effet de type du vitrage sur l'évolution des températures intérieures ainsi que les besoins en chauffage et en climatisation :	140
3.4.	SYNTHESE :	145
CHAPITRE 4 : ESTIMATION DU TEMPS DE RETOUR SUR L'INVESTISSEMENT SUPPLEMENTAIRE.....		147
4.1.	INTRODUCTION :	147
4.2.	COUT DE L'INVESTISSEMENT SUR L'ISOLATION THERMIQUE :	147
4.3.	TYPES ET PRIX DE L'ENERGIE EN ALGERIE ET DANS LE MONDE :	148
4.4.	DETERMINATION DES INDICATEURS FINANCIERS :	149

4.4.1. Temps d'amortissement (retour sur investissement) :.....	149
4.4.2. Temps d'amortissement selon notre scénario :.....	149
4.5. RESULTATS ET DISCUSSION :	150
4.5.1. Pour l'école :	150
4.5.2. Pour la maison :.....	151
4.6. CONCLUSION :	152
CHAPITRE 5 : CONCLUSION GENERALE :.....	154

Liste des illustrations (figures)

Figure 1 : Zones climatiques d'hiver.	4
Figure 2 : Zones climatiques d'été.....	5
Figure 3 : Constats et conséquences de contexte climatique et énergétique pour le secteur de l'habitat en l'Algérie.	6
Figure 4 : Méthodologie de recherche.	9
Figure 5 : Critère de sélection des cas d'étude.	10
Figure 6 : Raisons de choix de la maison individuelle.	11
Figure 7 : Répartition de la consommation du secteur Résidentiel par type de logement.....	11
Figure 8 : Structure des logements occupés selon le type de construction.	11
Figure 9 : Raisons de choix d'une école primaire.....	12
Figure 10 : Répartition des établissements scolaires par niveau d'enseignement (2018-2019).	12
Figure 11 : Répartition des élèves par niveau d'enseignement (2018-2019).....	12
Figure 12 : Répartition des enseignants par niveau d'enseignement (2018-2019).....	13
Figure 13 : Répartition des infrastructures scolaires par wilaya, 2019-2020.	13
Figure 14 : Présentation des références bibliographiques.....	14
Figure 15 : Localisation de CNERIB, (la Cité Nouvelle El Mokrani – 16097, SOUIDANIA, Algérie).	27
Figure 16 : Maison MED-ENEC.....	27
Figure 17 : Projet pilote MED-ENEC (vue de l'extérieur).	28
Figure 18 : Projet pilote MED-ENEC (vue de l'intérieur).	29
Figure 19 : 3D de l'école de référence.	30
Figure 20 : Situation des zones choisies.	31
Figure 21 : Démarche de l'étude.	33
Figure 22 : Outils de la démarche.....	34
Figure 23 : Avantages de la STD.	35
Figure 24 : TRNSYS suit.	37
Figure 25 : La relation entre les composants de TRNSYS.	37
Figure 26 : Processus de simulation.....	38
Figure 27 : Processus de simulation.	39
Figure 28 : Structure de Questionnaire.....	40
Figure 29 : Intégration des scénarios de fonctionnement dans TRNSYS.	41
Figure 30 : Nombre d'élèves par classe.	42
Figure 31 : Variantes étudiées.	43
Figure 32 : Plan de la maison étudiée.	46
Figure 33 : Variation de la température intérieure des pièces de la maison (cas standard) en saison hivernale pour les trois régions (Alger, Constantine et Ghardaïa).	47
Figure 34 : Variation de la température intérieure des pièces de la maison (cas standard) en saison estivale pour les trois régions (Alger, Constantine et Ghardaïa).	49
Figure 35 : L'évolution des besoins en énergie pour le chauffage et la climatisation de la maison (cas standard) pour les trois régions (Alger, Constantine et Ghardaïa).....	50

Figure 36 : L'évolution des besoins en énergie pour le chauffage de la maison avec isolation de la toiture seule pour les régions (Alger, Ghardaïa et Constantine).	53
Figure 37 : L'évolution des besoins en énergie pour la climatisation de la maison avec isolation de la toiture seule pour les régions (Alger, Ghardaïa et Constantine).	55
Figure 38 : Evaluation des températures intérieurs de la maison selon l'isolation de l'enveloppe en polystyrène pour la ville d'Alger, pendant la semaine hivernale la plus défavorable.....	57
Figure 39 : Evaluation des températures intérieurs de la maison selon l'isolation de l'enveloppe en polystyrène pour la ville d'Alger, pendant la semaine estivale la plus défavorable.....	58
Figure 40 : Evaluation des besoins énergétiques de la maison selon l'isolation de l'enveloppe en polystyrène pour la ville d'Alger.	59
Figure 41 : Evaluation des températures intérieurs de la maison selon l'isolation de l'enveloppe en polystyrène pour la ville de Constantine, pendant la semaine hivernale la plus défavorable.	60
Figure 42 : Evaluation des températures intérieurs de la maison selon l'isolation de l'enveloppe en polystyrène pour la ville de Constantine, pendant la semaine estivale la plus défavorable.....	60
Figure 43 : Evaluation des besoins énergétiques de la maison selon l'isolation de l'enveloppe en polystyrène pour la ville de Constantine.	61
Figure 44 : Evaluation des températures intérieurs de la maison selon l'isolation de l'enveloppe en polystyrène pour la ville de Ghardaïa, pendant la semaine hivernale la plus défavorable.....	62
Figure 45 : Evaluation des températures intérieurs de la maison selon l'isolation de l'enveloppe en polystyrène pour la ville de Ghardaïa, pendant la semaine estivale la plus défavorable.....	63
Figure 46 : Evaluation des besoins énergétiques de la maison selon l'isolation de l'enveloppe en polystyrène pour la ville de Ghardaïa.	64
Figure 47 : Evaluation des températures intérieurs de la maison (en cas standard & murs en parpaing) pour la ville d'Alger, pendant la semaine hivernale la plus défavorable.....	66
Figure 48 : Evaluation des températures intérieurs de la maison (en cas standard & murs en parpaing) pour la ville d'Alger, pendant la semaine estivale la plus défavorable.....	67
Figure 49 : Evaluation des besoins énergétiques de la maison (cas standard & murs en parpaing) pour la ville de Ghardaïa.	68
Figure 50 : Evaluation des températures intérieurs de la maison (en cas standard & murs en parpaing) pour la ville de Constantine, pendant la semaine hivernale la plus défavorable.....	69
Figure 51 : Evaluation des températures intérieurs de la maison (en cas standard & murs en parpaing) pour la ville de Constantine, pendant la semaine estivale la plus défavorable.....	70
Figure 52 : Evaluation des besoins énergétiques de la maison (cas standard & murs en parpaing) pour la ville de Constantine.	71

Figure 53 : Evaluation des températures intérieurs de la maison (en cas standard & murs en voile en béton) pour la ville d'Alger, pendant la semaine hivernale la plus défavorable.....	73
Figure 54 : Evaluation des températures intérieurs de la maison (en cas standard & murs en voile en béton) pour la ville d'Alger, pendant la semaine estivale la plus défavorable.....	74
Figure 55 : Evaluation des besoins énergétiques de la maison (cas standard & murs en voile en béton) pour la ville d'Alger.	46
Figure 56 : Evaluation des températures intérieurs de la maison (en cas standard & murs en voile en béton) pour la ville de Constantine, pendant la semaine hivernale la plus défavorable.....	47
Figure 57 : Evaluation des températures intérieurs de la maison (en cas standard & murs en voile en béton) pour la ville de Constantine, pendant la semaine estivale la plus défavorable.....	48
Figure 58 : Evaluation des besoins énergétiques de la maison (cas standard & murs en voile en béton) pour la ville de Constantine.....	50
Figure 59 : Evaluation des températures intérieurs de la maison (en cas standard & murs en Mono-mur) pour la ville d'Alger, pendant la semaine hivernale la plus défavorable.....	52
Figure 60 : Evaluation des températures intérieurs de la maison (en cas standard & murs en Mono-mur) pour la ville d'Alger, pendant la semaine estivale la plus défavorable.....	53
Figure 61 : Evaluation des besoins énergétiques de la maison (cas standard & murs en Mono-mur) pour la ville d'Alger.	54
Figure 62 : Evaluation des températures intérieurs de la maison (en cas standard & murs en Mono-mur) pour la ville de Constantine, pendant la semaine hivernale la plus défavorable.....	55
Figure 63 : Evaluation des températures intérieurs de la maison (en cas standard & murs en Mono-mur) pour la ville de Constantine, pendant la semaine estivale la plus défavorable.....	56
Figure 64 : Evaluation des besoins énergétiques de la maison (cas standard & murs en Mono-mur) pour la ville de Constantine.....	57
Figure 65 : Evaluation des températures intérieurs de la maison (en cas standard & murs en Adobe) pour la ville de Ghardaïa, pendant la semaine hivernale la plus défavorable.....	59
Figure 66 : Evaluation des températures intérieurs de la maison (en cas standard & murs en Adobe) pour la ville de Ghardaïa, pendant la semaine estivale la plus défavorable.....	61
Figure 67 : Evaluation des besoins énergétiques de la maison (cas standard & murs en Adobe) pour la ville de Ghardaïa.	62
Figure 68 : Evaluation des températures intérieurs de la maison (en cas standard & murs en BTS) pour la ville de Ghardaïa, pendant la semaine hivernale la plus défavorable.....	64
Figure 69 : Evaluation des températures intérieurs de la maison (en cas standard & murs en BTS) pour la ville de Ghardaïa, pendant la semaine estivale la plus défavorable.....	65

Figure 70 : Evaluation des besoins énergétiques de la maison (cas standard & murs en BTS) pour la ville de Ghardaïa.	66
Figure 71 : Evaluation des températures intérieurs de la maison (avec murs en laine de verre) pour la ville d'Alger, pendant les semaines hivernales et estivales les plus défavorables.....	69
Figure 72 : Evaluation des besoins énergétiques de la maison (avec murs en laine de verre) pour la ville d'Alger.	70
Figure 73 : Evaluation des températures intérieurs de la maison (avec murs en laine de verre) pour la ville de Constantine, pendant les semaines hivernales et estivales les plus défavorables.	70
Figure 74 : Evaluation des besoins énergétiques de la maison (avec murs en laine de verre) pour la ville de Constantine.	70
Figure 75 : Evaluation des températures intérieurs de la maison selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour la ville d'Alger.	71
Figure 76 : Evaluation des températures intérieurs de la maison selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour la ville de Constantine.	72
Figure 77 : Evaluation des températures intérieurs de la maison selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour la ville de Ghardaïa.	73
Figure 78 : Evaluation des températures intérieurs de la maison selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour la ville d'Alger.	77
<i>Figure 79 : Evaluation des températures intérieurs de la maison selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour la ville de Constantine.</i>	<i>78</i>
Figure 80 : Evaluation des températures intérieurs de la maison selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour la ville de Ghardaïa.	79
Figure 81 : L'évolution des besoins en énergie pour la climatisation de la maison (avec effet de couleurs) pour les trois régions (Alger, Constantine et Ghardaïa).	81
Figure 82 : Evaluation des températures intérieurs de la maison selon le type de fenêtre de la paroi pour la ville d'Alger, période hivernale.....	83
Figure 83 : Evaluation des températures intérieurs de la maison selon le type de fenêtre de la paroi pour la ville de Constantine, période hivernale.....	84
Figure 84 : Evaluation des températures intérieurs de la maison selon le type de fenêtre de la paroi pour la ville de Ghardaïa, période hivernale.....	85
Figure 85 : L'évolution des besoins en énergie pour la climatisation de la maison (avec type de fenêtres) pour les trois régions (Alger, Constantine et Ghardaïa), semaine hivernale plus défavorable.....	86
Figure 86 : Evaluation des températures intérieurs de la maison selon le type de fenêtre de la paroi pour la ville d'Alger, période estivale.	89
Figure 87 : Evaluation des températures intérieurs de la maison selon le type de fenêtre de la paroi pour la ville de Constantine, période estivale.	90
Figure 88 : Evaluation des températures intérieurs de la maison selon le type de fenêtre de la paroi pour la ville de Ghardaïa, période estivale.	91
Figure 89 : L'évolution des besoins en énergie pour la climatisation de la maison (avec type de fenêtres) pour les trois régions (Alger, Constantine et Ghardaïa), semaine estivale plus défavorable.	93
<i>Figure 90 : 3D de l'école primaire étudiée.....</i>	<i>95</i>

Figure 91 : Variation de la température intérieure des pièces de l'école (cas standard) pour la semaine la plus défavorable hivernale pour les trois régions (Alger, Constantine et Ghardaïa).....	96
Figure 92 : Variation de la température intérieure des pièces de l'école (cas standard) pour la semaine la plus défavorable estivale pour les trois régions (Alger, Constantine et Ghardaïa).....	98
Figure 93 : L'évolution des besoins en énergie pour le chauffage et la climatisation de l'école (cas standard) pour les trois régions (Alger, Constantine et Ghardaïa).....	100
Figure 94 : L'évolution des besoins en énergie pour le chauffage de l'école avec isolation de la toiture seule pour les régions (Alger, Ghardaïa et Constantine).	102
Figure 95 : L'évolution des besoins en énergie pour la climatisation de l'école avec isolation de la toiture seule pour les régions (Alger, Ghardaïa et Constantine).	104
Figure 96 : Evaluation des températures intérieurs de l'école selon l'isolation de l'enveloppe en polystyrène pour la ville d'Alger, pendant la semaine hivernale la plus défavorable.....	106
Figure 97 : Evaluation des températures intérieurs de l'école selon l'isolation de l'enveloppe en polystyrène pour la ville de Constantine, pendant la semaine hivernale la plus défavorable.	106
Figure 98 : Evaluation des températures intérieurs de l'école selon l'isolation de l'enveloppe en polystyrène pour la ville de Ghardaïa, pendant la semaine hivernale la plus défavorable.....	107
Figure 99 : Evaluation des températures intérieurs de l'école selon l'isolation de l'enveloppe en polystyrène pour la ville d'Alger, pendant la semaine estivale la plus défavorable.....	109
Figure 100 : Evaluation des températures intérieurs de l'école selon l'isolation de l'enveloppe en polystyrène pour la ville de Constantine, pendant la semaine estivale la plus défavorable.....	109
Figure 101 : Evaluation des températures intérieurs de l'école selon l'isolation de l'enveloppe en polystyrène pour la ville de Ghardaïa, pendant la semaine estivale la plus défavorable.....	110
Figure 102 : L'évolution des besoins en énergie pour le chauffage de l'école avec isolation des murs et de la toiture pour les régions (Alger, Ghardaïa et Constantine).	112
Figure 103 : L'évolution des besoins en énergie pour la climatisation de l'école avec isolation des murs et de la toiture pour les régions (Alger, Ghardaïa et Constantine).	113
Figure 104 : Variation de la température intérieure des pièces de l'école avec parpaing en saison hivernale pour les deux régions (Alger et Constantine).	115
Figure 105 : L'évolution des besoins en énergie pour le chauffage de l'école pour le cas standard, avec murs en parpaing et avec murs en parpaing et isolation à 10 cm de la toiture pour les régions (Alger et Constantine).	116
Figure 106 : Variation de la température intérieure des pièces de l'école avec les murs en parpaing en saison estivale pour les deux régions (Alger et Constantine).....	117
Figure 107 : L'évolution des besoins en énergie pour la climatisation de l'école pour le cas standard, avec murs en parpaing et avec murs en parpaing et isolation à 10 cm de la toiture pour les régions (Alger et Constantine).	118

Figure 108 : Variation de la température intérieure des pièces de l'école (cas standard) en saison hivernale pour les deux régions (Alger et Constantine).....	119
Figure 109 : Variation de la température intérieure des pièces de l'école avec voiles en béton en saison hivernale pour les deux régions (Alger et Constantine).....	119
Figure 110 : L'évolution des besoins en énergie pour le chauffage de l'école pour le cas standard, avec murs en béton et avec murs en béton avec isolation de la toiture à 10 cm pour les régions (Alger et Constantine).....	120
Figure 111 : Variation de la température intérieure des pièces de l'école (cas standard) en saison estivale pour les deux régions (Alger et Constantine).	121
Figure 112 : Variation de la température intérieure des pièces de l'école en voiles en béton en saison estivale pour les deux régions (Alger et Constantine).....	121
Figure 113 : L'évolution des besoins en énergie pour la climatisation de l'école en voiles en béton pour les deux régions (Alger et Constantine).	122
Figure 114 : Variation de la température intérieure des pièces de l'école avec brique Mono-mur en saison hivernale pour les deux régions (Alger et Constantine).....	123
Figure 115 : L'évolution des besoins en énergie pour le chauffage de l'école pour le cas standard, avec murs en briques Mono-mur et avec murs en briques Mono-mur avec isolation de la toiture à 10 cm pour les régions (Alger et Constantine).....	124
Figure 116 : Variation de la température intérieure des pièces de l'école en briques Mono-mur en saison estivale pour les deux régions (Alger et Constantine).....	125
Figure 117 : L'évolution des besoins en énergie pour la climatisation de l'école en briques Mono-mur pour les deux régions (Alger et Constantine).....	126
Figure 118 : Comparaison des besoins en énergie pour le chauffage et la climatisation des matériaux étudiés (brique creuse en double cloison, voiles en béton, parpaing, briques Mono-mur).....	127
Figure 119 : Variation de la température intérieure des pièces de l'école en briques adobe en saison hivernale pour la région de Ghardaïa.....	128
Figure 120 : Evaluation de besoin de chauffage de l'école en briques adobe en saison hivernale pour la région de Ghardaïa.	129
Figure 121 : Variation de la température intérieure des pièces de l'école en briques adobe en saison estivale pour la région de Ghardaïa.	129
Figure 122 : Evaluation de besoin de climatisation de l'école en briques adobe en saison estivale pour la région de Ghardaïa.....	130
Figure 123 : on de la température intérieure des pièces de l'école en BTS en saison hivernale pour la région de Ghardaïa.	131
Figure 124 : Evaluation de besoin de chauffage de l'école en BTS en saison hivernale pour la région de Ghardaïa.....	132
Figure 125 : Variation de la température intérieure des pièces de l'école en BTS en saison estivale pour la région de Ghardaïa.....	132
Figure 126 : Evaluation des températures intérieurs de l'école selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour la ville d'Alger, pendant la semaine estivale la plus défavorable.....	134
Figure 127 : Evaluation des températures intérieurs de l'école selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour la ville d'Alger, pendant la semaine hivernale la plus défavorable.	135

Figure 128 : Evaluation des besoins énergétiques de l'école selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour la ville d'Alger.	135
Figure 129 : Evaluation des températures intérieurs de l'école selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour la ville de Constantine, pendant la semaine estivale la plus défavorable.....	136
Figure 130 : Evaluation des températures intérieurs de l'école selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour la ville de Constantine, pendant la semaine hivernale la plus défavorable.....	137
Figure 131 : Evaluation des besoins énergétiques de l'école selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour la ville de Constantine.	137
Figure 132 : Evaluation des températures intérieurs de l'école selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour la ville de Ghardaïa, pendant la semaine estivale la plus défavorable.....	138
Figure 133 : Evaluation des températures intérieurs de l'école selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour la ville de Ghardaïa, pendant la semaine hivernale la plus défavorable.....	138
Figure 134 : Evaluation des besoins énergétiques de l'école selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour la ville de Ghardaïa.	139
Figure 135 : Evaluation des températures intérieurs de l'école selon le type de fenêtre de la paroi pour la ville d'Alger.	140
Figure 136 : Evaluation des besoins énergétiques de l'école selon le type de fenêtre de la paroi pour la ville d'Alger.	141
Figure 137 : Evaluation des températures intérieurs de l'école selon le type de fenêtre de la paroi pour la ville de Constantine.....	141
Figure 138 : Evaluation des besoins énergétiques de l'école selon le type de fenêtre de la paroi pour la ville de Constantine.....	142
Figure 139 : Evaluation des températures intérieurs de l'école selon le type de fenêtre de la paroi pour la ville de Ghardaïa.....	143
Figure 140 : Evaluation des besoins énergétiques de l'école selon le type de fenêtre de la paroi pour la ville de Ghardaïa.....	143
Figure 141 : Temps de retour sur l'investissement de l'isolation thermique en polystyrène de l'école.....	150
Figure 142 : Temps de retour sur l'investissement de l'isolation thermique en polystyrène de la maison.....	151

Liste des illustrations (tableau)

<i>Tableau 1 : Récapitulatif des équipements publics réalisés durant les 10 dernières années (par secteur).....</i>	13
<i>Tableau 2 : Référence bibliographique n°1, Étude de l'amélioration de la performance énergétique de bâtiments résidentiels à climat sec et chaud.</i>	15
<i>Tableau 3 : Référence Bibliographique n°2, Effet de l'enveloppe du bâtiment sur le confort thermique.....</i>	16
<i>Tableau 4 : Référence Bibliographique n°2, Effet de l'enveloppe du bâtiment sur le confort thermique.....</i>	16
<i>Tableau 5 : Référence bibliographique n°3, A Study of Energy Efficiency Simulation Programs and Energy Saving Optimization Analysis of Building Envelopment Parameters in Turkey.....</i>	17
<i>Tableau 6 : Référence bibliographique n°3, A Study of Energy Efficiency Simulation Programs and Energy Saving Optimization Analysis of Building Envelopment Parameters in Turkey.....</i>	17
<i>Tableau 7 : Référence bibliographique n°4, Impact of a Retrofitting Project on Thermal Comfort and Energy Efficiency of a Historic School in Miliana, Algeria.....</i>	18
<i>Tableau 8 : Référence bibliographique n°4, Impact of a Retrofitting Project on Thermal Comfort and Energy Efficiency of a Historic School in Miliana, Algeria.....</i>	18
<i>Tableau 9 : Référence bibliographique n°5, Comparative bioclimatic approach for comfort and passive heating and cooling strategies in Algeria.</i>	19
<i>Tableau 10 : Référence bibliographique n°5, Comparative bioclimatic approach for comfort and passive heating and cooling strategies in Algeria.</i>	19
<i>Tableau 11 : Référence bibliographique n°6, Simulation de l'effet de l'isolation thermique des bâtiments Cas du centre psychopédagogique SAFAA à Oujda.....</i>	20
<i>Tableau 12 : Référence bibliographique n°6, Simulation de l'effet de l'isolation thermique des bâtiments Cas du centre psychopédagogique SAFAA à Oujda.....</i>	20
<i>Tableau 13 : Référence Bibliographique n°7, Etude de l'efficacité énergétique d'un bâtiment d'habitation à l'aide d'un logiciel de simulation.....</i>	21
<i>Tableau 14 : Référence Bibliographique n°7, Etude de l'efficacité énergétique d'un bâtiment d'habitation à l'aide d'un logiciel de simulation.....</i>	21
<i>Tableau 15 : Référence bibliographique n°8, Effet de l'implantation d'un bâtiment collectif sur le confort hygrothermique intérieur cas de Biskra, Algérie.....</i>	22
<i>Tableau 16 : Référence bibliographique n°8, Effet de l'implantation d'un bâtiment collectif sur le confort hygrothermique intérieur cas de Biskra, Algérie.....</i>	22
<i>Tableau 17 : Référence bibliographique n°9, Amélioration de la performance énergétique d'un habitat individuel (cas d'étude Batna).....</i>	23
<i>Tableau 18 : Référence bibliographique n°9, Amélioration de la performance énergétique d'un habitat individuel (cas d'étude Batna).....</i>	23
<i>Tableau 19 : Référence bibliographique n°10, L'architecture scolaire en Algérie, quelle prise en charge climatique?</i>	24
<i>Tableau 20 : Référence bibliographique n°10, L'architecture scolaire en Algérie, quelle prise en charge climatique?</i>	24
<i>Tableau 21 : Caractéristiques dimensionnelles de la maison.....</i>	29
<i>Tableau 22 : : Caractéristiques dimensionnelles de l'école.....</i>	30

Tableau 23 : Informations géographiques des zones représentatives sélectionnées..	31
Tableau 24 : Informations sur les caractéristiques climatiques des zones sélectionnées.....	31
Tableau 25 : Système constrictif courant.....	32
Tableau 26 : Nombre d'occupants.....	42
Tableau 27 : Evaluation de confort thermique.....	43
Tableau 28 : Variante d'isolation.....	44
Tableau 29 : Variante de types de matériaux.....	44
Tableau 30 : Variante de la couleur.....	45
Tableau 31 : Variante par rapport au type de vitrage.....	45
Tableau 32 : Evaluation de la consommation d'énergie pour le chauffage avec différentes épaisseurs d'isolation de la toiture, pour la ville d'Alger.....	53
Tableau 33 : Evaluation de la consommation d'énergie pour le chauffage avec différentes épaisseurs d'isolation de la toiture, pour la ville de Constantine.....	54
Tableau 34 : Evaluation de la consommation d'énergie pour le chauffage avec différentes épaisseurs d'isolation de la toiture, pour la ville de Ghardaïa.....	54
Tableau 35 : Evaluation de la consommation d'énergie pour la climatisation avec différentes épaisseurs d'isolation de la toiture, pour la ville d'Alger.....	55
Tableau 36 : Evaluation de la consommation d'énergie pour la climatisation avec différentes épaisseurs d'isolation de la toiture, pour la ville de Constantine.....	55
Tableau 37 : Evaluation de la consommation d'énergie pour la climatisation avec différentes épaisseurs d'isolation de la toiture, pour la ville de Ghardaïa.....	56
Tableau 38 : Evaluation des températures intérieurs de la maison selon l'isolation pour les trois régions, pendant la période hivernale.....	64
Tableau 39 : Evaluation des températures intérieurs de la maison selon l'isolation pour les trois régions, pendant la période estivale.....	65
Tableau 40 : Evaluation des températures intérieurs de la maison selon l'isolation le type de matériau (en parpaing) pour les deux régions (Alger, Constantine), pendant la période hivernale.....	72
Tableau 41 : Evaluation des températures intérieurs de la maison selon l'isolation et le type de matériau (en parpaing) pour les deux régions (Alger, Constantine), pendant la période estivale.....	72
Tableau 42 : Evaluation des températures intérieurs de la maison selon l'isolation le type de matériau (en béton) pour les deux régions (Alger, Constantine), pendant la période hivernale.....	51
Tableau 43 : Evaluation des températures intérieurs de la maison selon l'isolation le type de matériau (en béton) pour les deux régions (Alger, Constantine), pendant la période estivale.....	51
Tableau 44 : Evaluation des températures intérieurs de la maison selon l'isolation le type de matériau (en Mono-mur) pour les deux régions (Alger, Constantine), pendant la période hivernale.....	58
Tableau 45 : Evaluation des températures intérieurs de la maison selon l'isolation le type de matériau (en Mono-mur) pour les deux régions (Alger, Constantine), pendant la période estivale.....	59
Tableau 46 : Evaluation des températures intérieurs de la maison selon l'isolation le type de matériau (en Adobe) pour la ville de Ghardaïa.....	63

Tableau 47 : Evaluation des températures intérieurs de la maison selon l'isolation le type de matériau (en BTS) pour la ville de Ghardaïa.....	68
Tableau 48 : Evaluation des températures intérieurs de la maison selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour les trois régions.....	74
Tableau 49 : Evaluation des températures intérieurs de la maison selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour les trois régions.....	75
Tableau 50 : Evaluation des températures intérieurs de la maison selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour les trois régions.....	79
Tableau 51 : Evaluation des températures intérieurs de la maison selon le type de fenêtre de la paroi pour les trois régions.	85
Tableau 52 : Evaluation des températures intérieurs de la maison selon le type de fenêtre de la paroi pour les trois régions, durant la semaine estivale la plus défavorable.....	91
Tableau 53 : Comparaison des variations de température en fonction des différents types de locaux et des températures extérieures dans trois villes différentes.	97
Tableau 54 : Comparaison des variations de température en fonction des différents types de locaux et des températures extérieures dans deux villes différentes.....	99
Tableau 55 : L'évolution des besoins en énergie pour le chauffage et la climatisation de l'école (cas standard) pour les trois régions (Alger, Constantine et Ghardaïa).....	99
Tableau 56 : Evaluation de la consommation d'énergie pour le chauffage avec différentes épaisseurs d'isolation de la toiture, pour la ville d'Alger.	102
Tableau 57 : Evaluation de la consommation d'énergie pour le chauffage avec différentes épaisseurs d'isolation de la toiture, pour la ville de Constantine.	102
Tableau 58 : Evaluation de la consommation d'énergie pour le chauffage avec différentes épaisseurs d'isolation de la toiture, pour la ville de Ghardaïa.	103
Tableau 59 : Evaluation de la consommation d'énergie pour la climatisation avec différentes épaisseurs d'isolation de la toiture, pour la ville d'Alger.	104
Tableau 60 : Evaluation de la consommation d'énergie pour la climatisation avec différentes épaisseurs d'isolation de la toiture, pour la ville de Constantine.	105
Tableau 61 : Evaluation de la consommation d'énergie pour la climatisation avec différentes épaisseurs d'isolation de la toiture, pour la ville de Ghardaïa.	105
Tableau 62 : Evaluation des températures intérieurs de l'école selon l'isolation de l'enveloppe en polystyrène pour la ville d'Alger, pendant la semaine hivernale la plus défavorable.....	107
Tableau 63 : Evaluation des températures intérieurs de l'école selon l'isolation de l'enveloppe en polystyrène pour la ville de Constantine, pendant la semaine hivernale la plus défavorable.	108
Tableau 64 : Evaluation des températures intérieurs de l'école selon l'isolation de l'enveloppe en polystyrène pour la ville de Ghardaïa, pendant la semaine hivernale la plus défavorable.....	108
Tableau 65 : Evaluation des températures intérieurs de l'école selon l'isolation de l'enveloppe en polystyrène pour la ville d'Alger, pendant la semaine estivale la plus défavorable.....	110
Tableau 66 : Evaluation des températures intérieurs de l'école selon l'isolation de l'enveloppe en polystyrène pour la ville de Ghardaïa, pendant la semaine estivale la plus défavorable.....	111

Tableau 67 : L'évolution des besoins en énergie pour le chauffage de l'école avec isolation des murs et de la toiture pour les régions (Alger, Ghardaïa et Constantine).	112
Tableau 68 : L'évolution des besoins en énergie pour la climatisation de l'école avec isolation des murs et de la toiture pour les régions (Alger, Ghardaïa et Constantine).	113
Tableau 69 : Evaluation des températures intérieurs de l'école selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour la ville d'Alger, pendant la semaine estivale la plus défavorable.....	134
Tableau 70 : Evaluation des températures intérieurs de l'école selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour la ville d'Alger, pendant la semaine hivernale la plus défavorable.....	135
Tableau 71 : Evaluation des températures intérieurs de l'école selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour la ville de Constantine, pendant la semaine estivale la plus défavorable.....	136
Tableau 72 : Evaluation des températures intérieurs de l'école selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour la ville de Constantine, pendant la semaine hivernale la plus défavorable.....	136
Tableau 73 : Evaluation des températures intérieurs de l'école selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour la ville de Ghardaïa, pendant la semaine estivale la plus défavorable.....	137
Tableau 74 : Evaluation des températures intérieurs de l'école selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour la ville de Ghardaïa, pendant la semaine hivernale la plus défavorable.....	138
Tableau 75 : Evaluation des températures intérieurs de l'école selon le type de fenêtre de la paroi pour la ville d'Alger, période estivale.....	140
Tableau 76 : Evaluation des températures intérieurs de l'école selon le type de fenêtre de la paroi pour la ville d'Alger, période hivernale.....	141
Tableau 77 : Evaluation des températures intérieurs de l'école selon le type de fenêtre de la paroi pour la ville de Constantine, période estivale.....	142
Tableau 78 : Evaluation des températures intérieurs de l'école selon le type de fenêtre de la paroi pour la ville de Constantine, période hivernale.....	142
Tableau 79 : Evaluation des températures intérieurs de l'école selon le type de fenêtre de la paroi pour la ville de Ghardaïa, période estivale.....	142
Tableau 80 : Evaluation des températures intérieurs de l'école selon le type de fenêtre de la paroi pour la ville de Ghardaïa, période hivernale.....	143
Tableau 81 : Tableau d'équivalence des isolants.....	146
Tableau 82 : Données nécessaires pour le calcul de TRI.....	148
Tableau 83 : Les consommations d'énergie en kWh pour l'isolation en polystyrène.	148
Tableau 84 : Prix des énergies conventionnelles utilisées pour le chauffage et la climatisation en Algérie (Prix de 2019).	149
Tableau 85 : Prix moyens internationaux des énergies conventionnelles utilisées pour le chauffage et la climatisation (Prix de 2019).....	149

Abréviations

APPRUE	Agence pour la Promotion et la Rationalisation de L'Utilisation de l'Energie.
CDER	Centre de Développement des Énergies Renouvelables
CNERIB	Centre National d'Études et de Recherche Intégrées du Bâtiment.
DTR	Document Technique Règlementaire.
GES	Gaz à Effet De Serre.
GIZ	l'Agence de Coopération Internationale Allemande pour le développement
MED-ENEC	Energy Efficiency in the Construction Pector of the Mediterranean
PAEREE	Programme d'Appui de l'Union Européenne aux Secteurs des Energies Renouvelables et de l'Efficacité Energétique en Algérie.

CHAPITRE 1 : INTRODUCTION GENERALE

1.1. INTRODUCTION GENERALE :

Notre terre repose sur un écosystème bien équilibré, au sein duquel tous les éléments sont interconnectés et interdépendants. En quelques millénaires sur cette planète, nous avons appris à y vivre, puis à l'appriivoiser et enfin à la dominer.¹

Cette domination, intensifiée par le développement industriel et économique, a atteint son sommet avec la révolution industrielle. Durant cette période et jusqu'à aujourd'hui, les activités anthropiques ont épuisé les ressources naturelles sans limites, avec une forte consommation des énergies fossiles (charbon, pétrole et gaz naturel). Celles-ci sont devenues, à l'échelle mondiale, la principale source d'énergie pour répondre aux besoins énergétiques de tous les secteurs stratégiques tels que l'habitat, l'industrie et les transports. Mais cela a un prix !

Tout d'abord, ces énergies fossiles sont des énergies qui représentent un stock limité et sont qualifiées de non renouvelables. En effet, des experts se sont regroupés afin de promouvoir l'efficacité énergétique, la durabilité et le développement des connaissances techniques et professionnelles, cette collaboration donne lieu depuis 1952 à un rapport annuel de référence sur les données énergétiques mondiales, appelé « Statistical Review of World Energy ». Ce rapport offre une vue d'ensemble détaillée des statistiques énergétiques globales, incluant la production, la consommation, les réserves, et les flux commerciaux d'énergie à travers le monde. En 2023, ils ont estimé que : « *En 2022, les énergies fossiles ont compté pour près de 82% de la consommation d'énergie primaire et environ 61% de la production d'électricité dans le monde* ».²

D'autre part, ces énergies sont polluantes. En effet lorsque les combustibles sont brûlés ils libèrent de CO₂ et d'autres GES, qui à leur tour piègent la chaleur dans notre atmosphère, ce qui en fait les principaux responsables du réchauffement planétaire et du changement climatique. En ce début d'année 2024, le Forum économique mondial a publié la 19^{ème} édition de « The global risks report », ils ont constaté que les

¹ WocomoDOCS. (2015). L'ère de l'Homme. [Documentaire]. <https://www.youtube.com/watch?v=l1Hgbz8Cf-k>

² Davenport J., Wayth N. (2023). *Statistical Review of World Energy, 23th Edition*. Londres (Royaume-Uni) : Energy Institute. p. 3. [EI Stat Review PDF single 3.pdf \(energyinst.org\)](#)

événements météorologiques extrêmes sont présentés comme le premier risque à long terme le plus menaçant pour le monde, et le risque dont les effets pourraient être les plus graves au cours des prochaines décennies, car au rythme actuel de la consommation de ces énergies fossiles (*l'augmentation de la température moyenne planétaire atteindra 1,5 °C entre 2030 et 2052*).³

Il convient toutefois de noter que les activités humaines liées au secteur de l'habitat ont une grande part de responsabilité dans ces phénomènes climatiques négatifs, en raison de la forte dépendance à des combustibles fossiles. Ce secteur consomme environ 30 % de l'énergie finale et produisent presque la même proportion de GES, « *A l'échelle planétaire le secteur du bâtiment est responsable d'environ 30 à 40 % de la consommation annuelle mondiale de l'énergie et de près de 30 % de l'ensemble des émissions de gaz à effet de serre* ».⁴ Selon l'architecte Philippe Rahm « *Les bâtiments sont responsables de 39 % des émissions mondiales de CO₂, contre 23 % pour les transports, majoritairement par les voitures, dont 2 % pour l'avion.* »⁵

Ce qui signifie que ce secteur vient en première lieu pour maîtriser ces constats, « *Sans mesures immédiates, des milliers de nouveaux bâtiments seront construits sans aucune considération pour l'efficacité énergétique et des millions de bâtiments existants consommant plus d'énergie que nécessaire seront toujours présents en 2050. Agir maintenant implique de réduire leur consommation énergétique et de faire de réels progrès en faveur de la lutte contre le changement climatique* ».⁶

Devant cette situation, plusieurs engagements ont été prise pour tenter de réduire les dépenses énergétiques, dont les COP font partie. Il s'agit d'une série de conférences des Nations Unies sur le changement climatique, visant à proposer des solutions et à évaluer les effets des mesures mises en place par les différents pays signataires dont l'Algérie fait partie.

Cela se traduit dans la construction par des bâtiments de plus en plus performants énergétiquement pour satisfaire les différentes normes et règles en vigueur, tout en préservant la qualité d'air intérieur et le confort des occupants.

³ Ministère de la transition écologique. (2019). Le changement climatique. [ONERC Panneaux expo CCC MAJ-2019 800x1100 DEFweb.pdf \(ecologie.gouv.fr\)](#)

⁴ Denker A., et al. (2014). Pour une construction éco énergétique en Algérie. 13 p.

⁵ Urbanisme. (2021). Philippe Rahm : « La forme suit le climat ». <https://www.urbanisme.fr/invite/philippe-rahm/>

⁶ KHARCHI R. (2013). L'efficacité énergétique dans le bâtiment. p. 8. [bulletin 028 05.pdf \(cdcr.dz\)](#)

Tout comme à l'échelle globale, l'Algérie est confrontée par le dérèglement climatique qui se manifeste rapidement sous la forme de sécheresses, d'inondations, et des vagues de chaleur et de froid qui surviennent avec des stages fréquents, entraînent une forte demande des énergies fossiles, dont les secteurs résidentielle et tertiaire sont les plus énergivores avec une consommation d'énergie de 43%, par conséquent, il prend une part de responsabilité non négligeable dans les émissions de GES avec un pourcentage de 35%.⁷

Étant donné de l'étendue géographique de l'Algérie, ces chiffres de consommation sont utilisés d'une manière contractée, c'est-à-dire, il existe des villes qui sont dominées par l'utilisation de climatisation (Au Sud) et d'autres par le chauffage (Au Nord), de ce fait un contraste climatique et énergétique va caractériser le contexte algérien.

Ce constat est dû à l'inadaptation de nos constructions au climat, augmentant par la suite la sensation d'inconfort et d'insatisfaction envers la qualité environnementale intérieur, et donc les occupants se trouvent obligés de faire appel à une forte utilisation des systèmes actifs conventionnels, ce qui donne lieu aux pics de consommation enregistrés.

En plus des considérations environnementales désormais bien connues, l'optimisation de la performance énergétique des bâtiments algériens fait l'objet d'une attention particulière en raison de la hausse des prix de l'énergie. A l'heure où il est de plus en plus courant de promouvoir des solutions d'optimisation de l'enveloppe des bâtiments, cela représente un potentiel important d'économies d'énergie.

Des actions ont été entreprises et un ambitieux programme visant à donner l'efficacité énergétique une place importante dans l'économie nationale a été adopté par les pouvoirs publics, parmi les actions entreprises dans ce sens on trouve Le Programme d'Appui de l'Union européenne aux secteurs des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique en Algérie (PAEREE) visait à mettre à jour les connaissances statistiques sur le parc des bâtiments en Algérie, en détaillant la typologie constructive, le classement par usage et les zones climatiques, sur la base de cette analyse, et grâce à des modèles de simulation appliqués aux modes constructifs représentatifs, le programme proposait des solutions techniques pour améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments.

⁷ APPRUE. (2017). La consommation énergétique finale. p. 2. [Agence Natianle pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie \(aprue.org.dz\)](http://agence.nat.energie.dz)

1.2. CONTEXTE DE LA THEMATIQUE :

Avec une superficie de plus de 2 millions de kilomètres carrés, l'Algérie est le plus grand pays d'Afrique⁸. Cette vaste étendue géographique entraîne une variété de conditions climatiques qui vont du climat méditerranéen au Nord, avec des étés chauds et humide et des hivers doux et pluvieux, au climat désertique au Sud, caractérisé par des températures extrêmes le jour et très basse la nuit. Entre ces deux extrêmes, on trouve des zones semi-arides et des régions montagneuses qui contribuent à la complexité climatique du pays.

La classification climatique selon la réglementation thermique algérienne (DTR C3-2/4), distingue cette diversité climatique typique pour chaque région, selon laquelle le territoire se présente sous forme de zones climatiques : 6 zones d'hiver et 9 zones d'été. Cette classification thermique de l'Algérie est illustrée par les figures ci-dessous.

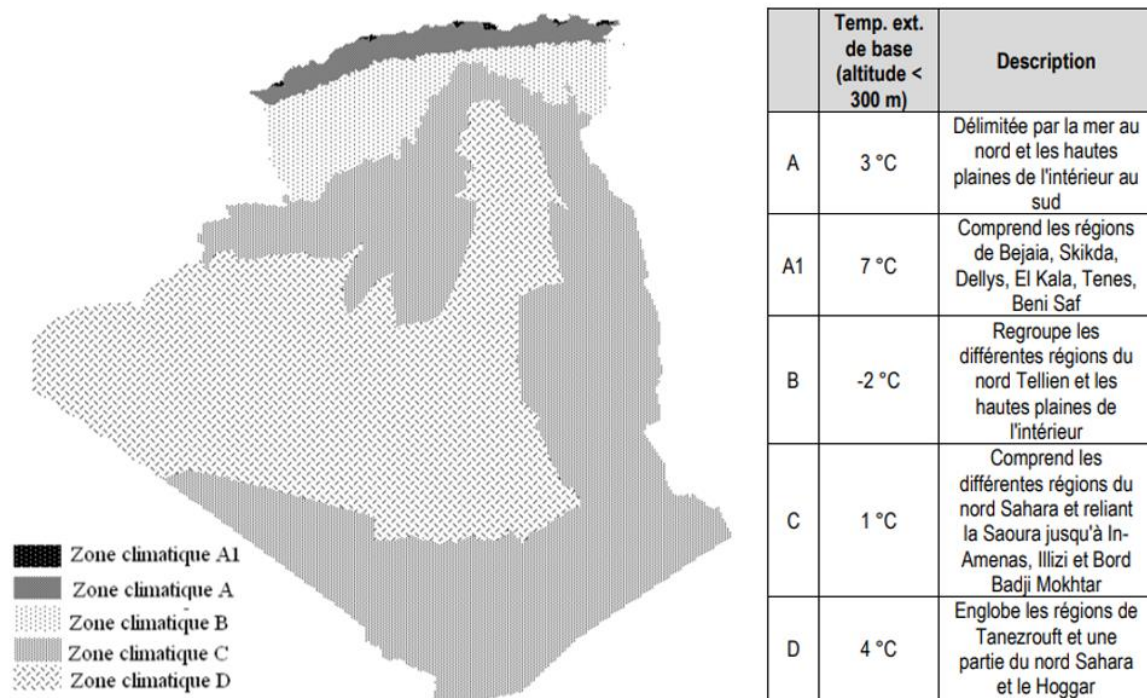


Figure 1 : Zones climatiques d'hiver.
Source : DTR (C 3.2/4).

⁸ Atlas Encyclopédie. (S. d.). Algérie. Dans Dictionnaire en ligne. <https://www.universalis.fr/atlas/afrique/algerie/>

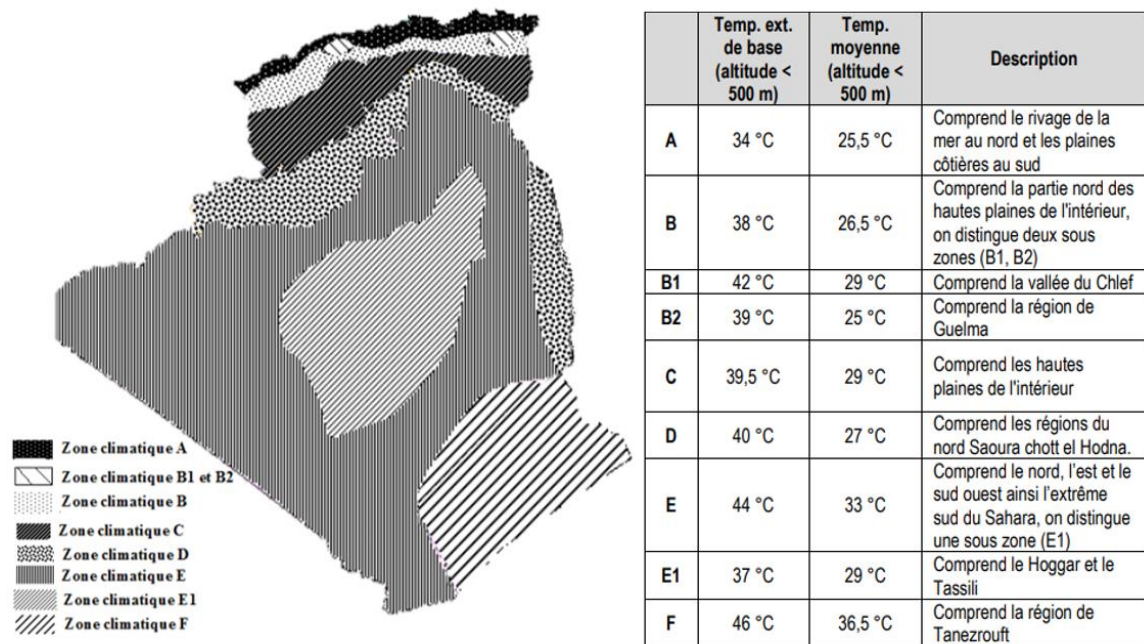


Figure 2 : Zones climatiques d'été.
Source : DTR (C 3.2/4).

Bien que cette diversité climatique marquée, le secteur de la construction en Algérie se caractérise largement par l'inadaptation aux conditions climatiques locales, cette situation est principalement due au non-respect de la réglementation thermique algérienne (DTR C 3-2/4).

En conséquence, des problèmes de standardisation se posent, souvent motivés par la nécessité de construire rapidement et à moindre coût.

Comme nous l'avons déjà mentionné, les constructions non adaptées, entraînent un inconfort thermique « *Le sud Algérien, et vue l'aridité du climat, les bâtiments sont responsable de plus que 70 % de la consommation de l'électricité en période estivale, la solution consiste à installer une climatisation électrique dans chaque local pour assurer le confort estival* »⁹ et, par conséquent, d'autres problèmes vont être générés, à savoirs :

⁹ Fezzioui N., Draoui B., Benyamine M., Larbi S. (2008). Influence des caractéristiques dynamiques de l'enveloppe d'un bâtiment sur le confort thermique au sud Algérien. *Revue des Energies Renouvelables*, vol. 11, n. 1, p. 25. <https://doi.org/10.54966/jreen.v11i1.53>

- Augmentation de la consommation énergétique, ce qui se traduit par un gaspillage d'énergie, en particulier pendant les périodes critiques : estivale et hivernale ;
- Choc thermique peu agréable au passage entre l'intérieur et l'extérieur, ce qui dégrade la qualité de l'ambiance intérieure ;
- Contribution à l'augmentation des émissions de GES, accentuant ainsi le réchauffement climatique.

Le schéma représenté ci-dessous, illustre les constats et les conséquences de contexte climatique et énergétique pour le secteur de la construction en l'Algérie.

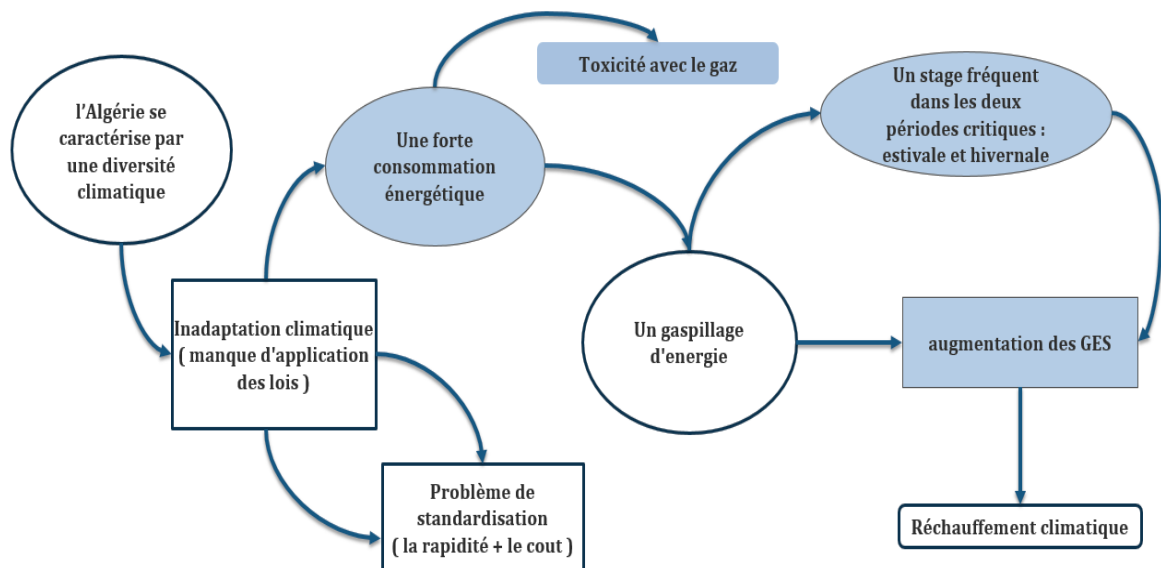


Figure 3 : Constats et conséquences de contexte climatique et énergétique pour le secteur de l'habitat en l'Algérie.
Source : Traitée par les auteurs, 2024.

C'est dans ce contexte que nous avons décidé de mener notre travail de recherche qui porte sur la corrélation existante entre le bâtiment et les spécificités climatiques où il se retrouve, d'où la nécessité d'intégrer l'impact climatique comme une stratégie d'économie d'énergie et d'obtenir le confort thermique. Pour ce faire, l'étude se concentre sur 3 régions, chacune représentant une zone climatique différente. Au sein de chaque région, nous analyserons son impact climatique sur deux (02) types de bâtiments : un bâtiment résidentiel et un bâtiment tertiaire (une école).

Il est important de noter que dans le cadre de notre thématique, nous nous intéressons particulièrement aux stratégies passives pour l'amélioration de l'efficacité énergétique, à savoir : l'isolation thermique, le type de matériaux, la ventilation naturelle et le type de vitrage.

1.3. PROBLEMATIQUES :

1.3.1. Problématique générale :

Suite au contexte de notre thématique présenté précédemment, la problématique majeure qui s'impose, et à laquelle notre recherche tentera de trouver des réponses est la suivante :

- Comment la diversité climatique en Algérie influe-t-elle sur l'efficacité énergétique des bâtiments, et quelles stratégies de conception et de gestion énergétique peuvent être développées pour optimiser les performances énergétiques dans des conditions climatiques variées ?

1.4. HYPOTHESE :

Pour répondre aux questions de recherche soulevées dans la problématique, nous avons formulé l'hypothèse suivante :

- L'adaptation spécifique des solutions passives pour chaque zone climatique peut améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments en Algérie, tout en assurant le respect des réglementations énergétiques et thermiques ;

1.5. OBJECTIFS DE LA RECHERCHE :

Cette recherche a pour but l'évaluation thermique de l'efficacité énergétique des bâtiments : résidentiel et tertiaire adaptés dans différentes zones climatiques en Algérie.

Cet objectif majeur est suivi par des sous-objectifs, à savoir :

- Analyser les retombées économiques ;
- Garantir le confort thermique ;
- Valorisation des matériaux locaux ;
- Réduire les émissions des GES ;
- Amélioration de la performance énergétique.

1.6. METHODOLOGIE :

Dans le but de répondre à la problématique et d'atteindre les objectifs de notre recherche, nous avons adopté une méthodologie structurée en plusieurs étapes clés. Cette approche nous a permis de comprendre les interactions entre les caractéristiques climatiques locales et les performances énergétiques des bâtiments étudiés, afin d'arriver à proposer des solutions adaptées à chaque contexte climatique.

1. Présentation d'un état des lieux pour différentes cas d'études (zones climatiques + bâtiments) :

La première étape de notre méthodologie consiste à établir un état des lieux détaillé pour les différentes zones climatiques étudiées ainsi que pour les types de bâtiments concernés. Cette étape comprend :

- État de recherche : Identification et description des caractéristiques climatiques des zones étudiées. Cela comprend la collecte de données météorologiques, l'analyse des variations saisonnières et la compréhension des défis climatiques spécifiques à chaque région.
- Récolte d'informations et étude expérimentale : Collecte de documents pour identifier les cas d'études pertinents. Cette phase comprend également la création de dossiers graphiques (2D et 3D) des bâtiments choisis et la réalisation d'enquêtes (questionnaires), avec la définition de scénarios de fonctionnement pour les bâtiments étudiés.

2. Simulation des cas d'étude (état non optimisé) :

Dans cette phase, nous avons simulé les cas d'études dans leur état initial, non optimisé. Cela nous a permis d'évaluer la performance énergétique réelle des bâtiments sans interventions d'amélioration.

3. Amélioration :

Cette étape se concentre sur l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments à travers une étude paramétrique, en explorant différentes variantes et paramètres pour déterminer leur impact sur l'efficacité énergétique des bâtiments. Les résultats de cette étude permettent de définir les améliorations à apporter.

4. Conclusion générale :

A la fin, nous avons identifié des limites de l'étude et des perspectives futures pour la recherche.

Le schéma ci-dessous présente les différentes étapes de notre méthodologie, de l'état des lieux initial à l'amélioration des performances énergétiques des bâtiments.

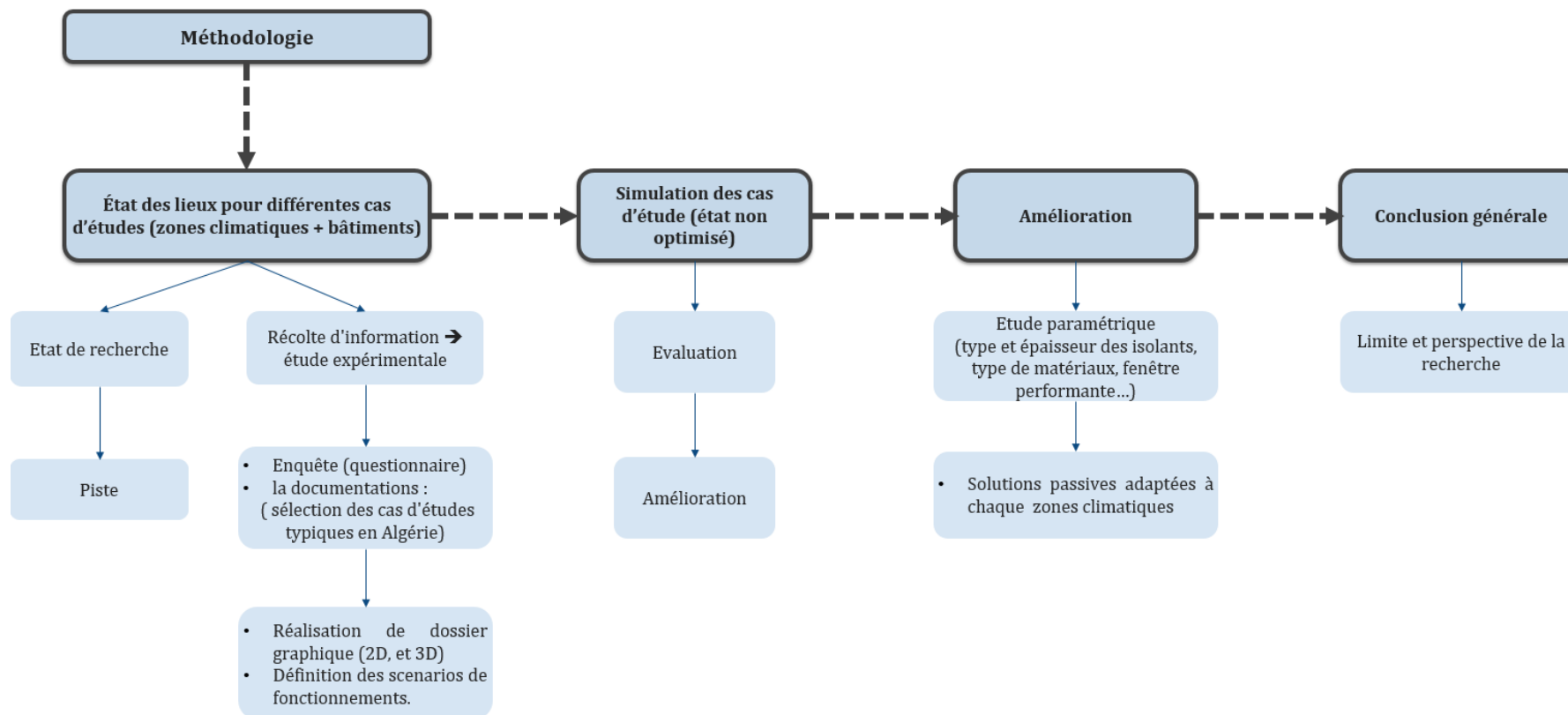


Figure 4 : Méthodologie de recherche.
Source : Traitée par les auteurs, 2024.

CHAPITRE 2 : CAS D'ETUDES, DESCRIPTION DU PROJET ET METHODE UTILISEE :

2.1. INTRODUCTION :

Le présent chapitre s'articule autour d'une série de parties clés, comme suit :

- Critères de sélection des cas d'étude et raisons de choix ;
- Récapitulatif de cadre de référence théorique, avec l'élaboration des recommandations représentant une plateforme qui va nous servir lors de notre démarche ;
- Présentation des cas d'études : zones climatiques ; maison résidentiel ; et bâtiment tertiaire (école).
- Description de la méthode utilisé pour arriver aux résultats.

2.2. CHOIX DE CAS D'ETUDE :

2.2.1. Critères de choix :

Pour mener à bien cette recherche, nous avons sélectionné des cas d'étude en nous appuyant sur des critères spécifiques, tant pour les zones climatiques que pour les types de bâtiments. Le schéma ci-dessous illustre les critères de choix des cas étudiés.

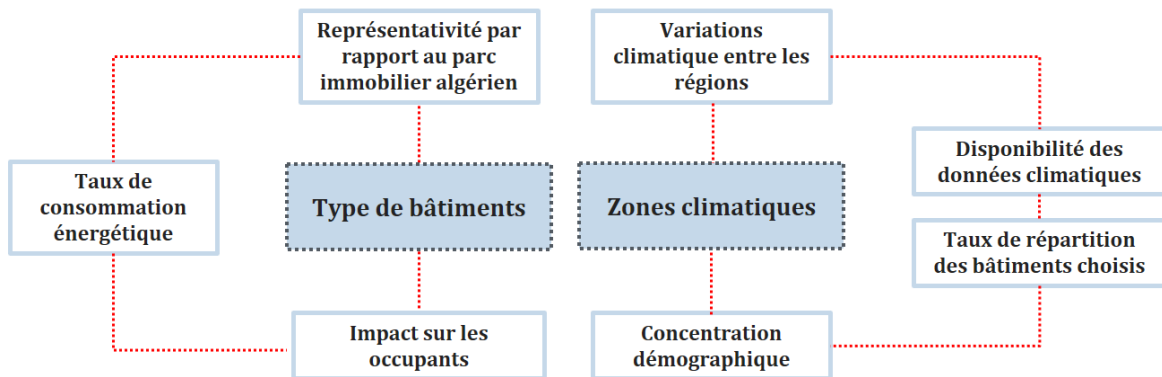


Figure 5 : Critère de sélection des cas d'étude.
Source : Traitée par les auteurs, 2024.

2.2.2. Choix de types de bâtiments :

Dans le cadre de notre étude, nous avons choisi de nous concentrer sur deux (02) types de bâtiments : une maison individuelle et une école. Le choix de ces types de bâtiments est motivé par plusieurs raisons indiquées dans les schémas ci-dessous :

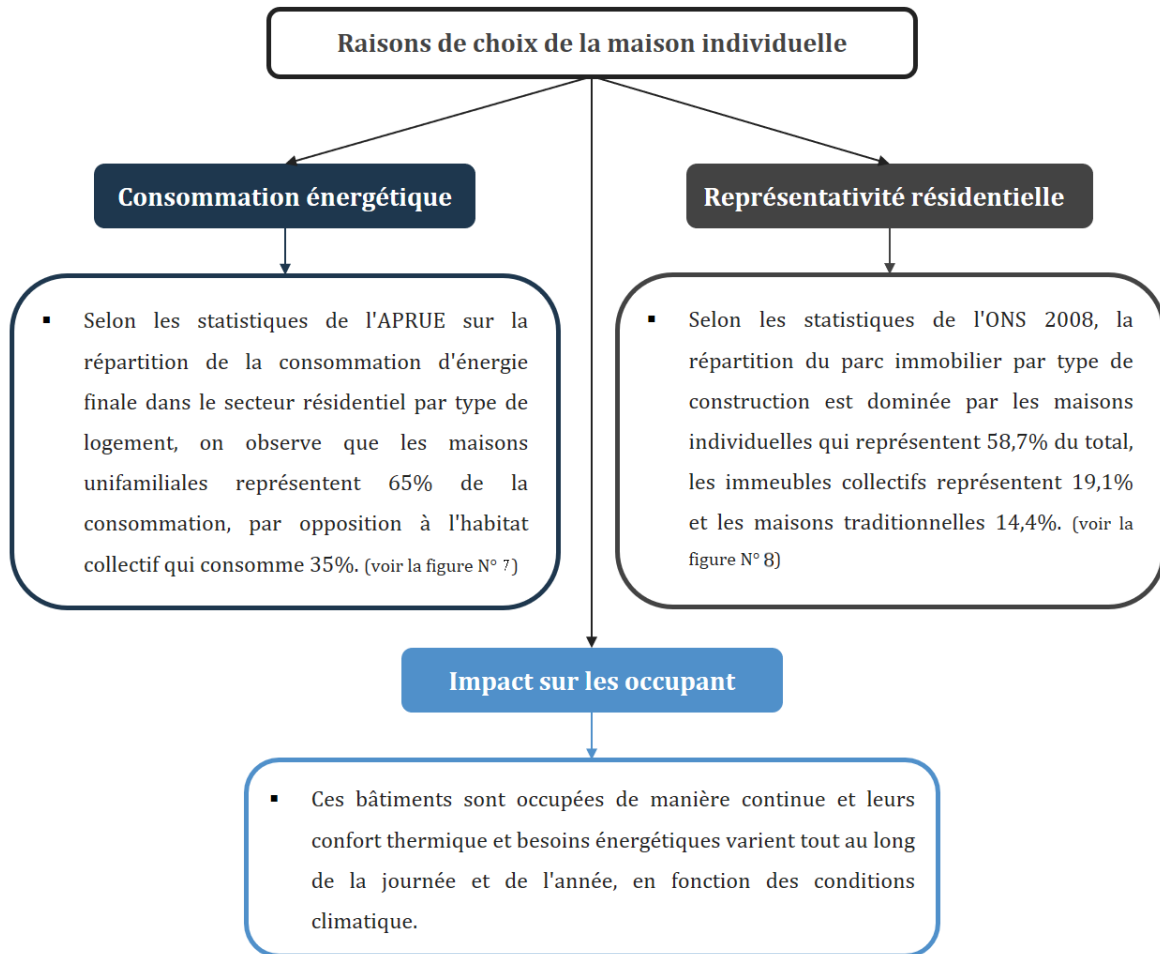


Figure 6 : Raisons de choix de la maison individuelle.
Source : Traitée par les auteurs, 2024.

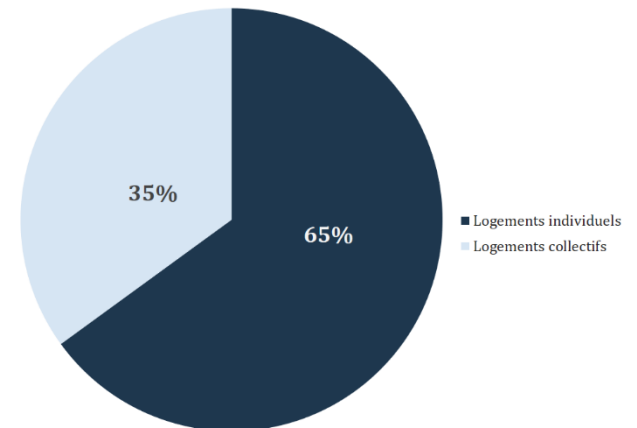


Figure 7 : Répartition de la consommation du secteur résidentiel par type de logement
Source : APRUE, Traitée par les auteurs, 2024.

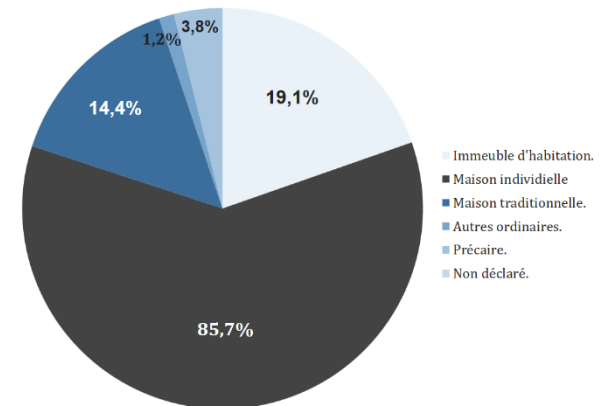


Figure 8 : Structure des logements occupés selon le type de construction.
Source : ONS, 2008. Traitée par les auteurs, 2024.

CHAPITRE 2 : Cas d'études, description du projet et méthode utilisée

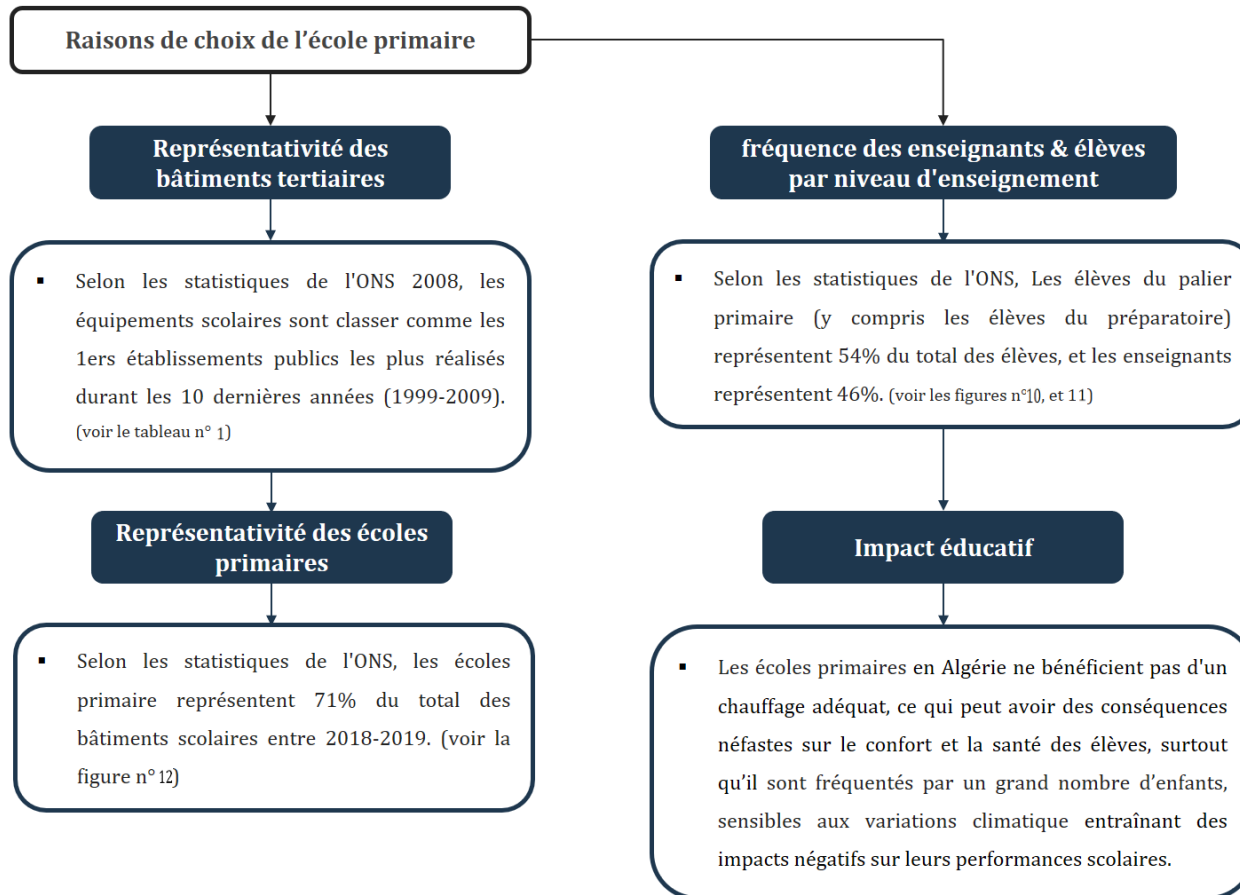


Figure 9 : Raisons de choix d'une école primaire.
Source : Traitée par les auteurs, 2024.

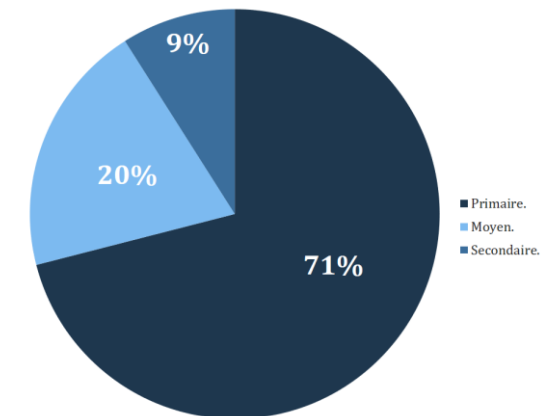


Figure 10 : Répartition des établissements scolaires par niveau d'enseignement (2018-2019).
Source : ONS, 2019. Traitée par les auteurs, 2024.

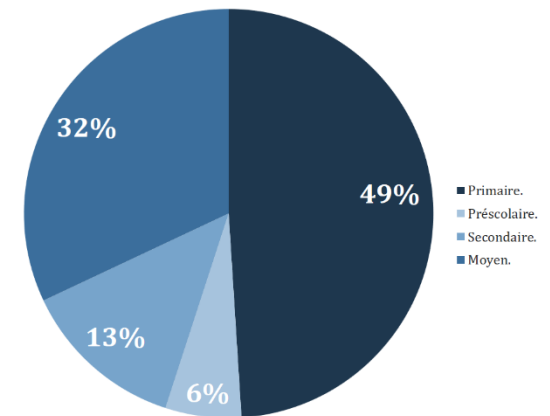


Figure 11 : Répartition des élèves par niveau d'enseignement (2018-2019).
Source : ONS, 2019. Traitée par les auteurs, 2024.

CHAPITRE 2 : Cas d'études, description du projet et méthode utilisée

Tableau 1 : Récapitulatif des équipements publics réalisés durant les 10 dernières années (par secteur).

Source : ONS, 2008. Traité par les auteurs, 2024.

Secteur	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Total
Education professionnelle	124	158	176	197	197	210	193	283	232	379	2149	
Formation professionnelle	16	14	13	15	14	03	01	03	01	01	81	
Enseignement supérieur	40	52	48	76	59	74	113	126	95	171	854	
Administratif	48	42	85	62	69	45	52	52	42	114	584	
Jeunesse et sports	55	83	89	161	220	34	09	03	03	02	659	
Santé	34	48	150	53	33	-	01	04	-	02	235	
Justice	06	02	08	05	06	09	02	06	04	03	51	
Culture	09	06	04	06	07	12	03	08	06	17	18	
Affaire religieuses	-	-	-	-	-	-	-	-	01	04	05	
Solidarité	-	-	-	-	-	-	-	-	-	03	03	

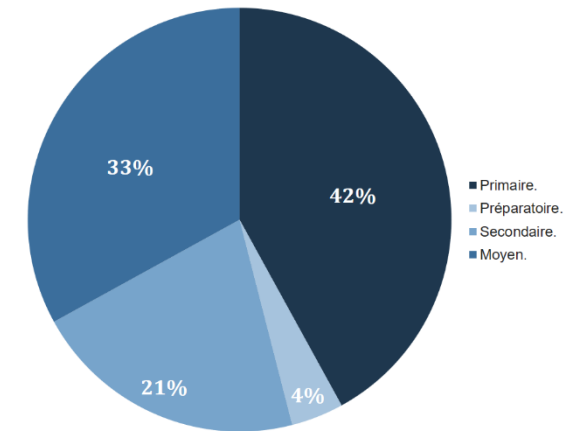


Figure 12 : Répartition des enseignants par niveau d'enseignement (2018-2019).

Source : ONS, 2019. Traité par les auteurs, 2024.

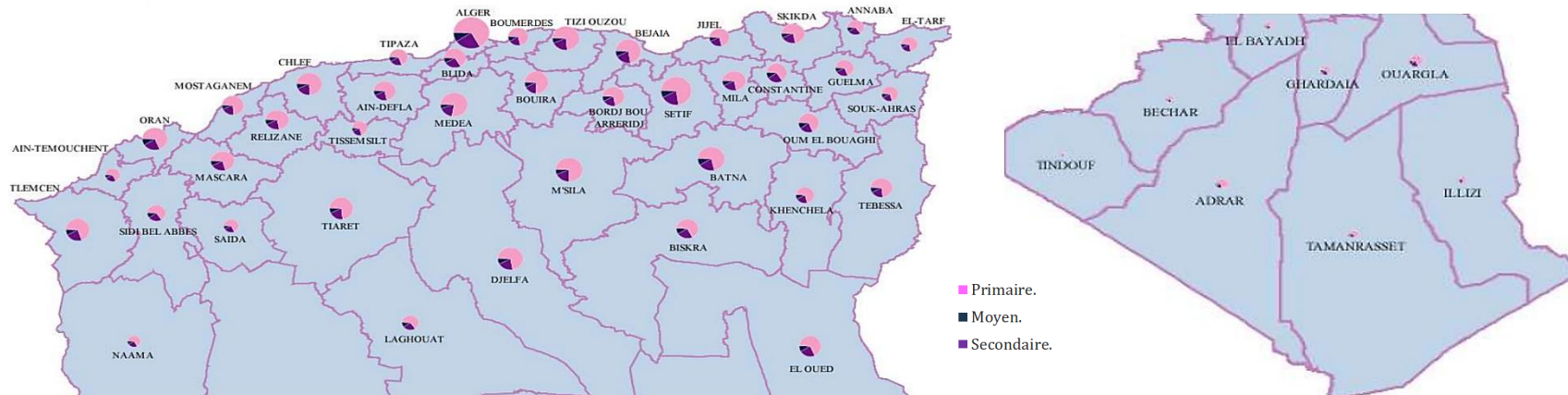


Figure 13 : Répartition des infrastructures scolaires par wilaya, 2019-2020.

Source : ONS, 2019.

2.2.3. Choix des zones climatique :

Selon les données de l'Office National des Statistiques, la répartition par Wilaya révèle qu'Alger, la ville la plus peuplée, est en tête à la fois en termes de nombre d'élèves et d'établissements, suivie par Sétif et Oran.¹⁰

Dans le but d'étudier l'impact du climat sur l'efficacité énergétique des bâtiments sélectionnés, nous avons choisi trois (03) zones climatiques distinctes : Alger (Nord), Constantine (Haut plateau), et Ghardaïa (Sud). Ce choix vise à équilibrer la répartition des écoles par Wilaya avec notre objectif d'évaluer l'impact de la diversité climatique. Il est important de noter que Constantine et Ghardaïa figurent également parmi les villes les plus peuplées en termes de nombre d'élèves et d'établissements (voir la figure n°11, p. 13).

2.3. RECAPITULATIF DE CADRE DE REFERENCE THEORIQUE :

Les références bibliographiques consultées se répartissent en deux (02) catégories : les articles, les thèses et les mémoires de recherches. Nous avons sélectionné celles qui sont pertinentes à notre sujet, en se concentrant sur les zones climatiques et types de bâtiments, dans le but de formuler des recommandations qui constitueront une base pour notre démarche future, comme le montre le schéma ci-dessous.

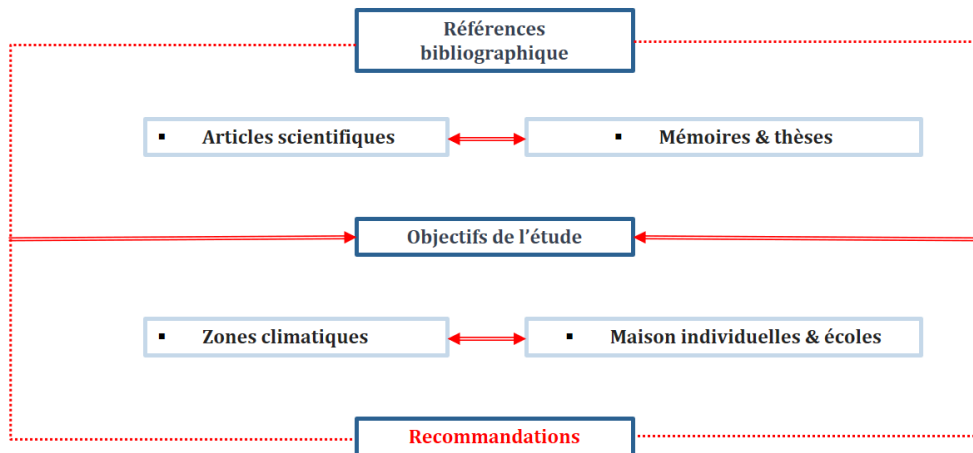



Figure 14 : Présentation des références bibliographiques.
Source : Traitée par les auteurs, 2024.

¹⁰ Office National des Statistiques – ONS (2019). *Les principaux indicateurs du secteur de l'Education Nationale. Année scolaire 2018-2019.* http://www.ons.dz/IMG/pdf/education_nat2018-2019.pdf

CHAPITRE 2 : Cas d'études, description du projet et méthode utilisée

Tableau 2 : Référence bibliographique n°1, Étude de l'amélioration de la performance énergétique de bâtiments résidentiels à climat sec et chaud.



Source : Benoudjafer I et all. (2018). Étude de l'amélioration de la performance énergétique de bâtiments résidentiels à climat sec et chaud improving the buildings envelopes energy performance in hot dry climate. Courrier du Savoir, n. 26, p. 245-258. <https://revues.univ-biskra.dz/index.php/cds/article/view/3939/3562>. Traité par les auteurs, 2024.

N°	Type et année publication	Auteurs	Titre	objectif	méthode	Illustration	
1	Article, 2018	Benoudjafer I., Zemmouri N., Benoudjafer I.	Étude de l'amélioration de la performance énergétique de bâtiments résidentiels à climat sec et chaud. Improving the buildings envelopes energy performance in hot dry climate....	Améliorer la performance énergétique du secteur résidentiel dans les régions arides (Bechar)	<ul style="list-style-type: none"> - Une étude paramétrique basé sur la simulation thermique dynamique à l'aide du logiciel de simulation TRNSYS. - Appliquée sur une maison typique représentative d'une grande part des appartements résidentiels de la ville Bechar. - L'étude implique l'intégration des solutions passives disponibles sur le marché local, comme l'isolation, les fenêtres performantes et la ventilation naturelle, et les comparer par le bâtiment de référence. 		
	Résultats						
	-	isolation	Inertie thermique	Protection solaire	Ventilation naturelle	Fenêtres performantes	
	Confort thermique	une amélioration positive en confort d'été	un impact significatif sur l'indice de confort d'été	une amélioration importante de confort d'été	en créant une cour intérieure permet une amélioration importante en performance de confort d'été et d'hiver	un impact négatif sur le besoin en rafraîchissement.	
	L'économie en consommation énergétique	une réduction de 56,08%	Une réduction de 54%	une réduction de 32,53%, 20,067% et 39,15% en été uniquement.	une réduction 50,94%.	Aucune réduction	
	Comparaison entre le modèle standard modèle optimal						
	-	Coût d'investissement	Consommation électrique	Cef Bât	Économie réalisée en électricité	Temps de retour	
	Le modèle standard	-	25943,4 kWh/bât/an	329,44 Kwh/m2.an	-	-	
	Modèle optimal	111.50 DA/m2	9932.73 kWh/bât/an	126.13 Kwh/m2.an	61.71 kWh/m2/m	5 ans et 1mois	

CHAPITRE 2 : Cas d'études, description du projet et méthode utilisée

Tableau 3 : Référence Bibliographique n°2, Effet de l'enveloppe du bâtiment sur le confort thermique.

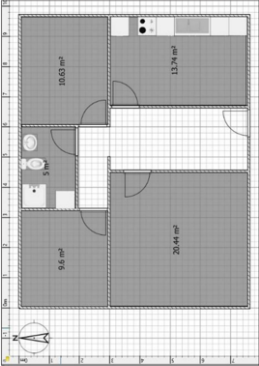
Source : Matari N et al. (s. d.). Effet de l'enveloppe du bâtiment sur le confort thermique. Application au climat aride. https://www.sft.asso.fr/Local/sft/dir/user-3775/documents/actes/Congres_2015/Communications/45397-fichier4.pdf. Traité par les auteurs, 2024.

N°	Type et année publication	Auteurs	Titre	objectif	méthode	Illustration
	Article	Matari N., Mahi A., Lachi M.	Effet de l'enveloppe du bâtiment sur le confort thermique. Application au climat aride	Étudier le comportement thermique d'un bâtiment en utilisant différents types de matériaux, tout en tenant compte des spécificités du climat du site considéré.	<ul style="list-style-type: none"> - Une étude paramétrique basé sur la STD à l'aide du logiciel de simulation logiciel Energie Plus V7. - Le bâtiment étudié est constitué d'un RDC+1, situé à Béchar (Algérie) - L'étude propose différents scénarios basés sur le type ou l'épaisseur des matériaux afin d'évaluer le comportement thermique de l'enveloppe en fonction de l'effet de type : murs extérieurs, isolation et toiture. 	 <p style="text-align: center; font-size: small;">Figure 1 : Plan du rez de chaussée</p>  <p style="text-align: center; font-size: small;">Figure 2 : Plan du 1^{er} étage</p>
Résultats : la simulation est faite en multizones, 6 zones au RDC et 7 zones au 1 ^{er} étage et une zone pour la buanderie. L'article présente les résultats d'une seule chambre n°3.						
2		Effet de type des parois extérieurs		Effet de l'isolation thermique		toiture
	La journée la plus froide	en parpaing de béton d'épaisseur 20 cm $R = 0,389 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C W-1}$	<ul style="list-style-type: none"> - brique de terre cuite (15+10) cm séparés par une lame d'air de 5 cm. $R = 2,866 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C W-1}$ - en adobe de 50 cm. $R = 0,939 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C W-1}$ 	Une différence de T° ambiante qui peut atteindre 1°C de 9H à 17h entre les doubles parois avec et sans isolant.		les toitures en corps creux en polystyrène sont les plus efficaces avec des gains thermiques allant jusqu'à $1,5^\circ\text{C}$.
	La journée la plus chaude	Evolution de la T° de la chambre qui atteint 39°C	Elles ne dépassent pas les 36°C	l'isolation des doubles parois est presque inefficace et n'apporte pas un gain thermique important (une différence de $0,5^\circ\text{C}$)		La différence de température de l'air intérieur entre un toit avec et son isolation est de l'ordre de $1,5^\circ\text{C}$ tout au long de la journée.
	Consommation énergétique	<ul style="list-style-type: none"> - le mur en double paroi et le mur en adobe de 50cm permettent une réduction de la consommation énergétique de chauffage et de climatisation estimée de plus de 90% par rapport à celle du mur en parpaing. - Donc, ils ont constaté que les doubles parois en brique et simples parois en adobe sont nettement plus efficaces par rapport aux simples parois en parpaing de béton, De plus l'adobe est un produit local qui nécessite moins de rejets polluant lors de sa production. 				

CHAPITRE 2 : Cas d'études, description du projet et méthode utilisée

Tableau 5 : Référence bibliographique n°3, A Study of Energy Efficiency Simulation Programs and Energy Saving Optimization Analysis of Building Envelopment Parameters in Turkey.


Source : Baneaz M. O. O., Akkoyunlu M. T. (2023). A Study of Energy Efficiency Simulation Programs and Energy Saving Optimization Analysis of Building Envelopment Parameters in Turkey. *Journal of Ecological Engineering*, vol. 24, n. 9, p. 202-217. <https://doi.org/10.12911/22998993/169178>. Traité par les auteurs, 2024.

N°	Type et année publication	Auteurs	Titre	objectif	méthode	Illustration						
3	Article, 2023	Baneaz M. O. O Akkoyunlu M. T	A Study of Energy Efficiency Simulation Programs and Energy Saving Optimization Analysis of Building Envelopment Parameters in Turkey	L'optimisation de la consommation d'énergie dans les bâtiments, en améliorant l'enveloppe du bâtiment, qui représente une part importante de l'utilisation de l'énergie de chauffage et de refroidissement.	<ul style="list-style-type: none"> - Une étude paramétrique menée sur un bâtiment résidentiel de 80 m², situé à Konya Meram (Turquie). - Tout d'abord, ils ont effectué une approche comparative entre 3 logiciels : revit, Ecobat, et hap. pour valider le plus approprié, en simulant le bâtiment sans isolation. les résultats de consommation ont été comparés à la norme TS 825 établi par l'Institut turc de normalisation. - La validation de Ecobat avec un taux d'erreur n'est pas supérieur à 1%. 							
							Résultats					
								Choix optimale	Confort thermique	Consommation énergétique		
							L'épaisseur de l'isolation	7-11cm	Réduction 46,71 de la charge de chauffage	Economie d'énergie de 3,896%		
							Rapport fenêtres /mur	R = 75%	-	Économie d'énergie de 5,04%		
L'épaisseur des fenêtres	4- 6 et 8 mm	-	d'économies réalisables était de 1,88 % de la consommation annuelle									

CHAPITRE 2 : Cas d'études, description du projet et méthode utilisée

Tableau 7 : Référence bibliographique n°4, *Impact of a Retrofitting Project on Thermal Comfort and Energy Efficiency of a Historic School in Miliana, Algeria.*

Source : Khledj S., Bencheikh H. (2019). *Impact of a Retrofitting Project on Thermal Comfort and Energy Efficiency of a Historic School in Miliana, Algeria. International Journal of Architectural Heritage*, vol. 15, n. 3, p. 407-425. <https://doi.org/10.1080/15583058.2019.1621960>. Traité par les auteurs, 2024.

N°	Type et année publication	Auteurs	Titre	objectif	méthode	Illustration
4	Article, 2019	Khledj S., Bencheikh H.	Impact of a Retrofitting Project on Thermal Comfort and Energy Efficiency of a Historic School in Miliana, Algeria	l'impact de la réhabilitation sur le confort thermique, visuel et la consommation énergétique pour le chauffage, la climatisation et l'éclairage artificiel des anciennes écoles durables.	Trois moyens d'investigation ont été utilisés : les mesures sur le terrain, les interviews des utilisateurs et les simulations numériques Afin d'évaluer l'IEQ de l'école, trois méthodes principales ont été suivies. Premièrement, des mesures sur le terrain suivies d'évaluations par simulation numérique des aspects de confort mentionnés ont été réalisées pendant la période d'utilisation du bâtiment. Deuxièmement, une évaluation qualitative du confort a été réalisée après l'achèvement des travaux de réhabilitation, en interrogeant les utilisateurs pour déterminer les valeurs de confort thermique et visuel requises dans les salles de classe de l'école par les utilisateurs. Troisièmement, sur la base des valeurs de confort requises dans les salles de classe, une simulation numérique a été effectuée pour trouver les meilleures solutions de réhabilitation afin de répondre aux conditions de confort requises.	
Résultats						
<p>Selon l'enquête, les conditions thermiques étaient extrêmement mauvaises à l'intérieur des salles de classe du deuxième étage et les élèves les trouvaient généralement froides et inconfortables. Elles n'étaient pas conformes aux normes recommandées en raison de :</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Les mesures de rénovation mises en œuvre ont eu des conséquences négatives sur le confort environnemental intérieur et l'efficacité énergétique, en raison de la mauvaise performance thermique et des nombreux ponts thermiques caractérisant l'enveloppe du bâtiment. ● Les salles de classe avec des caractéristiques traditionnelles offraient un meilleur environnement thermique intérieur et étaient plus efficaces sur le plan énergétique avant la rénovation. De plus, l'enduit des murs traditionnellement construits avec du mortier de ciment a réduit la performance de l'enveloppe thermique. ● Le projet de rénovation a négligé l'amélioration du confort visuel en termes de sensation d'éblouissement, causée principalement par les reflets du soleil sur les tableaux blancs. ● La conclusion la plus importante de cette recherche est que les projets de réhabilitation en Algérie se concentrent uniquement sur la consolidation des anciens bâtiments et sous-estiment l'efficacité énergétique et la qualité de l'environnement intérieur (confort thermique, visuel, acoustique et qualité de l'air intérieur). 						

CHAPITRE 2 : Cas d'études, description du projet et méthode utilisée

Tableau 9 : Référence bibliographique n°5, Comparative bioclimatic approach for comfort and passive heating and cooling strategies in Algeria.

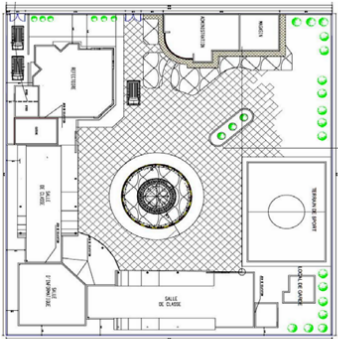
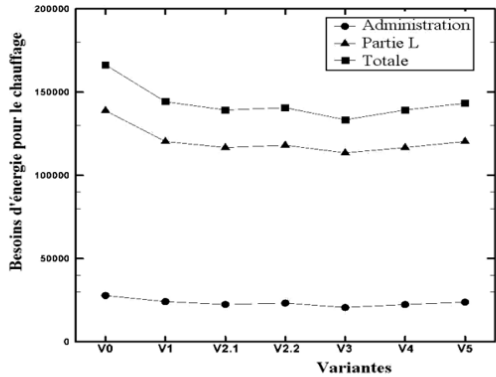
Source : Semahi S et all.. (2019). Comparative bioclimatic approach for comfort and passive heating and cooling strategies in Algeria. *Building and Environment*, vol. 161. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106271>. Traité par les auteurs, 2024.

N°	Type et année publication	Auteurs	Titre	objectif	méthode	Illustration
5	Article, 2017	Semahi S., Zemmouri N., Kumar Singh M., Attia A.	Comparative bioclimatic approach for comfort and passive heating and cooling strategies in Algeria.	<ul style="list-style-type: none"> - L'analyse du confort thermique et du potentiel de conception passive. - une évaluation du potentiel bioclimatique. 	<p>L'étude est basée sur une approche comparative afin de quantifier le potentiel bioclimatique de différents sites en Algérie à l'aide de données météorologiques récentes.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- Analyse documentaires. 2- Sélection des zones climatique représentatif selon le DTR et le CDER. 3- Calcul du potentiel bioclimatique annuel pour les 8 zones. 4- Le choix d'un bâtiment de référence représentatif, un logement social multifamilial caractérisé par la typologie la plus courante en Algérie, le choix s'est porté sur l'appartement du 1er étage car c'est l'étage le plus représentatif contrairement au rez-de-chaussée? et l'étage le plus élevé sont plus influencés par l'air extérieur. De plus, qu'ils ont pu effectuer des mesures réelles dans cet appartement. 5- Modèle de simulation et validation par EnergyPlus. 6- Création d'un modèle d'évaluation de la consommation d'énergie. 7- la calibration de modèle de simulation. 8-Calcul et comparaison des charges énergétiques 	<p style="text-align: center; font-size: small;">Fig. 1. Conceptual framework of this study.</p>
	Résultats			<ul style="list-style-type: none"> - Les résultats permettent aux architectes et aux urbanistes de mieux comprendre le climat de chaque ville étudiée et fournissent des conseils sur la façon de les appliquer. - Validation d'un modèle de logement comme un modèle standard représentatif 		

CHAPITRE 2 : Cas d'études, description du projet et méthode utilisée

Tableau 11 : Référence bibliographique n°6, Simulation de l'effet de l'isolation thermique des bâtiments Cas du centre psychopédagogique SAFAA à Oujda.

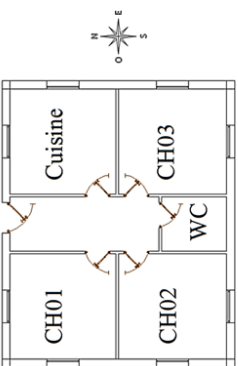
Source : Guechchati R et all. (2010). Simulation de l'effet de l'isolation thermique des bâtiments Cas du centre psychopédagogique SAFAA à Oujda. *Revue des Energies Renouvelables*, vol. 13, n. 2, p. 223-232. <https://www.asjp.cerist.dz/en/article/119871>. Traité par les auteurs, 2024.

N°	Type et année publication	Auteurs	Titre	objectif
6	Article, 2010	Guechchati R., Moussaoui M.A., Mezrhah Ahm., Mezrhah Abd.	Simulation de l'effet de l'isolation thermique des bâtiments Cas du centre psychopédagogique SAFAA à Oujda	L'étude thermique et énergétique du centre psychopédagogique 'SAFAA' qui se situe dans la ville d'Oujda (Maroc).
	Méthode		Résultats	
	<ul style="list-style-type: none"> Une étude paramétrique est réalisée à l'aide du logiciel de simulation du comportement thermique en régime dynamique 'TRNSYS 16' avec le modèle numérique type 56, pur un école 'SAFAA' : un centre psychopédagogique pour enfants handicapés mentaux, ayant une superficie de 3300 m², formé par deux bâtiments principaux. <div style="text-align: center;">  <p>Fig. 1: Plan de masse du centre 'SAFAA'</p> </div>		<p>Les résultats ont montrés que :</p> <ul style="list-style-type: none"> L'isolation de la toiture par 6 cm de polystyrène expansé (variante 1) réduit les besoins d'énergie de 13,34 % par rapport à l'état actuel, donc elle a été retenue comme solution. <div style="text-align: center;">  <p>Fig. 5: Besoin d'énergie annuel en kWh pour le chauffage</p> </div>	

CHAPITRE 2 : Cas d'études, description du projet et méthode utilisée

Tableau 13 : Référence Bibliographique n°7, Etude de l'efficacité énergétique d'un bâtiment d'habitation à l'aide d'un logiciel de simulation.


Source : Abderrahmane B., Zinelabidine M. (2013). Etude de l'efficacité énergétique d'un bâtiment d'habitation à l'aide d'un logiciel de simulation. Mémoire de Magister : Université Constantine 1, Constantine (Algérie). 125 p. <http://depot.umc.edu.dz/handle/123456789/6359>. Traité par les auteurs, 2024.

N°	Type et année publication	Auteurs	Titre	objectif	méthode	Illustration							
7	Mémoire de Magistar, 2012	BOURSAS A	Etude de l'efficacité énergétique d'un bâtiment d'habitation a l'aide d'un logiciel de simulation	L'étude de l'impact des mesures d'efficacité énergétique passives sur les besoins énergétiques thermiques d'un bâtiment résidentiel conditionné par des données météorologique de la ville de Constantine, pour l'optimiser afin de le rendre le plus performant.	<ul style="list-style-type: none"> - l'étude repose sur une méthode numérique paramétrique par la simulation thermique dynamique à l'aide du logiciel de simulation TRNSYS. - La simulation se fera sur un bâtiment modélisé sur une maison de 80m² , afin de déterminer l'impact des mesures passives séparément et ressortir à chaque fois le paramètre optimal de chaque scénario, qui seront regroupés pour former le cas optimale. 								
							Résultats						
							Compacité du bâtiment	Types de fenêtres	Type des matériaux de construction	La protection solaire permanente	L'impact de l'isolation		
							La forme du cas de base est gardée car elle s'est avéré la plus compacte donc la plus efficace.	La fenêtre double vitrage peu émissif sera retenu comme le cas optimale.	la botte de paille, la pierre et la double murette en brique creuse. Avec gain énergétique peu atteindre jusqu'à 25,52%	Une baisse de besoin de climatisation de plus de 19%, un gain énergétique total de plus de 5%.	L'isolation des murs extérieurs peut apporter un gain de l'ordre de 22,73%, mais l'isolation de la toiture dépasse largement celles des murs extérieurs		
							Cas d'étude				Cas optimisé		
Une performance énergétique de 253 kwh/m ² an				Une performance énergétique de 107kwh/m ² an									

CHAPITRE 2 : Cas d'études, description du projet et méthode utilisée

Tableau 15 : Référence bibliographique n°8, Effet de l'implantation d'un bâtiment collectif sur le confort hygrothermique intérieur cas de Biskra, Algérie.

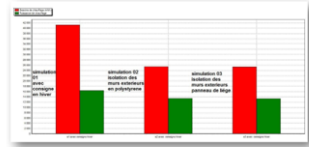
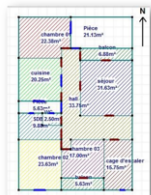
Source : Berghout, B. (2012). Effet de l'implantation d'un bâtiment collectif sur le confort hygrothermique intérieur cas de Biskra, Algérie. Mémoire de Master : École de technologie supérieure, Québec (Canada). 214 p. <https://espace.etsmtl.ca/id/eprint/1007/>. Traité par les auteurs, 2024.

N°	Type et année publication	Auteurs	Titre	objectif	illustration	
8	Mémoire en vue de l'obtention de la maîtrise en génie de la construction, 2020	Berghout B	Effet de l'implantation d'un bâtiment collectif sur le confort hygrothermique intérieur cas de Biskra, Algérie	Évaluer l'impact de l'implantation d'un bâtiment et son orientation sur le confort hygrothermique de l'occupant et sur la consommation énergétique dans l'habitat collectif de Biskra.	 <p style="text-align: center; font-size: small;">PLAN DE MASSE</p>	
	Méthode			Résultats		
	<ul style="list-style-type: none"> • Une analyse bioclimatique est réalisée afin de convertir les résultats quantitatifs obtenus en graphiques et ensuite les comparer avec le confort thermique perçu par les occupants. • Ensuite, une méthode expérimentale est utilisée pour étudier la performance thermique à travers les mesures in situ. Pour ce faire, ils ont fait appel à 3 bâtiments collectifs ayant la même conception architecturale, mais différente leur implantation et orientation. • Un passage à la simulation à l'aide d'un logiciel informatique Ecotect est la finalité que vise cette étude. Cette simulation a permis de valider les résultats précédents, de tirer les paramètres optimaux pour améliorer les conditions du confort et ainsi, faire ressortir en dernier lieu les stratégies à adopter pour tels types de bâtiments collectifs de la ville de Biskra. En terme de variation de l'implantation par rapport au soleil et au vent, la couleur et la nature des parois exposées et l'intégration d'un dispositif d'ombrage tel que la loggia. • Les résultats obtenus dans cette recherche sont confirmés par P. Lavigne, J.L Izard et Givoni. 			Cas optimal		
				Orient ation	couleur	Dispositif d'ombrage
Sud	Séjour orienté à l'Est: Couleur sombre : Tmax = 31,4° Couleur claire : Tmax = 30,8c° Les couleurs foncées sont donc à éviter pour les orientations Est et Ouest.	Séjour orienté au Sud : Sans dispositif : Tmax = 30,1C° Avec dispositif : Tmax = 28,20c° Il est important d'intégrer un dispositif d'ombrage afin de minimiser les gains directs des rayons solaires, ainsi que la consommation énergétique.				

CHAPITRE 2 : Cas d'études, description du projet et méthode utilisée

Tableau 17 : Référence bibliographique n°9, Amélioration de la performance énergétique d'un habitat individuel (cas d'étude Batna).

Source : Hadji L. (2022). Amélioration de la performance énergétique d'un habitat individuel (cas d'étude batna). Mémoire de Master : Université Saâd Dahleb, BLIDA (Algérie). 72 p. <https://di.univ-blida.dz/jspui/handle/123456789/20568>. Traité par les auteurs, 2024.

N°	Type et année publication	Auteurs	Titre	objectif	Illustration
9	Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Master en Energie Renouvelable, 2022.	Hadji L	Amélioration de la performance énergétique d'un habitat individuel (cas d'étude Batna).	Minimiser les déperditions thermiques procuré un confort thermique pour un habitat individuel situé dans la ville Batna à l'est de l'Algérie.	 <p>Figure 3.11 : histogramme des besoins et la puissance de chauffage des trois simulations hivernales.</p>  <p>Figure 3.12 : plan de cas etudier sous pléiade 2.3</p>
	Méthode			Résultats	
	<ul style="list-style-type: none"> Il s'agit d'une approche statique réalisée sur une maison de R+1 de 216 m², dans le but d'effectuer un bilan thermique pour vérifier sa conformité à la réglementation thermique du bâtiment. Ensuite ils ont réalisé une simulation avec le logiciel «pléiade comfie 2.3 » pour pouvoir évaluer la température et la consommation énergétique pour trouver une solution adéquate. Cette étude paramétrique est basé sur 3 scénarios : Cas d'étude avant l'optimisation, Avec l'intégration de polystyrène expansé de 14cm au niveau des murs extérieurs, Et avec l'intégration des panneaux de lièges de 14cm au niveau des murs extérieurs. 			<p>Les résultats ont montrés que :</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'utilisation de l'isolation permet une réduction de la consommation énergétique. - L'étude technico économique sur l'isolation des murs extérieurs avec liège et le polystyrène a montré que le polystyrène est moins couteux que le liège. Mais le liège est un isolant 100% écologique qui n'a pas à rougir de ses capacités thermiques et phoniques. - Si l'objectif est de limiter le budget, on peut profiter de l'imputrescibilité du liège pour l'utiliser dans les pièces de la maison soumises à l'humidité. 	

CHAPITRE 2 : Cas d'études, description du projet et méthode utilisée

Tableau 19 : Référence bibliographique n°10, L'architecture scolaire en Algérie, quelle prise en charge climatique?.

Source : Allek T. (2019). L'architecture scolaire en Algérie, quelle prise en charge climatique ?. Mémoire de Master : Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou (Algérie). 83 p. <https://dspace.ummo.dz/handle/ummo/10587>. Traité par les auteurs, 2024.

N°	Type et année publication	Auteurs	Titre	objectif
10	Mémoire, 2019	Belkessa T	L'architecture scolaire en Algérie, quelle prise en charge climatique?	Une Meilleures connaissances des caractéristiques de l'architecture scolaire et des tendances actuelles dans le monde et en Algérie. Et de procéder à une étude comparative des architectures scolaires dans différentes zones climatiques en Algérie.
	Méthode		Résultats	
	<ul style="list-style-type: none"> • Une étude analytique et comparative des différentes architectures scolaires selon les différentes zones climatiques (Alger, Tizi Ouzou, Djelfa et Biskra). • Dédire l'impact de conditions climatiques sur la forme architecturale ,la consommation énergétique et le confort thermiques. 		<p>Ils ont constaté que les écoles ont les mêmes caractéristiques de conception pour les différentes zones climatiques, et qu'ils représentent le même plan type proposé par le ministère de l'éducation depuis l'indépendance.</p> <p>Un tel choix est conséquent d'un déficit financier durant les années 70, qui a été au détriment de la qualité de l'école algérienne en particulier le confort des élèves.</p>	



L'école Laarbi Tbessi à Alger.



L'école primaire Thighozal à Tizi-Ouzou.



Lycée Ben Tahar KADDOUR à Djelfa.



L'école BAKHOUCHE Mohammed à Biskra.

2.3.1. *Recommandations :*

Sur la base des différentes références bibliographiques consultées, nous avons pu mettre en évidence les points suivants :

- La consommation d'énergie et le confort thermique dans les bâtiments sont fortement influencés par les conditions météorologiques.
- "Construire avec le climat" permet de réduire considérablement les dépenses en chauffage et en énergie électrique.
- L'étude paramétrique nous permet de déterminer l'influence des éléments de l'enveloppe du bâtiment. Le concepteur peut alors proposer des solutions bioclimatiques adaptées.
- La réalisation de séries de simulations thermiques dynamiques se présente par ces étapes suivantes :
 1. Une simulation du cas de base, qui repose sur un modèle de base et de laquelle on déduit la consommation de ce dernier.
 2. Des simulations du cas optimisé qui repose sur un modèle du projet exploitant les mesures d'efficacité énergétique et de laquelle on déduit la consommation du cas optimisé.
- L'étude présentée dans l'article 1 exclu l'impact des équipements électriques, car l'objectif était de réduire les besoins énergétiques du bâtiment (énergie utile) et non pas sa consommation d'énergie finale. Cette approche a permis de distinguer l'impact des mesures sans être alerté par le fonctionnement des équipements ; en revanche, cela éloigne les résultats de la réalité, car les équipements ne sont généralement pas adaptés aux besoins particuliers de chaque bâtiment.
- L'étude présentée dans l'article 2 valorise l'utilisation des matériaux locaux (l'Adobe) dans la construction de logement situé dans un climat aride, tout en respectant l'architecture locale et le confort thermique.
- L'article 3 reflète une démarche qui porte sur une étude comparative afin de valider l'outil informatique le plus approprié pour l'analyse de la performance énergétique du cas d'étude. En simulant ce dernier avec différents logiciels et les résultats obtenus seront être comparés avec la norme du pays.

- L'article 4 considère que l'efficacité énergétique et la bonne isolation des anciens bâtiments scolaires devraient être parmi les priorités du programme algérien des Énergies Renouvelables et de l'Efficacité Énergétique (2011-2030) afin de réduire les charges de chauffage et l'empreinte environnementale des bâtiments publics. Par ailleurs, il semble que ces études puissent contribuer à l'élaboration de réglementations nationales à mettre en œuvre à l'avenir pour rénover correctement les bâtiments historiques algériens sans diminuer leur performance thermique et la qualité de l'environnement intérieur.
- La référence n° 10 montre que le modèle typique pour les écoles Algériens est présenté comme ce-suit :
 1. L'utilisation du système constructif en portique (structure poteaux, poutres) en béton armé ;
 2. L'utilisation du simple vitrage pour les fenêtres ;
 3. L'absence des auvents ou protections solaires extérieures au des baies vitrées ;
 4. L'absence des matériaux d'isolation ;
 5. La présence du chauffage dans les salles de cours.

2.4. PRESENTATION DES BATIMENTS DE REFERENCE :

2.4.1. Présentation de la maison individuelle MED-ENEC :

Dans le cadre de notre stage de projet professionnel (M2) au sein du CNERIB qui se trouve à Souidania, Algérie, une visite du centre a été organisée pour nous familiariser avec les installations et les équipements disponibles. Cette visite avait pour objectif de nous fournir des connaissances sur les ressources matérielles et techniques du centre, en lien direct avec notre objectif de stage visant à comprendre les infrastructures et les outils utilisés dans le domaine de l'efficacité énergétique et du confort thermique.

Cette visite nous a également permis d'examiner l'une des maisons construites par le centre, qui servira de cas d'étude pour notre recherche : il s'agit de la maison pilote MED-ENEC.

Cette maison a été choisie parce qu'elle représente l'organisation spatiale typique des maisons individuelles en Algérie, étant le cas le plus répandu en termes d'organisation spatiale.



Figure 15 : Localisation de CNERIB, (la Cité Nouvelle El Mokrani – 16097, SOUIDANIA, Algérie).
Source : Google Earth.



Figure 16 : Maison MED-ENEC.
Source : CNERIB. Prise par auteurs, 2024.

CHAPITRE 2 : Cas d'études, description du projet et méthode utilisée

La maison qui fait l'objet de cette étude est considérée comme la première bâtisse d'efficacité énergétique en Algérie, inscrite dans le cadre de projet MED-ENEC destiné aux pays de la méditerranée de l'Union européenne, elle a été réalisée en partenariat avec le CNERIB et le CDER et achevée en 2019. L'intérêt de ce projet est de passer d'un logement énergivore à un logement de haute qualité environnementale et de haute efficacité énergétique à travers l'intégration de différentes mesures (schéma voir l'annexe, figure 01, p. 01).



Figure 17 : Projet pilote MED-ENEC (vue de l'extérieur).
Source : CNERIB. Prise par auteurs, 2024.

CHAPITRE 2 : Cas d'études, description du projet et méthode utilisée

Comme la montre la figure 16, la maison est de type de F3, d'environ de 80 m² de surface habitable constituée de : deux (02) chambres, (01) une salle de bain à toilette, (01) une cuisine, (01) salle de séjour.

Les caractéristiques dimensionnelles de chaque espace sont présentées dans le tableau ci-dessous :



Figure 18 : Projet pilote MED-ENEC (vue de l'intérieur).
Source : CNERIB. Prise par auteurs, 2024.

Tableau 21 : Caractéristiques dimensionnelles de la maison.
Source : CNERIB, Traité par auteurs, 2024)

Espaces	Surface (m ²)	Volume (m ³)
Séjour	19,40	54,90
Ch. Parentale	12,25	34,66
Ch. d'Enfant	9,70	27,45
Cuisine	6,55	18,53
SDB	4,50	12,73
Couloire	9,40	26,60

2.4.2. Présentation de l'école primaire :

Selon la référence bibliographique n° 10 que nous avons consulté (voir p. 24), qui présente une étude comparative entre des écoles scolaires situées dans différentes zones climatiques en Algérie, ils ont synthétisé que la plupart des écoles algériennes présentent une typologie similaire, se caractérisant généralement par une disposition en forme de L, barre ou de U, organisée autour d'une cour centrale, avec une hauteur maximale ne dépassant pas R+1. (voir l'annexe, tableau 02, p. 01)

Sur la base de cette recherche, nous avons choisi une école primaire située à Médéa, car elle répond aux critères typologiques identifiés et qu'elle dispose de dossiers graphiques complets. L'école primaire étudié est composé de deux (02) blocs parallélépipédiques donnant sur une cour centrale : un bloc administratif est constitué d'un seul niveau, par contre les salles de classe sont principalement situées au rez-de-chaussée et au premier étage du deuxième bloc.

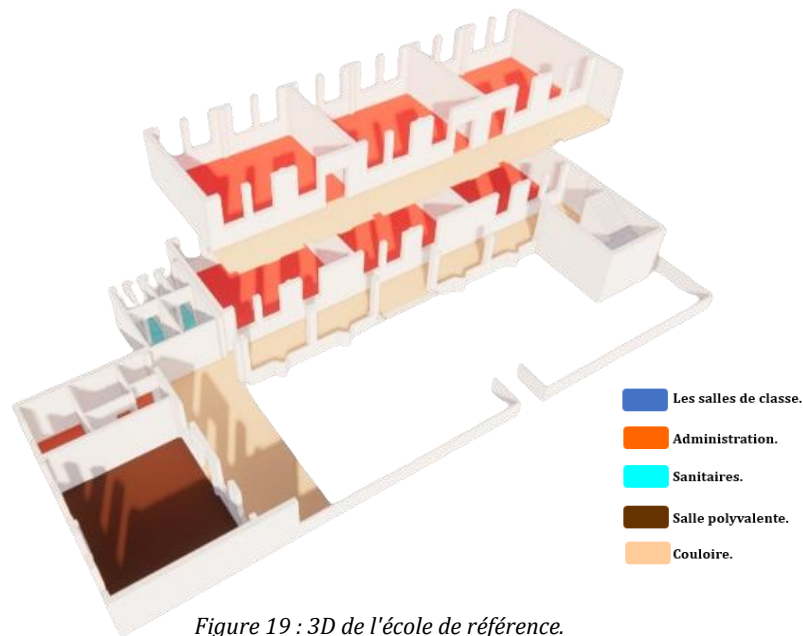


Figure 19 : 3D de l'école de référence.
Source : Modélisée par auteurs, 2024.

Tableau 22 : : Caractéristiques dimensionnelles de l'école.

Espaces	Surface (m ²)	Volume (m ³)
Salle de classe : 01-04	58,65	199,41
Salle de classe : 02-03-05-06	59,32	201,68
Salle polyvalente	63,93	217,36
Sanitaire	17,66	60,04
Administration	23,35	79,39

2.5. PRESENTATION DES ZONES CLIMAIQUES :

Afin de mener à bien notre étude sur l'impact du climat sur l'efficacité énergétique des bâtiments, nous avons illustré les spécificités des zones choisies (Alger, Constantine, et Ghardaïa), dans les tableaux suivants.

Tableau 23 : Informations géographiques des zones représentatives sélectionnées.
Source : (voir le bas de page). Traité par auteurs, 2024.

Zone climatique	Code de station	coordonnées		Altitude (m)	Type de zone climatique
		Latitude (°N)	Longitude (°E)		
Alger ¹¹	AL	36,6	3,2	25	A
Constantine ¹²	60419	36,28	6,62	694	B
Ghardaïa ¹³	60566	36,40	3,8	468	F

Tableau 24 : Informations sur les caractéristiques climatiques des zones sélectionnées.
Source : (voir le bas de page). Traité par auteurs, 2024.

Zone climatique	T ext de base (°C)	T sèche (°C)	Humidité spécifique	Ecart diurne (°C)	T moyenne (°C)	Ecart annuel (°C)
Alger ¹⁴	3	34	14,5	9	25,5	31
Constantine ¹⁵	- 4	37	11	15	26,5	36
Ghardaïa ¹⁶	-	46	5,5	16,5	36,5	43



Figure 20 : Situation des zones choisies.
Source : Traitée par auteurs, 2024.

¹¹ Semahi S., et all. (2019). *Comparative bioclimatic approach for comfort and passive heating and cooling strategies in Algeria*. *Building and Environment*, vol. 161, p. 13. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106271>

¹² CNERIB. (2016). *Document technique règlementaire, C 3.2/4*. p. 194.

¹³ Idem.

¹⁴ CNERIB. (2016). *Document technique règlementaire, C 3.2/4*. p. 34, 99.


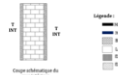


¹⁵ Idem.

¹⁶ Idem.

2.6. PRESENTATION DE SYSTEME CONSTRUCTIF :

Pour évaluer l'impact de climat sur le comportement thermique et énergétique de nos cas d'étude, nous avons déterminé le système constructif le plus courant en Algérie.

Tableau 25 : Système constructif courant.
Source : PAEREE. (2022). Rapport d'évaluation de la filière des matériaux. p. 41. Traitée par auteurs, 2024.

Type de parois	Couche	Conductivité kj/hmk	Capacité kj/kgk	Densité kg/m3	Epaisseur	Epaisseur T	Illustration
Mur extérieure	Enduit plâtre	1,26	0,93	900	0,020	0,340	 <p>Coupe schématique du mur extérieur</p>
	Brique creuse	1,76	0,93	1600	0,100		
	Lame d'Aire	0,325	1,227	1	0,050		
	Brique creuse	1,76	0,93	1600	0,150		
	Enduit mortier	5,04	1,08	2000	0,020		
Mur intérieure	Enduit plâtre	1,26	0,93	900	0,20	0,190	 <p>Coupe schématique du mur intérieur</p>
	Brique creuse	1,76	0,93	1600	0,150		
	Enduit plâtre	1,26	0,93	900	0,020		
Plancher bas	Carrelage -granito	4,68	0,9	1900	0,030	0,250	 <p>Coupe schématique du Plancher bas</p>
	Mortier - ciment	6,3	1,08	2400	0,020		
	Sable de gravier	4,32	0,79	1800	0,050		
	Dalle en béton lourd	6,3	1,08	2400	0,150		
Toiture	Enduit plâtre	1,26	0,93	900	0,020	0,270	 <p>Coupe schématique de Toiture accessible plan</p>
	Bloc en hourdis	1,65	1,08	1400	0,160		
	Dalle en béton lourd	6,3	1,08	2400	0,040		
	Mortier - ciment	6,3	1,08	2400	0,020		
	Carrelage -granito	4,68	0,9	1900	0,030		

Par rapport à la configuration courante des fenêtres, c'est l'utilisation de menuiserie bois simple vitrage, qui se caractérisent par ¹⁷ :

- Coefficient de déperdition = 5,74 W/m.k.
- Coefficient de transmission : 87%.

Par rapport aux résistances thermiques d'échanges superficiels des parois horizontales et verticales à l'aide de DTR, pour les périodes d'hiver et d'été. ¹⁸ (voir annexe, tableau 02, p. 02).

Dans notre étude, nous considérerons la maison choisie comme ayant une toiture plate en raison de la diversité des zones d'étude, où les toitures sont généralement plates, en particulier dans la troisième zone, qui représente le sud.

¹⁷ PAEREE. (2022). Rapport d'évaluation de la filière des matériaux. p. 42.

¹⁸ CNERIB. (2016). Document technique règlementaire, C 3.2/4. p. 28.

2.7. METHODOLOGIE DE L'ETUDE :

Le schéma suivant illustre la démarche adoptée.

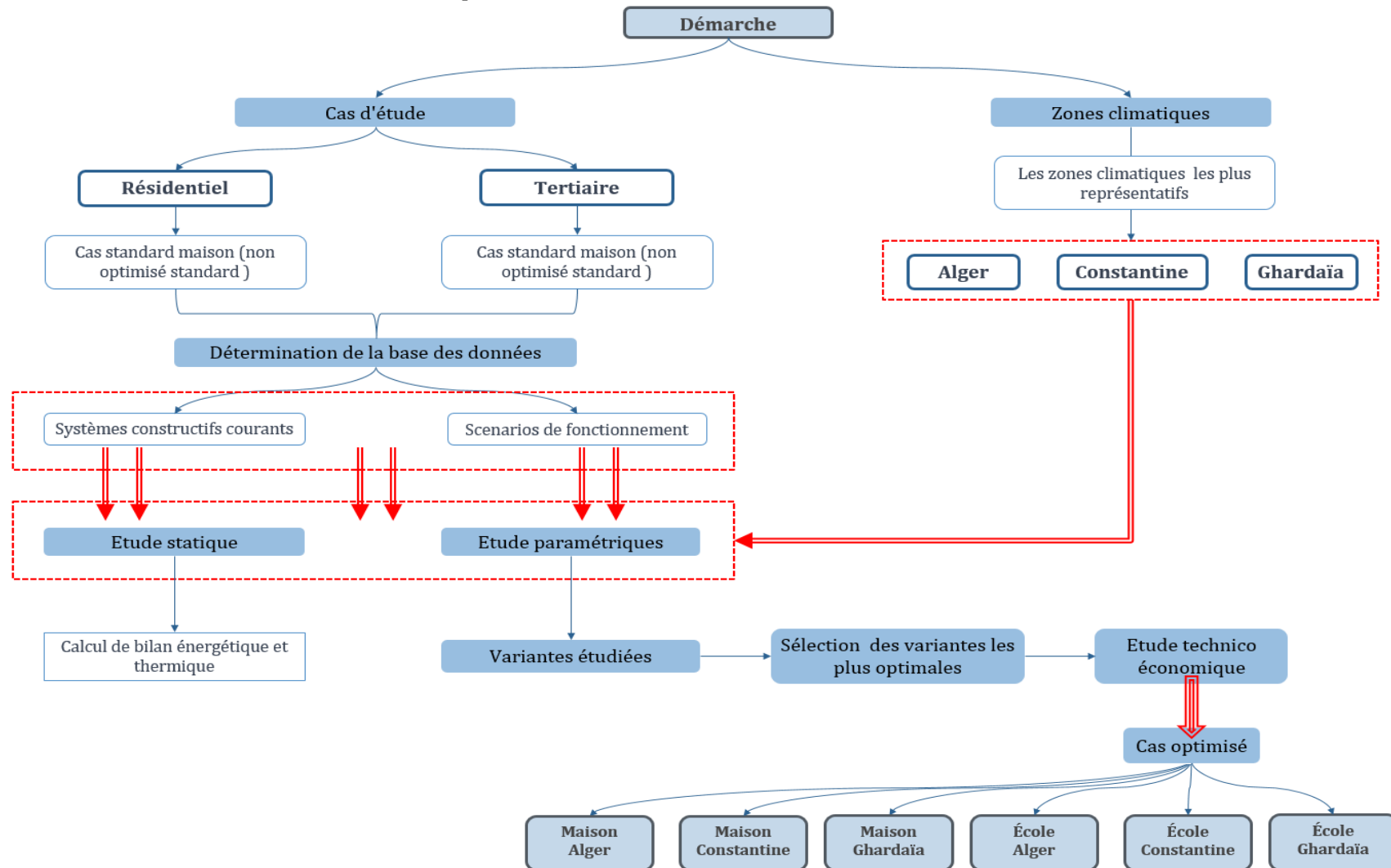
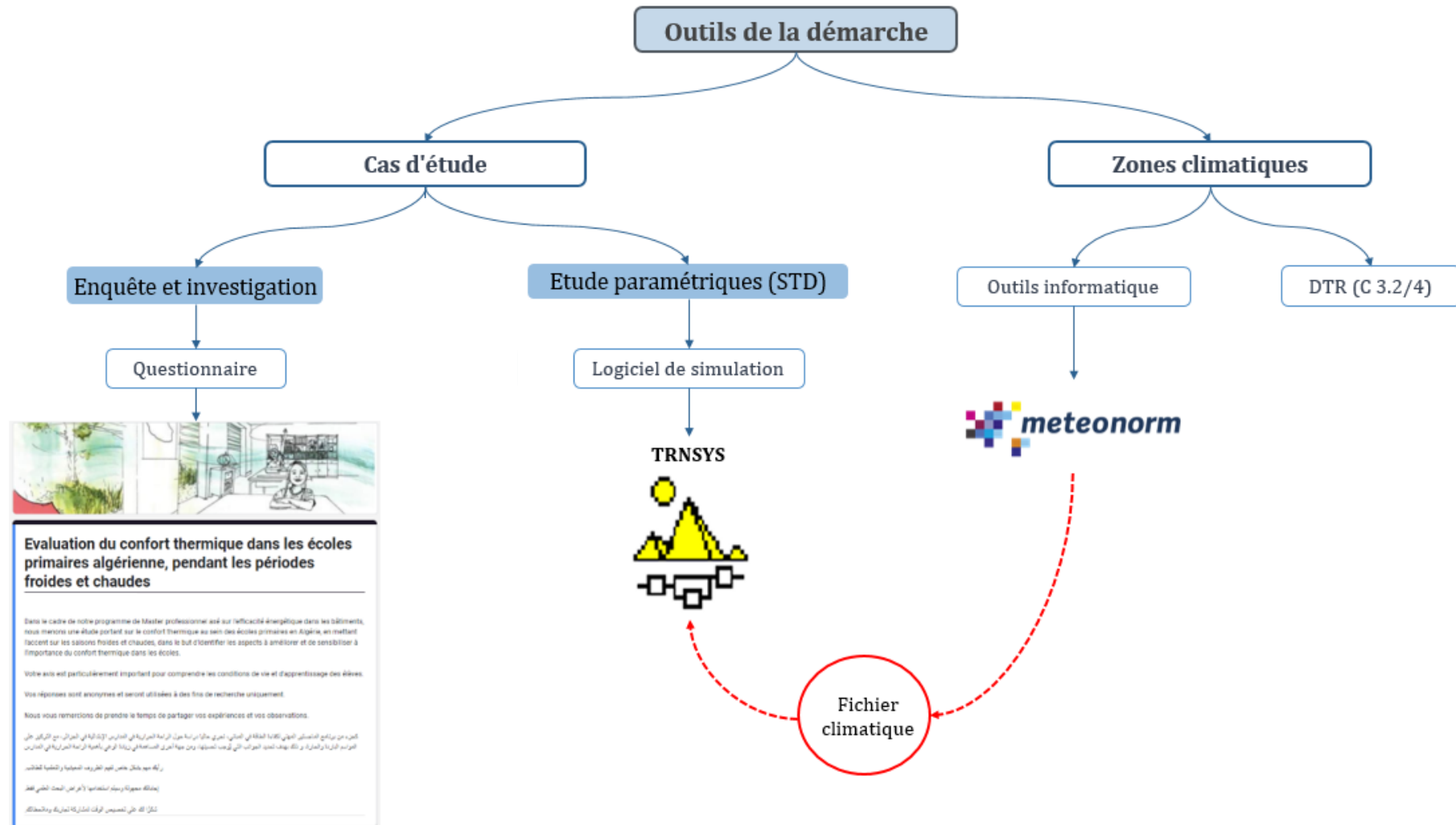


Figure 21 : Démarche de l'étude.

Source : Auteurs, 2024.

2.8. OUTILS DE LA DEMARCHE :

Afin de couvrir toutes les étapes de la démarche, il est nécessaire de disposer de certains outils présentés dans le schéma suivant.



Source : Auteurs, 2024.

2.9. OUTIL DE LA STD (TRNSYS) :

La simulation thermique dynamique permet de faire "vivre virtuellement" le comportement thermique d'un bâtiment soumis à des conditions extérieures imposées, en fonction de différents paramètres. Le schéma ci-dessous présente l'intérêt de la STD :

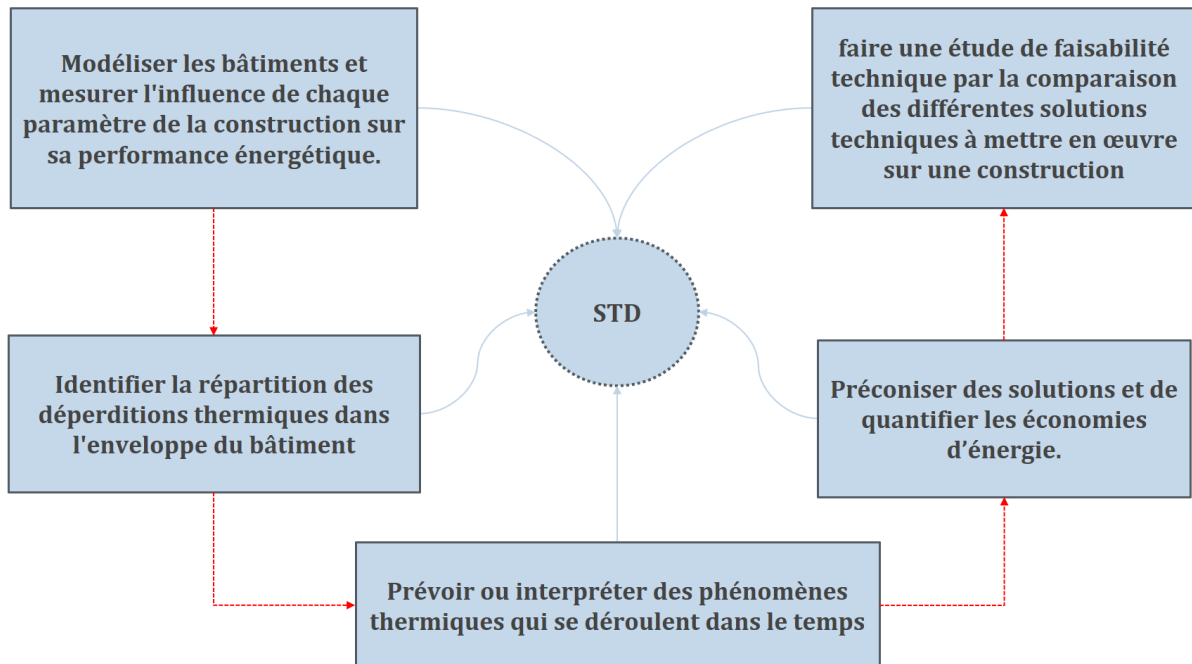


Figure 23 : Avantages de la STD.
Source : Traitée par auteurs, 2024.

2.9.1. Pourquoi TRNSYS :

Dans le but de choisir le logiciel adéquat pour effectuer notre recherche, plusieurs options ont été examinées.

- **Flexibilité et Modularité** : TRNSYS permet de modéliser divers systèmes énergétiques et configurations de bâtiments, s'adaptant ainsi à nos besoins spécifiques.
- **Programmable** : Contrairement à certains autres logiciels qui fonctionnent comme des boîtes noires, TRNSYS offre une grande transparence. Il permet aux utilisateurs d'accéder aux calculs internes et de programmer directement les équations nécessaires. Cette capacité permet de personnaliser les modèles en fonction des spécificités de projet, assurant une meilleure adéquation entre les simulations et les conditions réelles.

- **Simulation Dynamique** : Il offre des simulations précises et détaillées des performances énergétiques dans le temps.
- **Reconnaissance Mondiale** : Utilisé et reconnu internationalement, TRNSYS assure la crédibilité et la comparabilité de nos résultats.
- **Adaptation Climatique** : TRNSYS utilise des données météorologiques spécifiques, permettant des simulations réalistes pour l'Algérie.
- **Compatibilité** : Il est compatible avec d'autres outils de simulation et d'analyse, intégrant nos résultats dans un cadre de recherche plus large.
- **Usage Habitué au Centre** : Le CNERIB a une longue expérience dans l'utilisation de TRNSYS, ce qui facilite la formation et le soutien technique.
- **Possibilité de Publication** : L'utilisation de TRNSYS et l'accès à ses fonctionnalités avancées augmentent la possibilité de publier notre recherche dans des revues scientifiques reconnues.
- **Énergies Renouvelables** : TRNSYS intègre facilement des systèmes solaires photovoltaïques et thermiques, essentiels pour notre projet.
- **Continuité dans la Recherche** : Envisageant de poursuivre nos travaux après le master, l'intégration des énergies renouvelables dans nos recherches futures est un aspect essentiel que TRNSYS nous permettra d'explorer et de développer.

2.9.2. Description de TRNSYS :

TRNSYS « Transient System Simulation », est un logiciel développé aux Etats-Unis par l'université du Wisconsin en 1975. Il est aujourd'hui un outil de référence au niveau mondial dans le domaine de la simulation dynamique de bâtiments et des systèmes énergétiques. TRNSYS présente un environnement de simulation complet et extensible, basé sur une approche modulaire pour la simulation transitoire de systèmes, y compris les bâtiments multizones. (voir l'annexe, figure 03, p. 02)

En outre, TRNSYS peut être facilement connecté à de nombreuses autres applications, pour le pré ou post-traitement ou par des appels interactifs pendant la simulation (par exemple, Microsoft Excel, Matlab, COMIS, etc.).¹⁹

¹⁹ Klein S.A, et al. (2005). *TRNSYS 16, Volume 01, Getting Started*. Madison (USA): The Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin-Madison. p. 7.

2.9.3. TRNSYS Suite :

Au cœur de TRNSYS se trouve une suite d'applications interconnectées qui travaillent ensemble pour permettre la conception, la simulation et l'analyse des systèmes énergétiques de manière efficace et précise. Dans cet environnement, quatre composants principaux jouent des rôles spécifiques et qui sont illustrés dans le schéma suivant :



Figure 24 : TRNSYS suit.

Source : Klein S.A, et al. (2005). TRNSYS 16, Volume 01, Getting Started. Madison (USA): The Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin-Madison. p. 9, 12. Traitée par auteurs, 2024.

Dans le schéma suivant, nous illustrerons la relation entre ces composants, démontrant comment ils interagissent pour former un environnement complet de simulation énergétique.

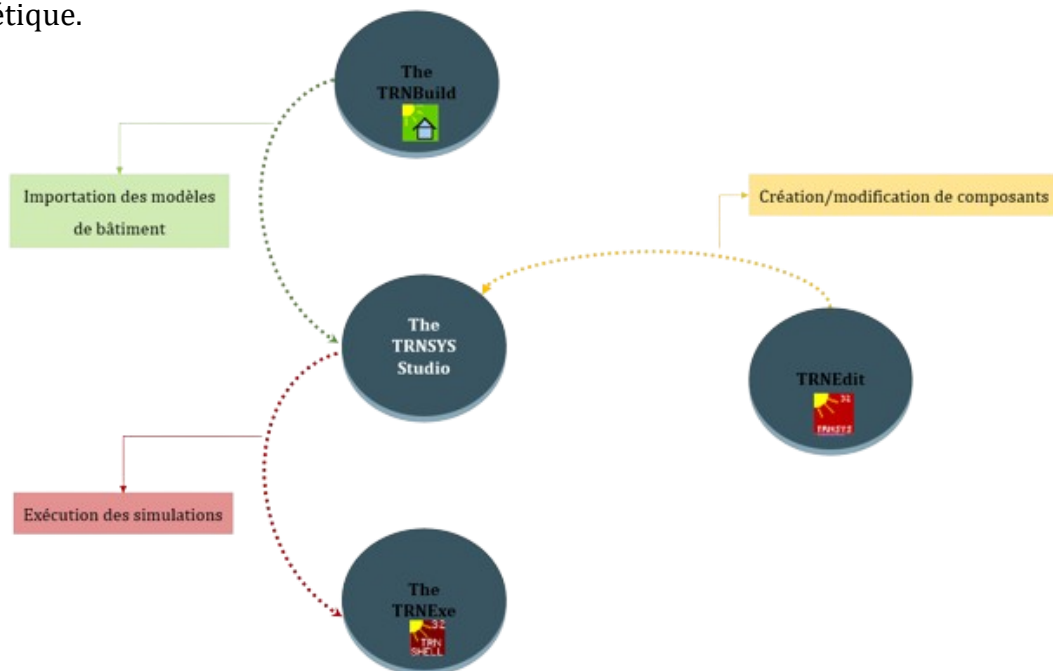


Figure 25 : La relation entre les composants de TRNSYS.

Source : Traitée par auteurs, 2024.

2.9.4. Processus de la simulation :

Le schéma ci-dessous montre le processus utilisé lors des simulations effectuées.

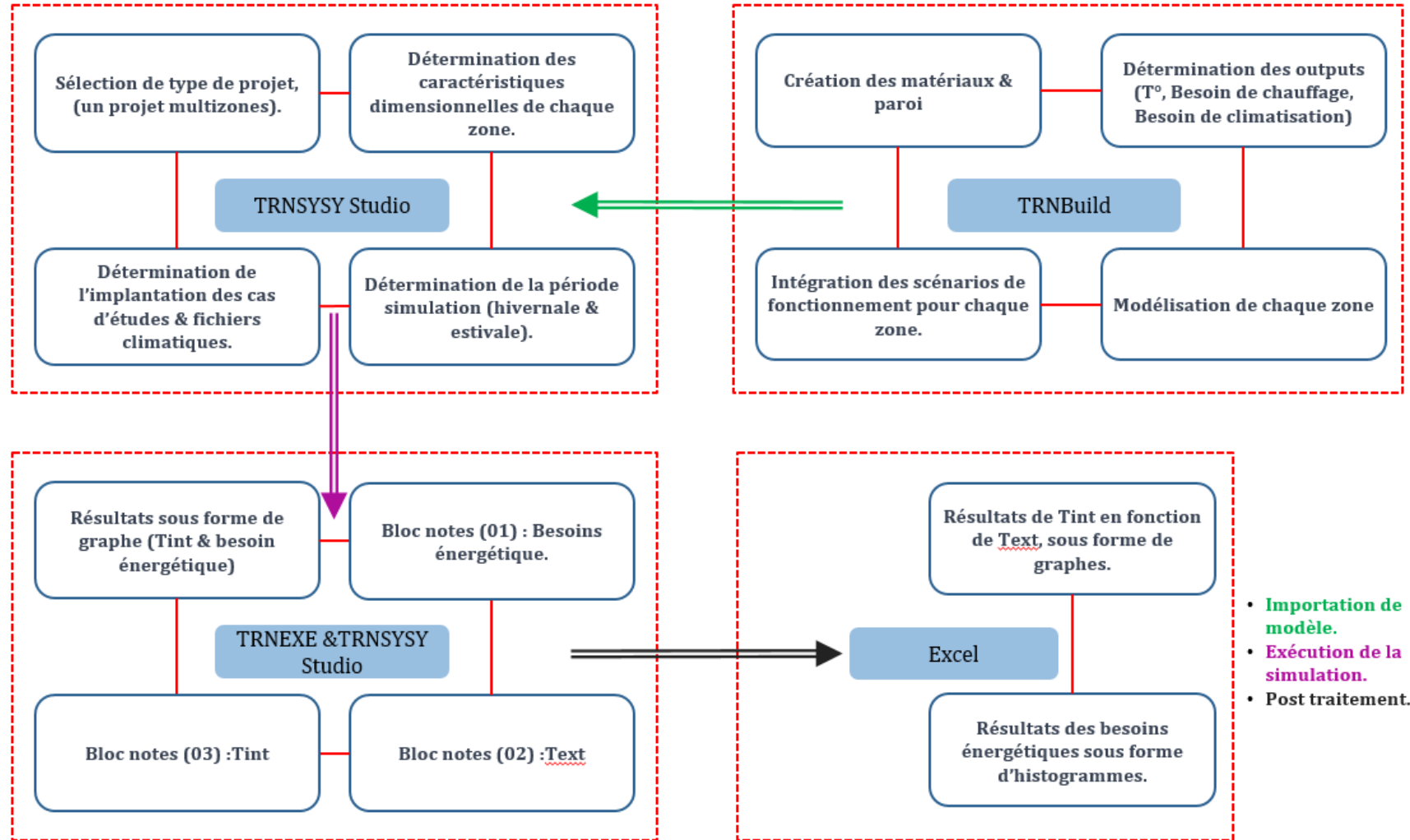


Figure 26 : Processus de simulation.
Source : Traitée par auteurs, 2024.

CHAPITRE 2 : Cas d'études, description du projet et méthode utilisée

Pour couvrir les objectifs de notre étude, ce processus été appliqué à plusieurs fois, comme le montre la figure suivante.

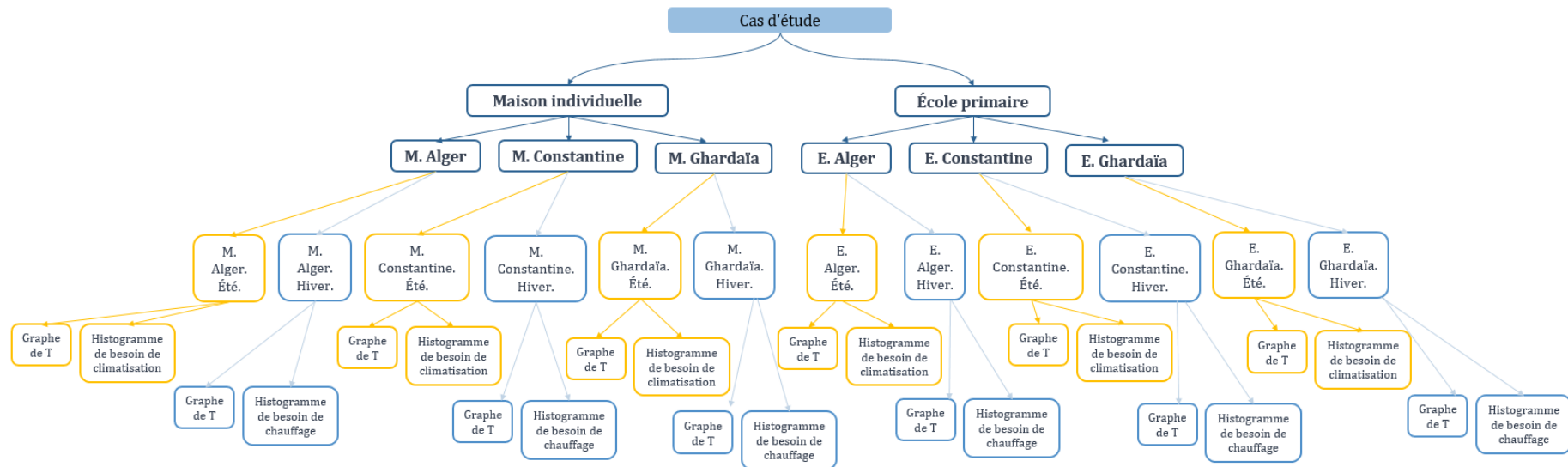


Figure 27 : Processus de simulation.

Source : Traitée par auteurs, 2024.

2.10. OUTIL D'EVALUATION (QUESTIONNAIRE) :

Afin d'obtenir une idée précise sur la réalité du confort thermique dans les écoles primaires algérienne, nous avons élaboré un questionnaire détaillé, destiné aux élèves, enseignants. Ce questionnaire visait à évaluer divers aspects du confort thermique, tels que la température ambiante, la ventilation.

Les réponses obtenues ont non seulement permis de dresser un état des lieux sur les conditions thermiques actuelles, mais également de déterminer les scénarios de fonctionnement nécessaires pour la simulation thermique dynamique.

Cette approche participative a été essentielle pour compléter les données issues de notre analyse d'assimilation thermique dynamique. le schéma ci-dessous, représente la structure de questionnaire.

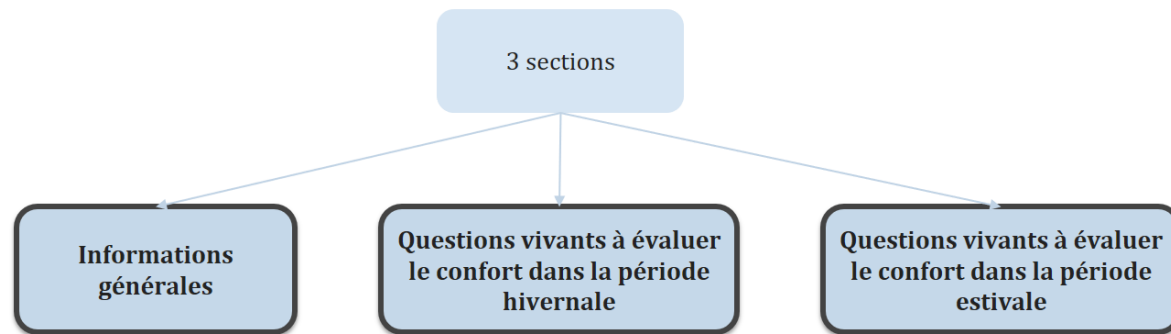


Figure 28 : Structure de Questionnaire.
Source : Traitée par auteurs, 2024.

2.11. DEFINITION ET INTEGRATION DES SCENARIOS DE FONCTIONNEMENT :

L'intégration des scénarios de fonctionnement dans le logiciel TRNSYS est une étape importante, car ça nous a permis de simuler de manière réaliste le comportement énergétique de nos cas d'étude. Des scénarios horaires sont définis sur deux (02) périodes : hiver et été, pour les consignes de températures, les occupations, les puissances dissipées par les équipements, les ventilations. Pour ce faire, nous avons suivi les étapes illustrées dans le schéma ci-dessous

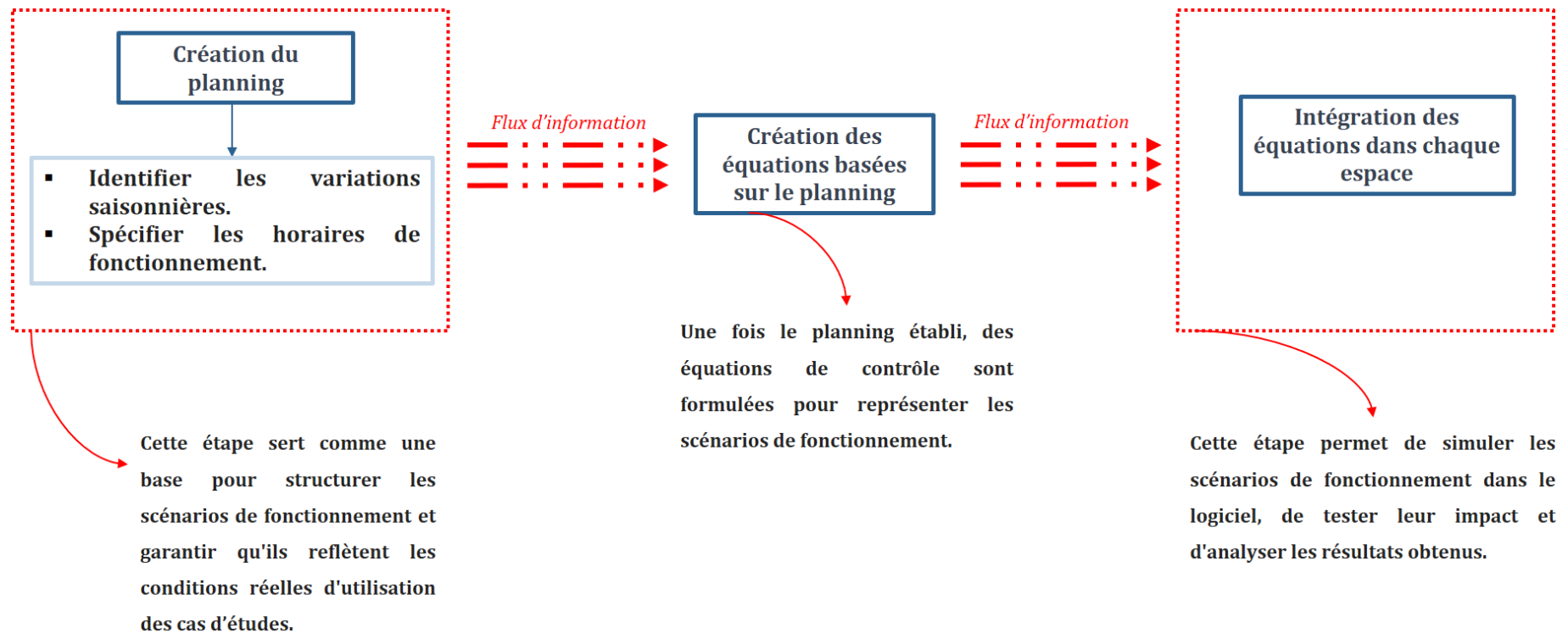


Figure 29 : Intégration des scénarios de fonctionnement dans TRNSYS.
Source : Traitée par auteurs, 2024.

CHAPITRE 2 : Cas d'études, description du projet et méthode utilisée

2.11.1. Définition des scénarios de fonctionnement :

- Scénario d'occupation : (voir annexe, p. 3, 4, 5), sachant que le nombre d'occupant est indiqué dans le tableau suivant :

Tableau 26 : Nombre d'occupants.
Source : (voir le bas de page). Traitée par auteurs, 2024.

Cas d'étude	Nombre d'occupants
Maison individuelle	Nombre d'occupants : 4, car selon les statistiques de la dernière décennie (de 2009 à 2019) le taux d'occupation est passé de 5,1 à 4,46. ²⁰
Ecole primaire	Nombre d'étudiants : 30, car selon le Ministère de l'enseignement le nombre d'étudiant par classe est fixé à 30 ²¹ , et ce chiffre correspond aux résultats obtenus par le questionnaire. (voir la figure n° 27).

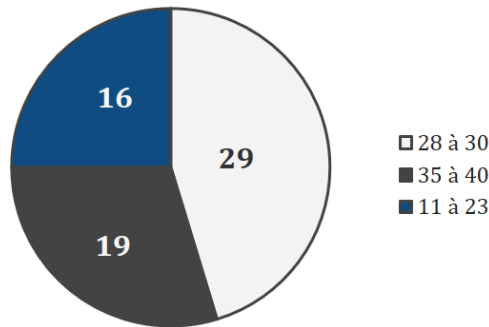


Figure 30 : Nombre d'élèves par classe.
Source : Enquête, réalisée par les auteurs, 2024.

- Scénario de consigne de thermostat : dans les deux (02) cas d'étude : la température de consigne de chauffage (température minimale acceptable dans le bâtiment) : 21°C.²²
La température de consigne de rafraîchissement (température maximale acceptable) : 27°C.²³

- Scénario de ventilation : (voir annexe, p. 3, 6).
- Scénario de puissance dissipée : (voir annexe, p. 5, 6).

²⁰ PAEREE. Rapport lié au livrable 5.2.1. p. 26.

²¹ Ministère de l'Education Nationale. (s. d.). *Système Educatif Algérien*. <https://www.education.gov.dz/fr/systeme-educatif-algerien/presentation/>

²² CNERIB. (2016). Document technique règlementaire, C 3.2/4. p. 34, 33.

²³ CNERIB. (2016). Document technique règlementaire, C 3.2/4. p. 34, 104.

2.12. VARIATIONS ETUDIEES :

2.12.1. Choix des variantes :

Notre thématique s'intéresse aux stratégies passives d'optimisation énergétique en s'appuyant sur diverses variantes qui sont illustrées dans le schéma ci-dessus :

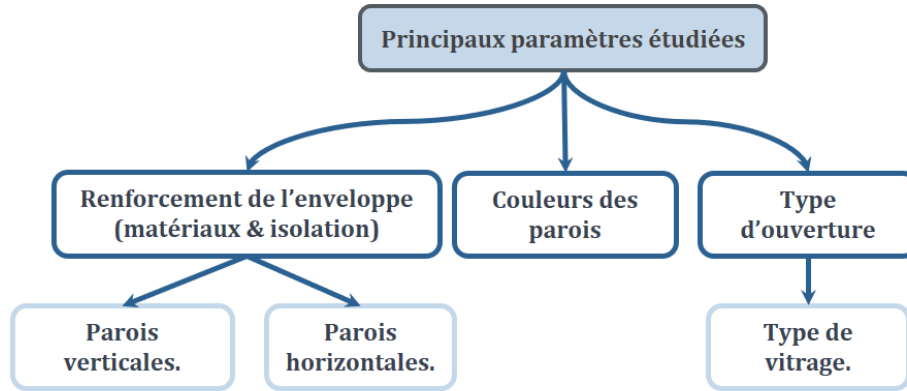
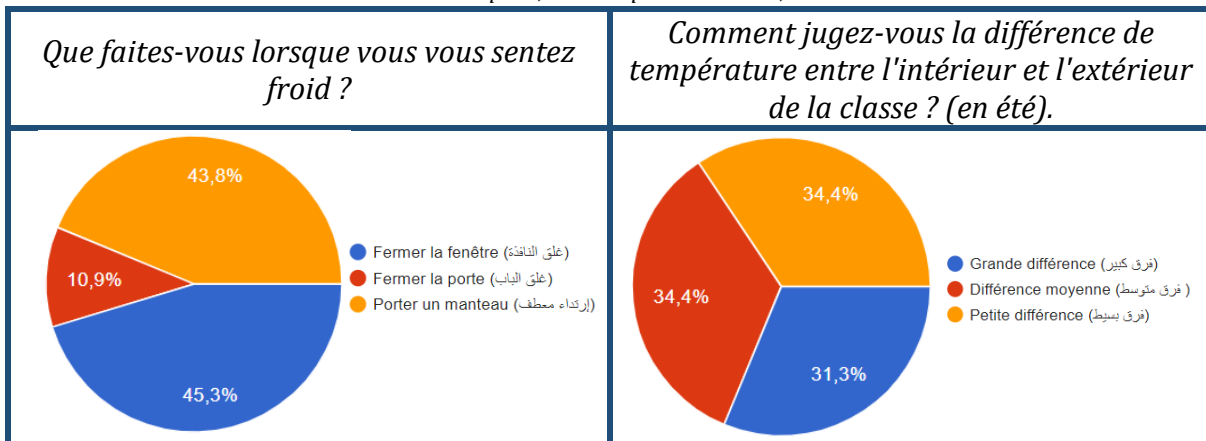


Figure 31 : Variantes étudiées.
Source : Traitée par les auteurs, 2024.

Le choix de ces variantes est directement orienté par les résultats du questionnaire que nous avons réalisé. En effet, la majorité des participants interrogés ont indiqué qu'ils ressentent un inconfort thermique en été comme en hiver.

Nous avons présenté quelques résultats de ce questionnaire, comme ce suit :

Tableau 27 : Evaluation de confort thermique.
Source : Enquête, réalisée par les auteurs, 2024.



Comme le montre le tableau, près de la moitié des répondants ferment les fenêtres lorsqu'ils ressentent le froid (45,3%), cela suggère que les courants d'air à travers les fenêtres sont une cause importante de l'inconfort thermique. Nous avons constaté un problème significatif dans la mise en œuvre des fenêtres, de plus, il est évident qu'il existe un problème majeur d'isolation, surtout qu'une proportion significative des répondants

CHAPITRE 2 : Cas d'études, description du projet et méthode utilisée

(43,8%) préfère porter un manteau lorsqu'ils ont froid, ce qui montre que l'isolation interne n'est pas suffisante pour assurer le confort thermique sans vêtements supplémentaires.

En plus, dans la période estivale, une proportion significative des répondants (68,8%) estiment que la différence de température est soit moyenne ou faible, ce qui peut indiquer qu'il y a un problème d'inertie thermique.

Ces résultats mettent en lumière un problème majeur d'isolation thermique, et types et la mise en oeuvre des ouvrants.

2.12.2. Présentation des variantes étudiées :

- Variante par rapport au renforcement de l'enveloppe (isolation) :

Tableau 28 : Variante d'isolation.

Source : CNERIB. (2016). Document technique réglementaire, C 3.2/4. p. 158, 160. *Traité par les auteurs, 2024.*

Types d'isolants	Conductivité (W/m.k)	Emplacement dans l'enveloppe	Scénarios (épaisseur)
Polystyrène (PSE)	0,039	Toit	5 ; 10 ; 15 ; 20
		Mur	3 ; 6 ; 9 ; 12
Laine de verre	0,034	Toit	5 ; 10 ; 15 ; 20
		Mur	3 ; 6 ; 9 ; 12
Selon les résultats, nous avons réalisé un tableau des équivalences des isolants.			

- Variante par rapport au renforcement de l'enveloppe (matériaux) :

Tableau 29 : Variante de types de matériaux.

Source : PAEREE. (2022). Rapport d'évaluation de la filière des matériaux. *Traité par les auteurs, 2024.*

Zones climatiques	matériaux	caractéristiques		Scénarios
		Conductivité (W/m.k)	Epaisseur (cm)	
Alger ; Constantine	Parpaing	0,95	20	Sans isolation de toit ; Avec isolation de toit (avec l'épaisseur optimale)
	Voile en béton	1,70	15	
	Mono mur	0,125	30	
Ghardaïa	Adobe	0,65	50	
	BTS	1,30	50	

CHAPITRE 2 : Cas d'études, description du projet et méthode utilisée

- Variante par rapport à la couleur :

Tableau 30 : Variante de la couleur.

Source : CNERIB. (2016). Document technique règlementaire, C 3.2/4. p. 110. Traité par les auteurs, 2024.

Couleur moyenne (cas standard)	Couleur claire	Couleur foncée
$\alpha = 0,7$	$\alpha = 0,5$	$\alpha = 0,9$

- Variante par rapport au type de vitrage :

*Tableau 31 : Variante par rapport au type de vitrage.
Traité par les auteurs, 2024.*

Type de vitrage	Coefficient de déperdition (W/m.k)	Coefficient de transmission (%)
Simple vitrage (cas standard)	5,74	87,00
Double vitrage	2,95	77,70
Triple vitrage	2,00	70,00

CHAPITRE 3 : RESULTATS OBTENUS ET DISCUSSION

3.1. INTRODUCTION :

Cette section analyse l'impact de l'isolation thermique des murs et de la toiture sur les températures intérieures et les consommations d'énergie pour le chauffage et la climatisation d'une maison, et une école standard durant les saisons hivernale et estivale. Elle examine également l'effet de la couleur des façades, des vitrages, et des matériaux de construction. L'objectif assigné à ce travail est de faire sortir le modèle qui correspond à un bâtiment le plus efficace en tenant compte des mesures précédemment citées.

3.2. MAISON INDIVIDUELLE :

Pour rappel, la maison étudiée se compose principalement de deux (02) chambres, l'une orientée au nord et l'autre au sud, chacune ayant une surface d'environ 9m^2 et 12m^2 , ainsi qu'un séjour de $19,40\text{m}^2$ orienté au sud, une cuisine et des sanitaires d'environ 6m^2 .

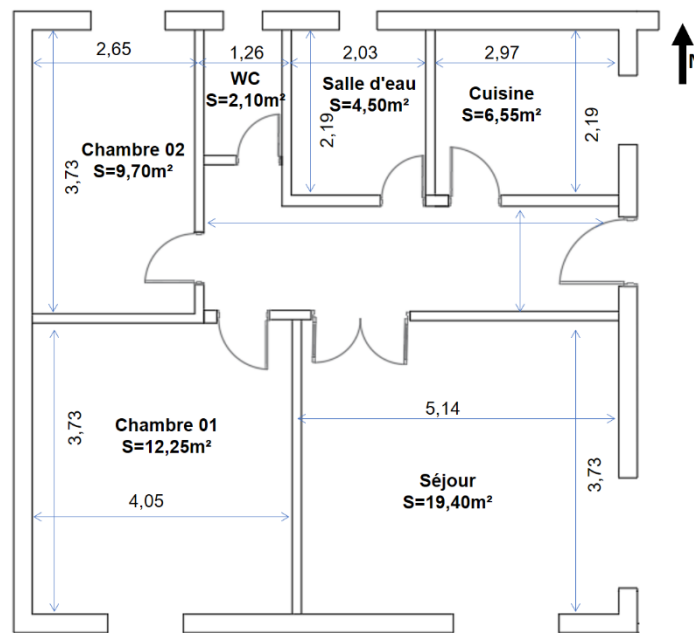


Figure 32 : Plan de la maison étudiée.
Source : Modélisée par les auteurs, 2024.

Pour étudier la variation des températures des chambres et du séjour de la maison, nous considérons que la saison hivernale s'étend du début novembre à la fin mars et que la saison estivale s'étend du début mai à octobre.

Nous réalisons deux simulations : la première en l'absence de chauffage ou de climatisation (sans consigne de thermostat) pour évaluer la température intérieure des pièces, et la seconde en imposant une consigne de chauffage à 21°C et une consigne de climatisation à 24°C pour déterminer les besoins énergétiques annuels.

3.2.1. Cas standard :

3.2.1.1 Température intérieure :

• Saison hivernale :

Les figures suivantes représentent l'évolution de la température intérieure des différentes pièces de la maison, durant la semaine hivernale la plus défavorable.

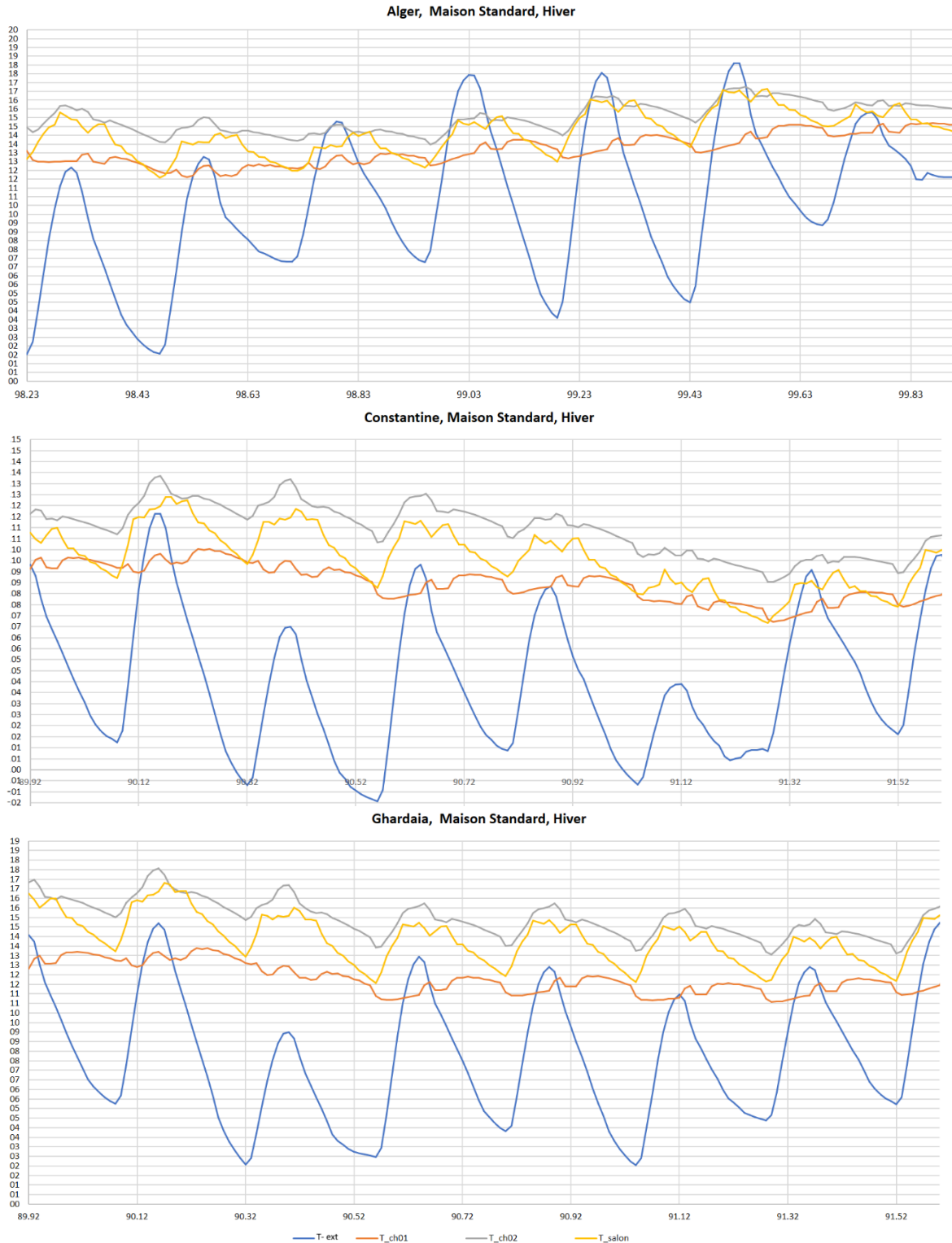


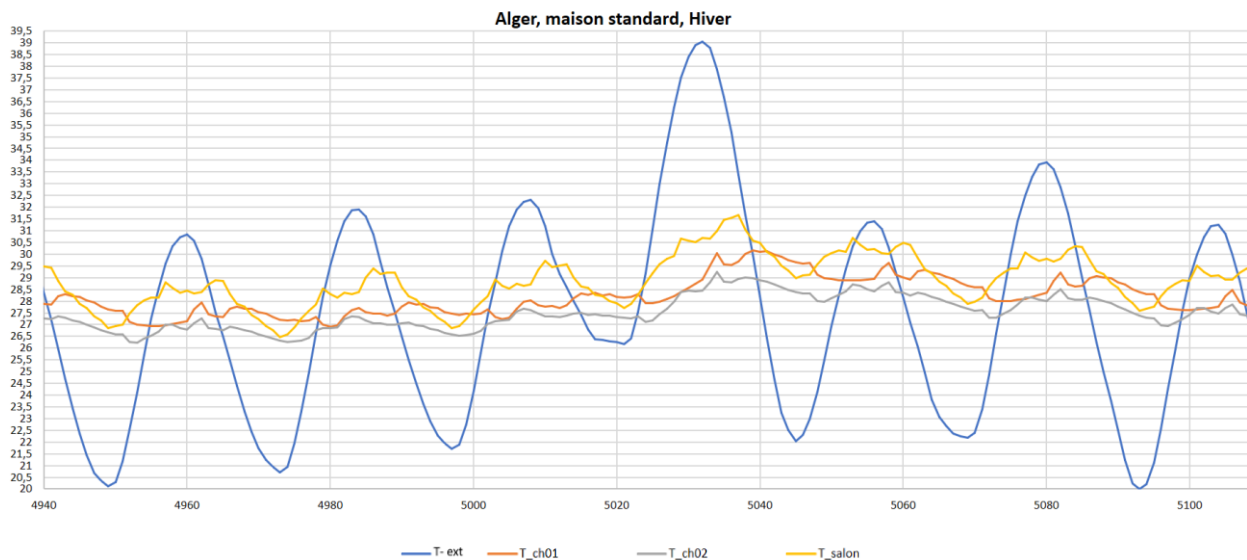
Figure 33 : Variation de la température intérieure des pièces de la maison (cas standard) en saison hivernale pour les trois régions (Alger, Constantine et Ghardaia).

Les résultats de simulations indiquent une diversité notable des températures intérieures à travers plusieurs villes en Algérie durant la saison hivernale. À Alger, les températures moyennes intérieures varient de 11,5°C à 17°C dans les différentes pièces de la maison, tandis que les températures extérieures peuvent descendre jusqu'à 1,54°C la nuit. À Constantine, ces températures intérieures moyennes s'étendent de 6,5°C à 13,5°C, avec des températures extérieures pouvant atteindre -1,43°C la nuit. Quant à Ghardaïa, les températures intérieures moyennes varient de 10,5°C à 17,5°C, avec des températures extérieures nocturnes descendantes jusqu'à 2,03°C.

L'analyse des résultats révèle que ces températures intérieures sont influencées par plusieurs facteurs, incluant la densité d'occupation, la configuration spatiale des pièces, et l'efficacité de l'isolation du toit. Les pièces comme la chambre parentale et le séjour bénéficient de températures plus chaudes en raison de leur orientation favorable plein sud, permettant ainsi une captation accrue de chaleur solaire et humaine générée par les occupants. En revanche, les pièces orientées plein nord, telles que la chambre des enfants tendent à être plus froides.

- **Saison estivale :**

Les figures suivantes représentent l'évolution de la température intérieure des différentes pièces de la maison, durant la semaine estivale la plus défavorable



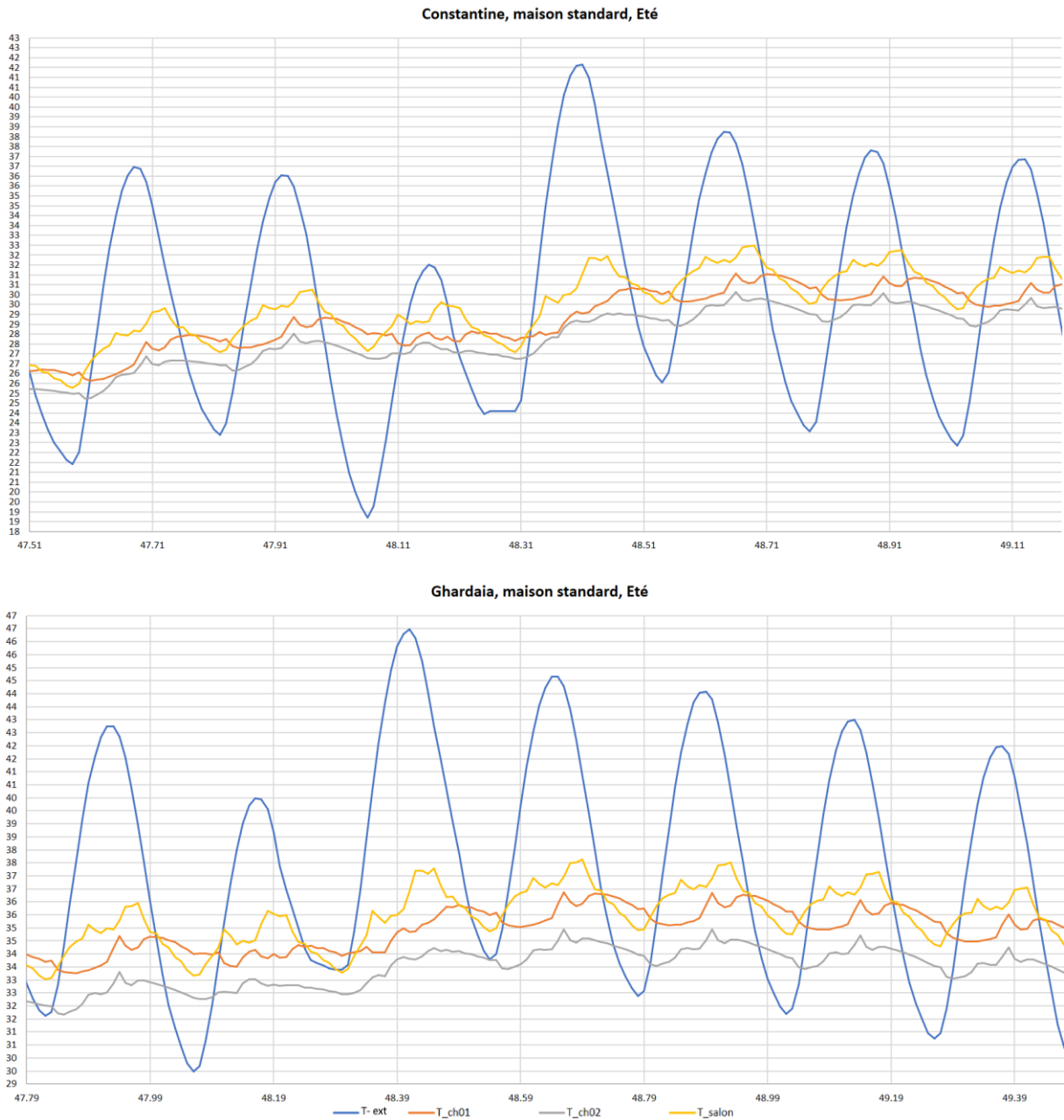


Figure 34 : Variation de la température intérieure des pièces de la maison (cas standard) en saison estivale pour les trois régions (Alger, Constantine et Ghardaïa).

Les résultats de simulation mentionnés montrent une gamme de températures intérieures assez variée à travers les différentes villes pendant la saison estivale. À Alger, par exemple, les températures intérieures moyennes vont de 26,3°C à 31,5°C, avec des pointes extérieures jusqu'à 39°C. À Constantine les températures intérieures moyennes vont de 25°C à 32,5°C, avec des pointes extérieures jusqu'à 41,5°C, par contre À Ghardaïa les températures intérieures moyennes vont de 32°C à 37,5°C, avec des pointes extérieures jusqu'à 46,5°C. Ces conditions climatiques peuvent entraîner des défis en termes de confort thermique, surtout dans les pièces exposées au soleil comme le séjour

orienté plein sud. Nous avons noté un profil instable des températures intérieures et constaté que la température intérieure dans le séjour orienté plein sud dans les trois régions est environ 3°C plus élevée que dans la chambre d'enfants orientée plein nord, cela est due principalement à la faible inertie thermique des matériaux de construction comme la brique et l'absence d'isolation thermique adéquate, et ces différences de températures peuvent être expliquées par l'orientation des pièces par rapport au soleil, à la dissipation de chaleur des équipements électriques et la présence des occupants.

Les températures intérieures plus élevées observées dans le séjour et la chambre parentale peuvent être également expliqué par la chaleur émise par les appareils électroniques, tels que la télévision, les ordinateurs et les lampes, ainsi que par la chaleur corporelle des occupants. Ces facteurs combinés peuvent augmenter la charge thermique dans ces espaces.

3.2.1.2 Consommation énergétique :

Les besoins en chauffage et en climatisation pour sont illustrés dans la figure suivante, qui présente les résultats pour les trois régions étudiées : Alger, Constantine et Ghardaïa.

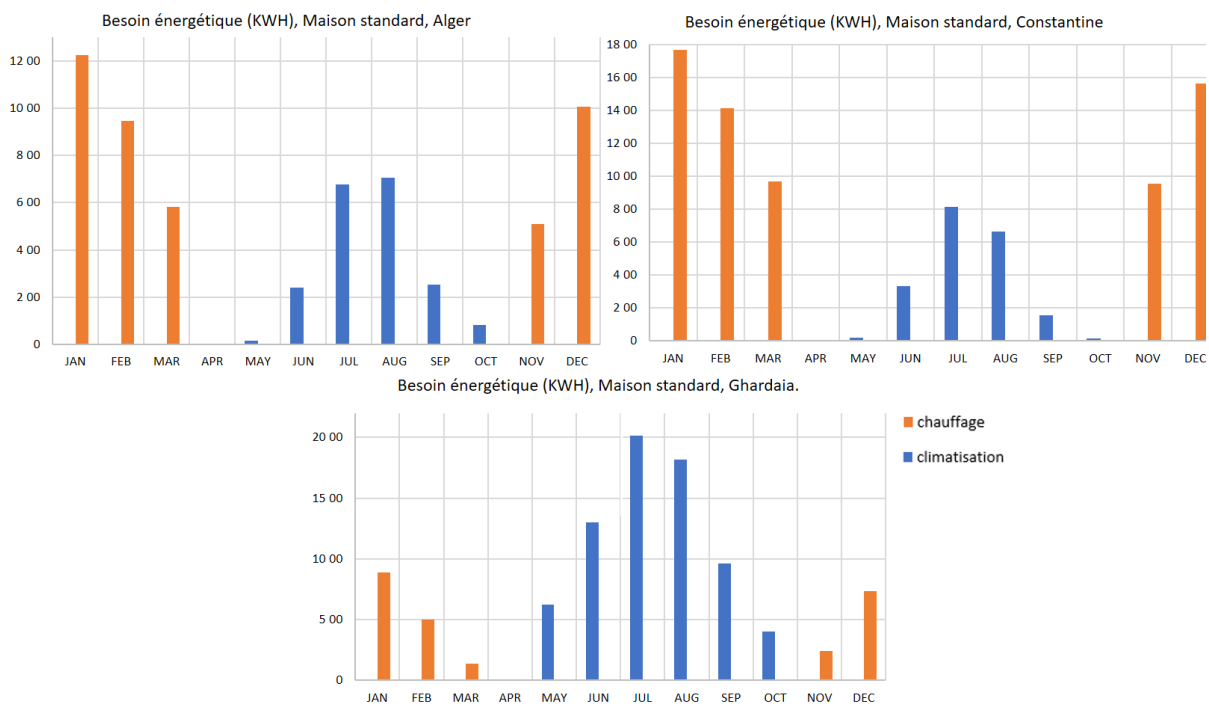


Figure 35 : L'évolution des besoins en énergie pour le chauffage et la climatisation de la maison (cas standard) pour les trois régions (Alger, Constantine et Ghardaïa).

- Pour la ville d'Alger, les besoins énergétiques pour le chauffage et la climatisation de la maison standard sont présentés comme suit :

- **Chauffage :**

Les besoins en chauffage les plus élevés sont enregistrés en Janvier (1225 kWh) et diminuent progressivement jusqu'à devenir nuls en Mai, Juin, Juillet et Août. Ces besoins augmentent à nouveau en Novembre (509,5 kWh), et Décembre (1008 kWh). Cela indique une forte dépendance au chauffage pendant les mois d'hiver.

- **Climatisation :**

Les besoins en climatisation sont relativement faibles, avec des valeurs modestes en Mai (15,04kWh) ; Juin (240,8 kWh) ; Juillet (706,5kWh) et Aout (253,4kWh) Octobre (81,19kWh) et aucun besoin de climatisation le reste de l'année.

Ces résultats montrent qu'à Alger, le climat nécessite un chauffage intensif pendant les mois froids, tandis que les besoins en climatisation restent faibles durant l'été.

- Pour la ville **de Constantine**, les besoins énergétiques pour le chauffage et la climatisation de la maison standard sont les suivants :

- **Chauffage :**

Les besoins en chauffage atteignent leur maximum en Janvier (1 875 kWh) et restent élevés en Février (1 750 kWh). Ils diminuent ensuite progressivement jusqu'à devenir nuls en Juin, Juillet, Août et Septembre. Les besoins en chauffage augmentent à nouveau en Novembre (750 kWh) et en Décembre (1 500 kWh). Cela démontre une forte dépendance au chauffage durant les mois d'hiver.

- **Climatisation :**

Les besoins en climatisation sont relativement modérés, avec des valeurs en juin (187,5 kWh), Juillet (500 kWh), Août (625 kWh) et Septembre (62,5 kWh), et aucun besoin de climatisation pendant le reste de l'année.

Ces résultats indiquent qu'à Constantine, le climat impose une demande de chauffage intensive durant les mois froids, tandis que les besoins en climatisation sont modérés en été. Comparativement à Alger, Constantine présente des besoins en chauffage encore plus élevés, mais les besoins en climatisation demeurent faibles.

- Pour la ville **de Ghardaïa**, les besoins énergétiques pour le chauffage et la climatisation de la maison standard sont les suivants :

- **Chauffage :**

Les besoins en chauffage atteignent leur maximum en Janvier (889,50kWh) et restent élevés en Février (498,70kWh). Ils diminuent ensuite progressivement jusqu'à devenir nuls en Juin, Juillet, Août et Septembre. Les besoins en chauffage augmentent à nouveau en Novembre (239,50 kWh) et en Décembre (732,40kWh). Cela démontre une forte dépendance au chauffage durant les mois d'hiver.

- **Climatisation :**

Les besoins en climatisation sont relativement modérés, avec des valeurs en Juin (1298,00 kWh), Juillet (2016,00 kWh), Août (1819,00), Septembre (965,40 kWh) et Octobre (400,50kWh), et aucun besoin de climatisation pendant le reste de l'année.

À Ghardaïa, les besoins en climatisation sont plus élevés en raison des températures élevées, tandis que les besoins en chauffage, bien que présents, sont moins intenses par rapport à ceux d'Alger et de Constantine.

Les différences de besoins en chauffage et en climatisation entre les zones climatiques sont principalement attribuables à la variabilité des conditions climatiques locales. Alger nécessite principalement du chauffage en hiver avec une faible demande de climatisation en été. Constantine présente des besoins en chauffage très élevés durant les mois froids et des besoins modérés en climatisation. À Ghardaïa, la demande en climatisation est importante en été en raison des températures élevées, tandis que les besoins en chauffage restent modérés en hiver. Cette analyse souligne l'importance de considérer les conditions climatiques locales pour optimiser la consommation énergétique des bâtiments et améliorer leur efficacité énergétique.

3.2.2. *Effet de l'isolation thermique sur l'évolution des températures intérieures ainsi que les besoins en chauffage et en climatisation :*

3.2.2.1 *Isolation de la toiture seule :*

Nous avons décidé de présenter les résultats de la consommation d'énergie pour le chauffage et la climatisation afin de déterminer l'épaisseur optimale d'isolation, c'est-à-dire celle à laquelle les besoins énergétiques s'amortissent. Cela nous permettra de définir l'épaisseur adéquate pour chaque zone climatique. Pour ce faire, nous avons évalué les besoins énergétiques de la maison en utilisant différentes épaisseurs de polystyrène : 5 cm, 10 cm, 15 cm et 20 cm.

• **Saison hivernale :**

Nous analysons l'impact de l'isolation thermique sur les besoins en chauffage pour trois zones climatiques : Alger, Constantine et Ghardaïa. Les résultats montrent l'énergie nécessaire pour chauffer une maison en utilisant différentes épaisseurs de polystyrène (5 cm, 10 cm, 15 cm, et 20 cm).

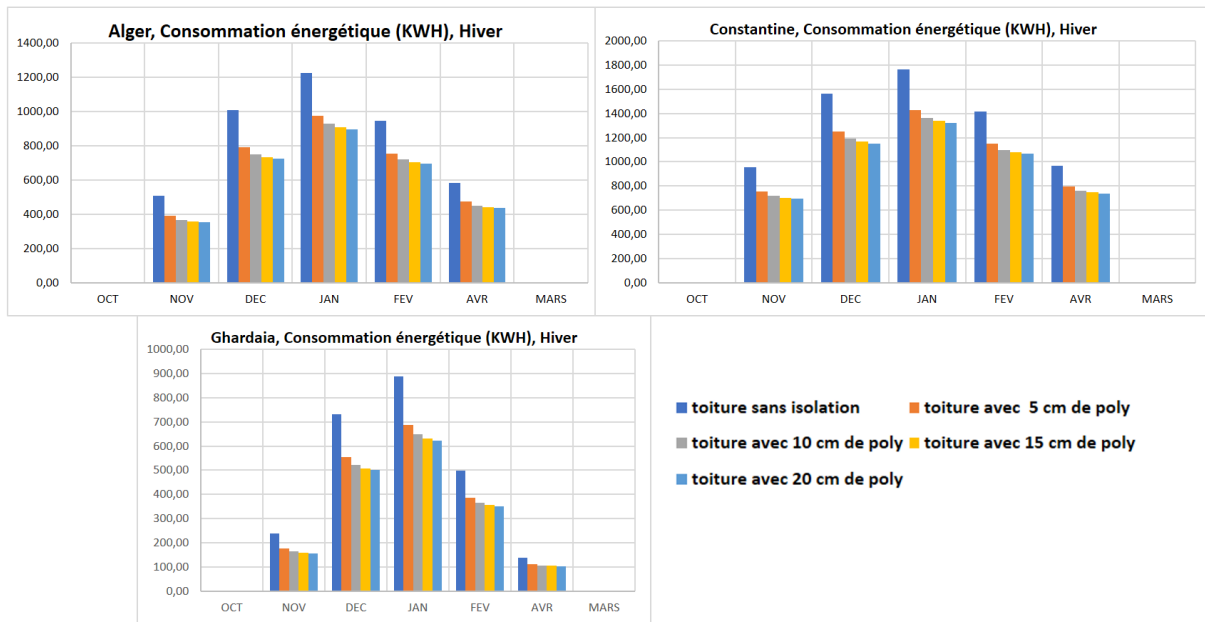


Figure 36 : L'évolution des besoins en énergie pour le chauffage de la maison avec isolation de la toiture seule pour les régions (Alger, Ghardaïa et Constantine).

Les résultats de la consommation d'énergie pour la climatisation avec différentes épaisseurs d'isolation de la toiture sont les suivants :

• **Alger :**

Tableau 32 : Evaluation de la consommation d'énergie pour le chauffage avec différentes épaisseurs d'isolation de la toiture, pour la ville d'Alger.

Épaisseur (cm)	janvier (kWh)	février (kWh)	Réduction totale (kWh)	Réduction (%)
Cas standard	1225,00	945,50	-	-
5 cm	975,50	755,60	438,40	20
10 cm	927,60	719,30	523,10	24
15 cm	907,30	703,80	559,40	25
20 cm	895,90	695,20	1969,80	26

CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

- Constantine :

Tableau 33 : Evaluation de la consommation d'énergie pour le chauffage avec différentes épaisseurs d'isolation de la toiture, pour la ville de Constantine.

Épaisseur (cm)	janvier (kWh)	février (kWh)	Réduction totale (kWh)	Réduction (%)
Cas standard	1768,00	1414,00	-	-
5 cm	1431,00	1150,00	601,00	18
10 cm	1366,00	1099,00	717,00	23
15 cm	1339,00	1078,00	765,00	24
20 cm	1323,00	1065,00	794,00	25

- Ghardaïa :

Tableau 34 : Evaluation de la consommation d'énergie pour le chauffage avec différentes épaisseurs d'isolation de la toiture, pour la ville de Ghardaïa.

Épaisseur (cm)	janvier (kWh)	février (kWh)	Réduction totale (kWh)	Réduction (%)
Cas standard	889,50	498,70	-	-
5 cm	687,10	387,00	314,00	23
10 cm	648,70	365,70	373,80	27
15 cm	632,40	356,80	399,00	29
20 cm	623,30	351,60	413,3	30

- Saison estivale :

Nous analysons l'impact de l'isolation thermique sur les besoins en climatisation pour trois zones climatiques : Alger, Constantine et Ghardaïa. Les résultats montrent l'énergie nécessaire pour climatiser une maison en utilisant différentes épaisseurs de polystyrène intégré dans la toiture (5 cm, 10 cm, 15 cm, et 20 cm).

CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

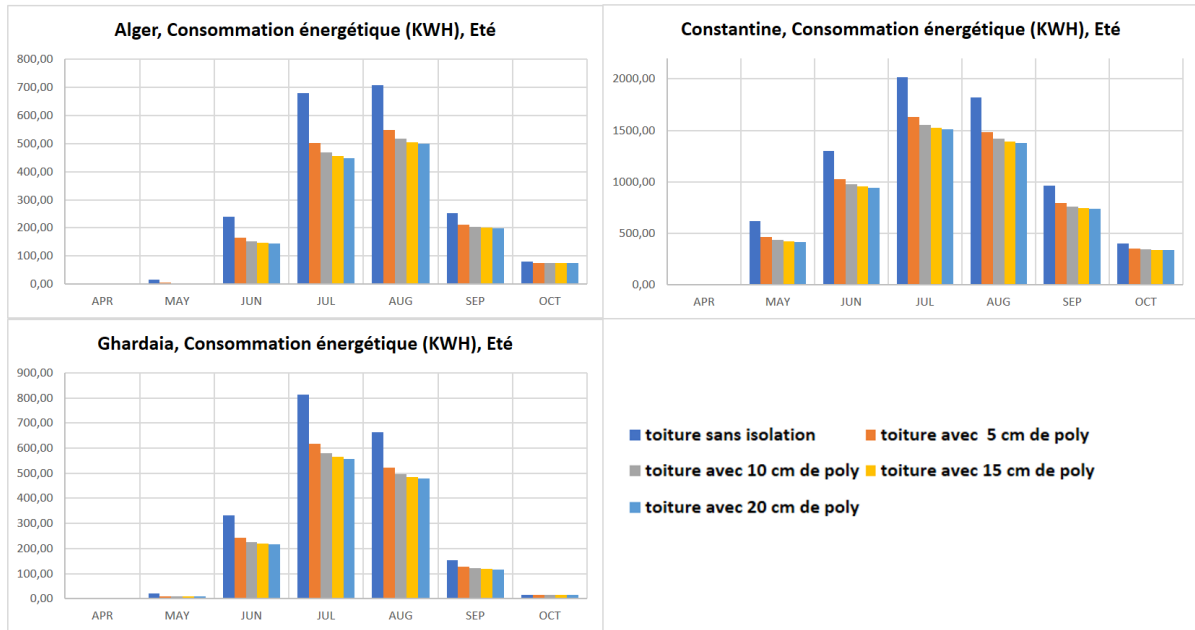


Figure 37 : L'évolution des besoins en énergie pour la climatisation de la maison avec isolation de la toiture seule pour les régions (Alger, Ghardaïa et Constantine).

- Alger :

Tableau 35 : Evaluation de la consommation d'énergie pour la climatisation avec différentes épaisseurs d'isolation de la toiture, pour la ville d'Alger.

Épaisseur (cm)	Juin (kWh)	Juillet (kWh)	Août (kWh)	Réduction totale (kWh)	Réduction (%)
Cas standard	240,80	678,60	706,50	-	-
5 cm	165,90	502,10	547,20	410,70	25
10 cm	153,00	469,60	517,50	485,80	30
15 cm	147,60	455,90	505,00	517,40	32
20 cm	144,70	448,50	498,20	534,5	33

- Constantine :

Tableau 36 : Evaluation de la consommation d'énergie pour la climatisation avec différentes épaisseurs d'isolation de la toiture, pour la ville de Constantine.

Épaisseur (cm)	Juin (kWh)	Juillet (kWh)	Août (kWh)	Réduction totale (kWh)	Réduction (%)
Cas standard	330,90	814,50	664,00	-	-
5 cm	242,30	617,10	522,00	428,00	24
10 cm	226,30	580,60	495,60	506,90	28

CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

15 cm	219,60	565,10	484,40	540,30	30
20 cm	216,00	556,80	478,50	558,10	31

- Ghardaïa :

Tableau 37 : Evaluation de la consommation d'énergie pour la climatisation avec différentes épaisseurs d'isolation de la toiture, pour la ville de Ghardaïa.

Épaisseur (cm)	Juin (kWh)	Juillet (kWh)	Août (kWh)	Réduction totale (kWh)	Réduction (%)
Cas standard	1298,00	2016,00	1819,00	-	-
5 cm	1028,00	1629,00	1483,00	933,00	18
10 cm	976,80	1556,00	1418,00	1181,60	23
15 cm	955,20	1525,00	1391,00	1261,80	25
20 cm	943,40	1509,00	1376,00	1301,60	25

D'après les résultats, nous avons remarqué qu'à partir d'une épaisseur de 10 cm d'isolation dans la toiture, les besoins en énergie pour le chauffage et la climatisation dans les trois zones étudiées s'amortissent :

- **Alger** : Une épaisseur de 10 cm de polystyrène réduit les besoins en climatisation de 30 % et les besoins en chauffage de 2 %, démontrant son efficacité et sa rentabilité.
- **Constantine** : Avec une épaisseur de 10 cm, les réductions maximales sont atteintes, avec une diminution de 28 % pour la climatisation et de 23 % pour le chauffage, justifiant pleinement cette épaisseur pour cette région.
- **Ghardaïa** : Une épaisseur de 10 cm permet de réduire les besoins en climatisation de 23 % et les besoins en chauffage de 27 %, ce qui en fait une solution optimale pour cette région.

Ainsi, l'épaisseur optimale pour la toiture est de 10 cm pour les trois zones, et nous avons effectué la suite des simulations avec cette épaisseur.

Evaluation de la consommation d'énergie pour le chauffage avec différentes épaisseurs d'isolation de la toiture, pour la ville d'Alger.

3.2.2.2 Isolation de la toiture et les murs :

Pour cette partie, et d'après les résultats obtenus pour la simulation de l'isolation de la toiture, nous avons pris en compte l'exigence du cahier des charges stipulant une isolation de la toiture. Ainsi, nous avons fixé l'épaisseur de la toiture à 10 cm pour les trois zones étudiées. Ensuite, nous avons fait varier l'épaisseur de l'isolant en polystyrène dans les murs à 3 cm, 6 cm, 9 cm et 12 cm. Les résultats obtenus montrent l'évolution des besoins en énergie pour le chauffage et la climatisation, ainsi que l'évolution des températures intérieures des différentes pièces de l'école.

- Alger :

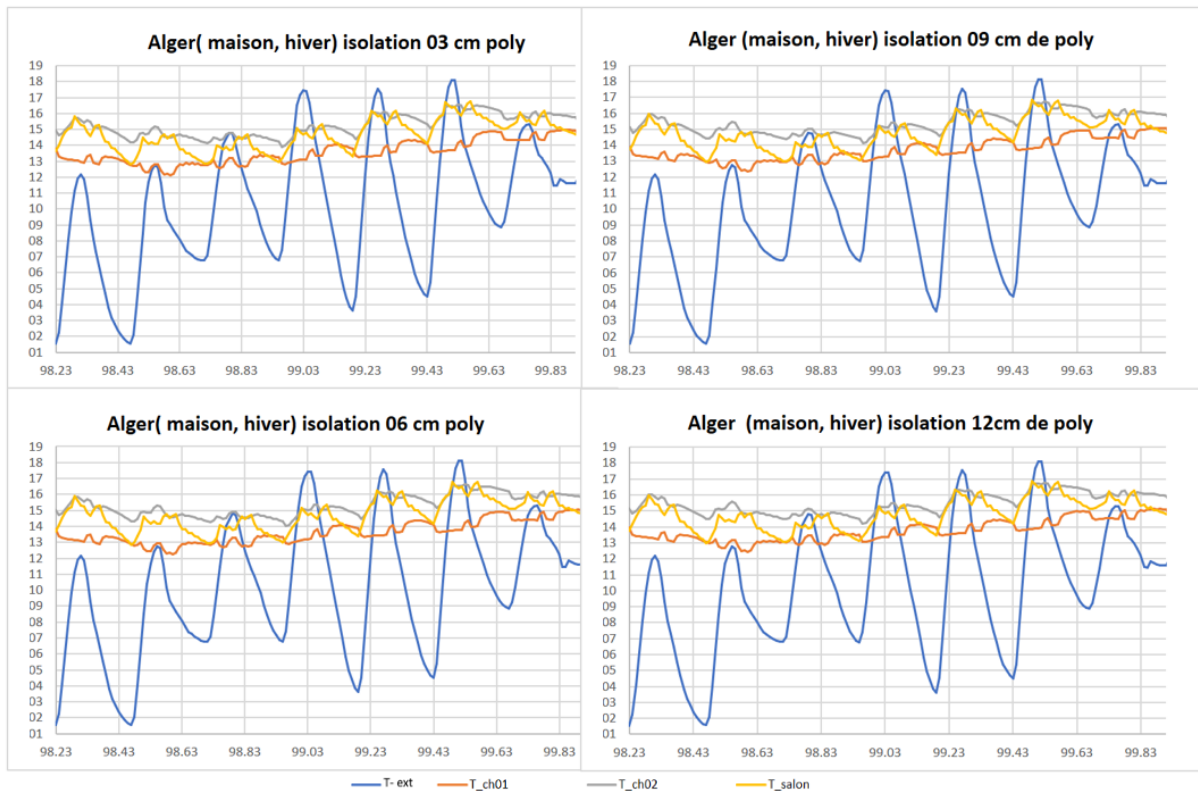


Figure 38 : Evaluation des températures intérieures de la maison selon l'isolation de l'enveloppe en polystyrène pour la ville d'Alger, pendant la semaine hivernale la plus défavorable.

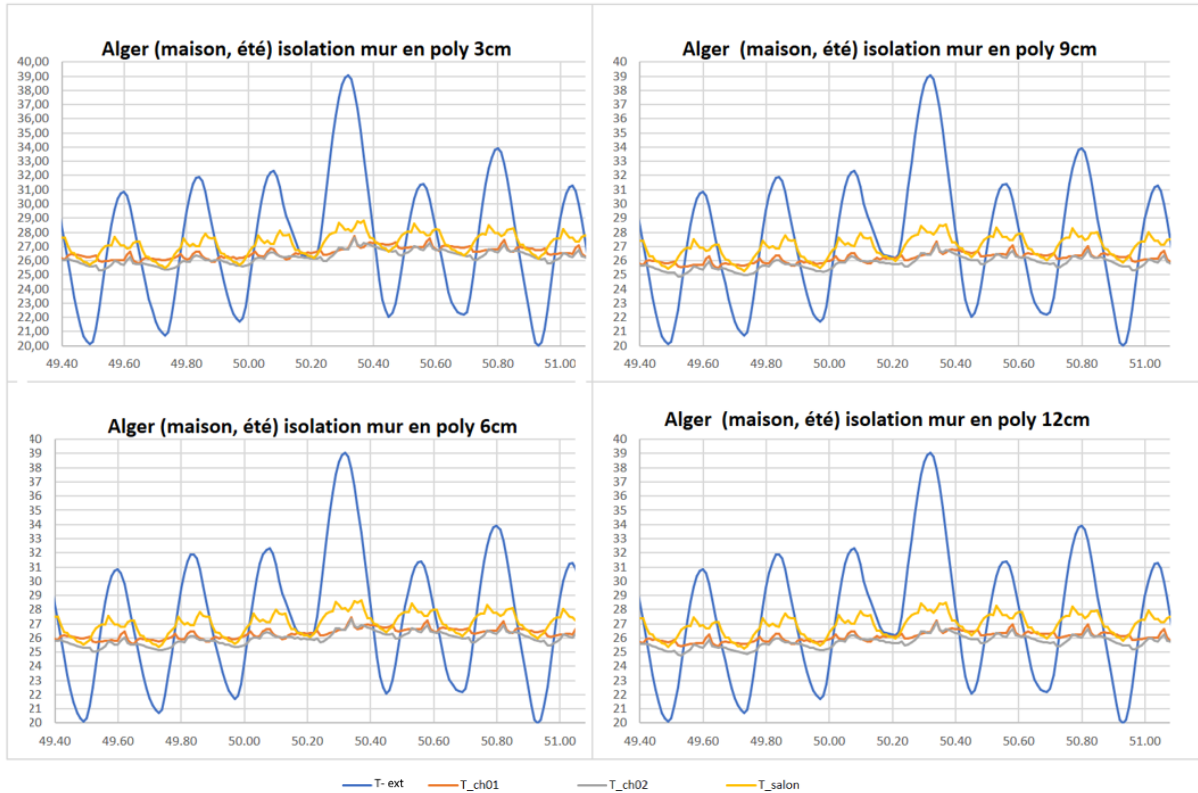


Figure 39 : Evaluation des températures intérieures de la maison selon l'isolation de l'enveloppe en polystyrène pour la ville d'Alger, pendant la semaine estivale la plus défavorable.

Les résultats des simulations pour Alger montrent des différences notables en termes de températures intérieures en fonction du type d'isolation utilisé. En hiver, les différences sont également significatives. Une construction en double paroi de brique sans isolation présente des températures intérieures moyennes comprises entre 11,5°C et 17°C. En revanche, une construction en brique avec les mêmes isolations murales et de toiture maintient des températures moyennes entre 13°C et 17,5°C. Cette augmentation de 1,5°C dans les températures minimales démontre l'efficacité de l'isolation pour stabiliser les températures intérieures, créant ainsi un environnement plus confortable en hiver et réduisant la nécessité de chauffage supplémentaire.

En été, une construction en double paroi de brique sans isolation affiche des températures intérieures moyennes comprises entre 26,3°C et 31,5°C. En revanche, une construction en brique avec une isolation murale de 6 cm et une isolation de toiture de 10 cm présente des températures intérieures moyennes allant de 25°C à 28,5°C. Cela représente une réduction de 3°C des températures maximales, illustrant l'efficacité de l'isolation pour maintenir un environnement intérieur plus confortable pendant les mois d'été.

CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

En conclusion, Les simulations montrent que l'isolation thermique, avec une épaisseur de 6 cm pour les murs et de 10 cm pour la toiture, améliore significativement le confort thermique intérieur à Alger. En été, elle réduit les températures maximales de 3°C, et en hiver, elle augmente les températures minimales de 1,5°C. Ces résultats soulignent l'importance de l'isolation pour maintenir des conditions intérieures confortables tout au long de l'année, réduisant la dépendance aux systèmes de climatisation et de chauffage.

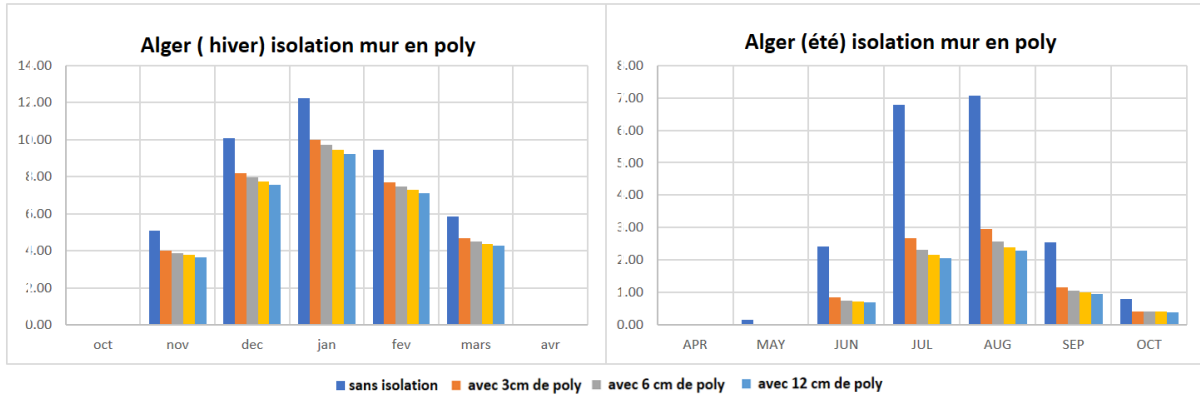


Figure 40 : Evaluation des besoins énergétiques de la maison selon l'isolation de l'enveloppe en polystyrène pour la ville d'Alger.

À Alger, après avoir évalué les besoins en chauffage et climatisation avec différentes épaisseurs d'isolation (3 cm, 6 cm, 9 cm et 12 cm), il est apparu que l'épaisseur optimale était de 6 cm. Cette configuration a entraîné une réduction significative de la consommation d'énergie. Avant l'installation de l'isolation, la consommation d'énergie pour le chauffage était de 4274,00 kWh et pour la climatisation de 1976,00 kWh. Après avoir installé une isolation de 6 cm, la consommation d'énergie pour le chauffage a été réduite à 3357,00 kWh, marquant une diminution de 21,5 %. De même, la consommation pour la climatisation a chuté à 713,50 kWh, représentant une réduction de 63,89 %. Cette efficacité démontre l'impact significatif d'une isolation bien choisie dans la réduction des besoins énergétiques à Alger, permettant à la fois des économies financières et une empreinte environnementale réduite.

- Constantine :

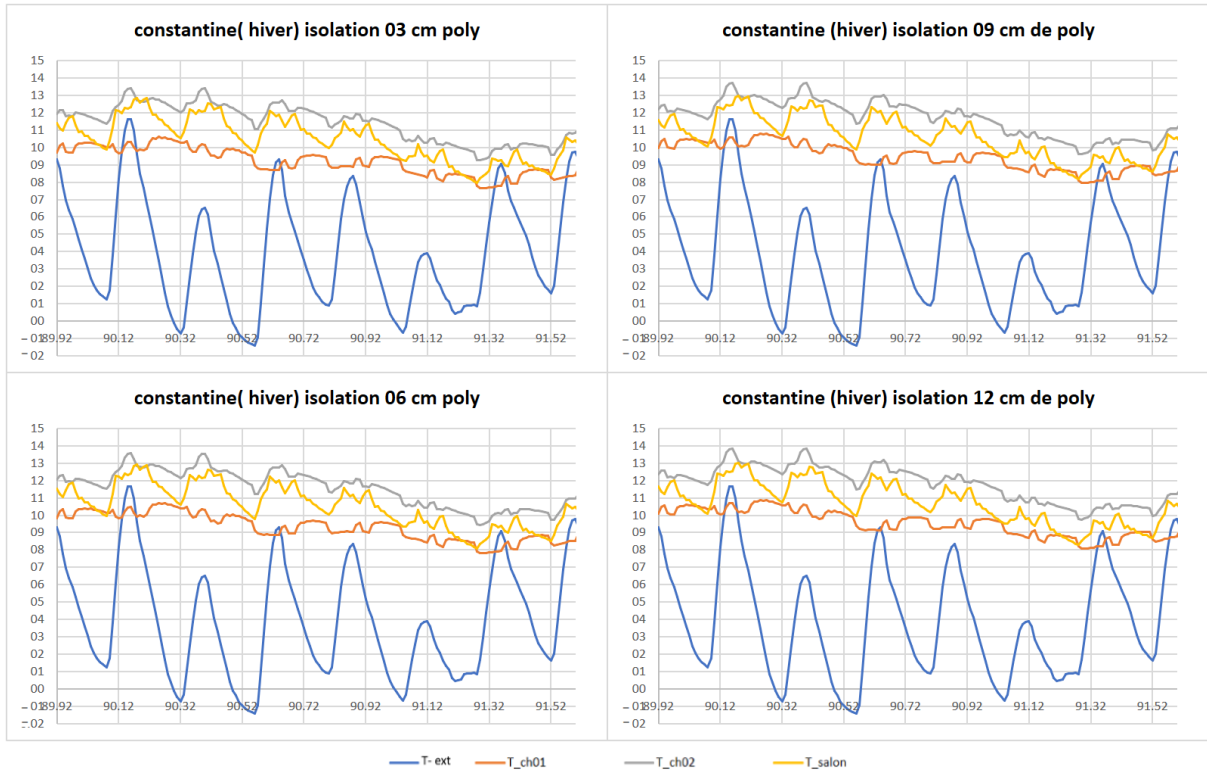


Figure 41 : Evaluation des températures intérieures de la maison selon l'isolation de l'enveloppe en polystyrène pour la ville de Constantine, pendant la semaine hivernale la plus défavorable.

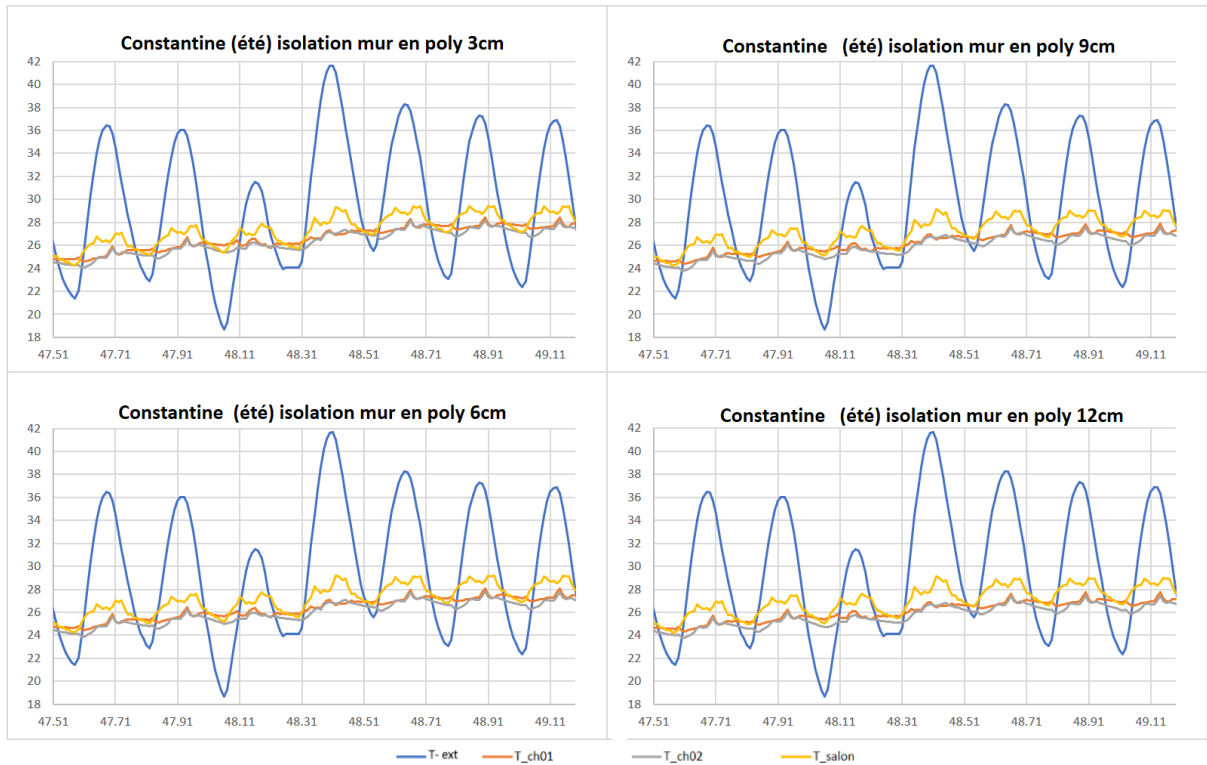


Figure 42 : Evaluation des températures intérieures de la maison selon l'isolation de l'enveloppe en polystyrène pour la ville de Constantine, pendant la semaine estivale la plus défavorable.

Les simulations réalisées pour Constantine révèlent des variations significatives des températures intérieures en fonction du type d'isolation utilisé. En été, une construction en double paroi de brique sans isolation affiche des températures intérieures moyennes comprises entre 25°C et 32,5°C. À l'inverse, une construction en brique avec une isolation murale de 6 cm et une isolation de toiture de 10 cm montre des températures intérieures moyennes allant de 24,5°C à 29,5°C. Cela représente une réduction de 3°C dans les températures maximales, soulignant l'importance de l'isolation pour améliorer le confort thermique durant les mois chauds.

En hiver, les différences sont également notables. Une construction en double paroi de brique sans isolation présente des températures intérieures moyennes de 6,5°C à 13,5°C. Tandis qu'une construction en brique avec les mêmes isolations murales et de toiture maintient des températures moyennes entre 8,5°C et 14,5°C, ce qui se traduit par une augmentation de 2°C dans les températures minimales, démontrant une meilleure rétention de la chaleur en période froide.

L'utilisation d'une isolation adéquate, tant murale que de toiture, améliore significativement le confort thermique intérieur en réduisant les fluctuations de température saisonnières à Constantine. En été, elle réduit les températures maximales de 3°C, et en hiver, elle augmente les températures minimales de 2°C, assurant ainsi un environnement intérieur plus stable et confortable tout au long de l'année.

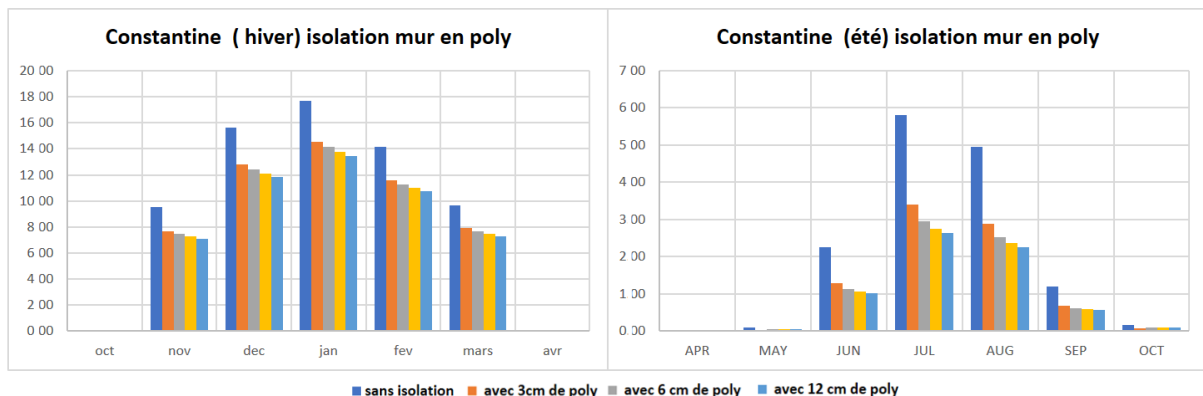


Figure 43 : Evaluation des besoins énergétiques de la maison selon l'isolation de l'enveloppe en polystyrène pour la ville de Constantine.

À Constantine, après avoir évalué les besoins en chauffage et climatisation avec différentes épaisseurs d'isolation (3 cm, 6 cm, 9 cm et 12 cm), il est apparu que l'épaisseur optimale était de 9 cm. Cette configuration a entraîné une réduction significative de la

CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

consommation d'énergie. Avant l'installation de l'isolation, la consommation d'énergie pour le chauffage était de 6668,00 kWh et pour la climatisation de 1448,00 kWh. Après avoir installé une isolation de 9 cm, la consommation d'énergie pour le chauffage a été réduite à 5163,00 kWh, ce qui représente une diminution de 22,5 %. De même, la consommation pour la climatisation a chuté à 689,30 kWh, marquant une réduction de 52,38 %.

Cette efficacité démontre l'impact significatif d'une isolation bien choisie dans la réduction des besoins énergétiques à Constantine, permettant à la fois des économies financières et une empreinte environnementale réduite.

- Ghardaïa :

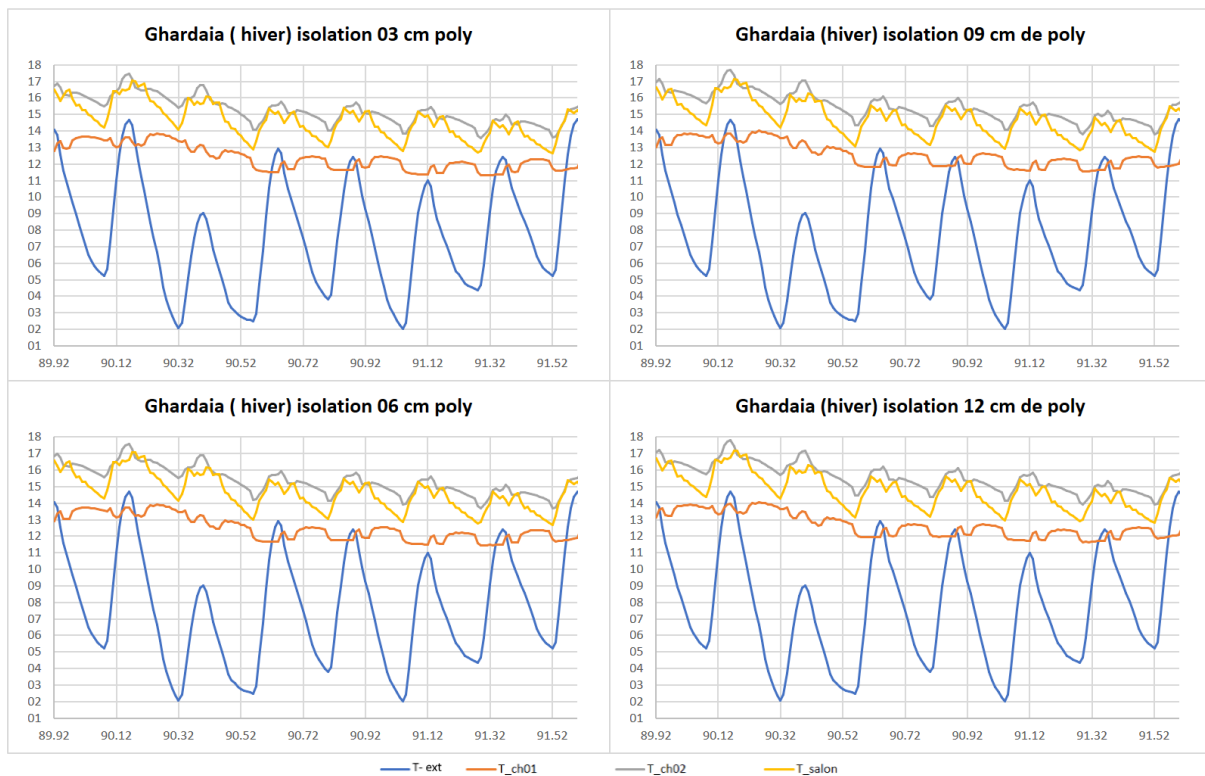


Figure 44 : Evaluation des températures intérieures de la maison selon l'isolation de l'enveloppe en polystyrène pour la ville de Ghardaïa, pendant la semaine hivernale la plus défavorable.

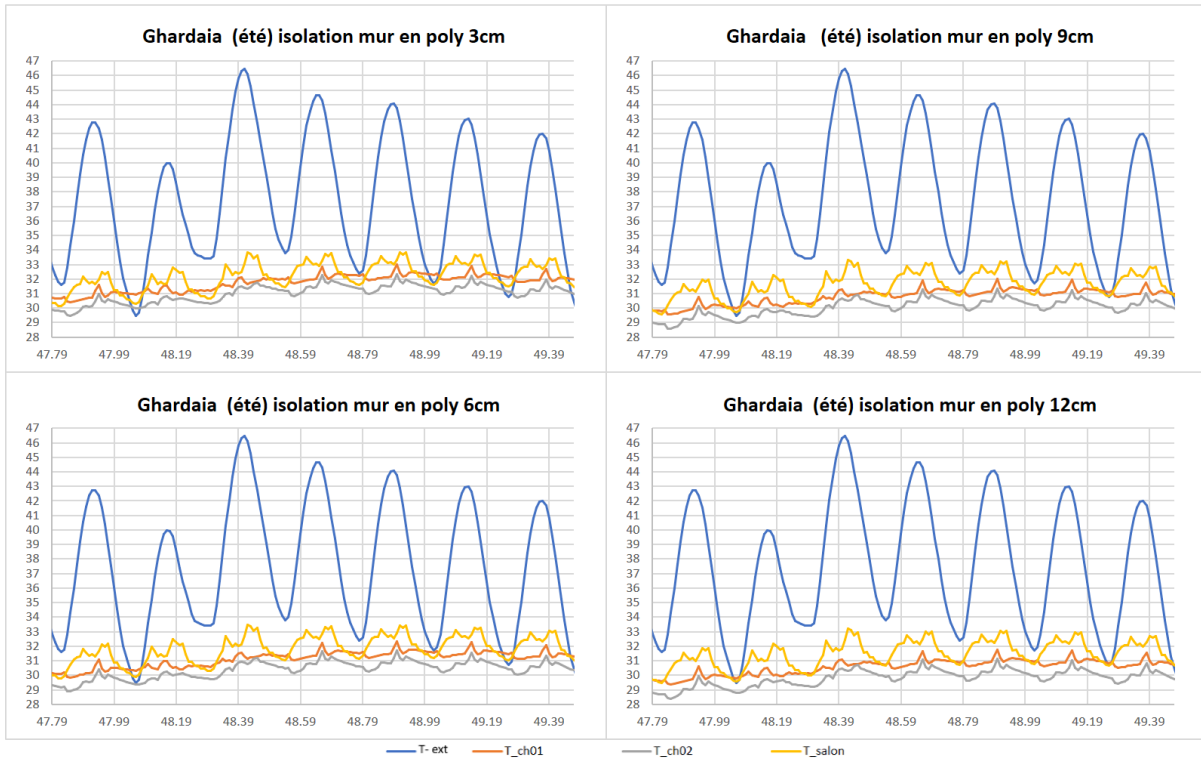


Figure 45 : Evaluation des températures intérieures de la maison selon l'isolation de l'enveloppe en polystyrène pour la ville de Ghardaïa, pendant la semaine estivale la plus défavorable.

Les simulations réalisées pour Ghardaïa révèlent des variations significatives des températures intérieures en fonction du type d'isolation utilisé. En été, une construction en double paroi de brique sans isolation affiche des températures intérieures moyennes comprises entre 32°C et 37,5°C. À l'inverse, une construction en brique avec une isolation murale de 6 cm et une isolation de toiture de 10 cm montre des températures intérieures moyennes allant de 24°C à 29,5°C. Cela représente une réduction de 8°C à 8,5°C dans les températures maximales, indiquant une amélioration notable du confort thermique estival.

En hiver, les différences sont également notables. Une construction en double paroi de brique sans isolation présente des températures intérieures moyennes de 10,5°C à 17,5°C. Tandis qu'une construction en brique avec les mêmes isolations murales et de toiture maintient des températures moyennes entre 12°C et 18,5°C, ce qui se traduit par une augmentation de 1,5°C à 2°C dans les températures minimales, démontrant une meilleure rétention de la chaleur.

L'isolation thermique, avec une épaisseur de 6 cm pour les murs et de 10 cm pour la toiture, joue un rôle crucial dans la régulation des températures intérieures à Ghardaïa.

CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

Elle réduit significativement les températures estivales de 8°C à 8,5°C et augmente légèrement les températures hivernales de 1,5°C à 2°C, assurant ainsi un environnement intérieur plus confortable tout au long de l'année.

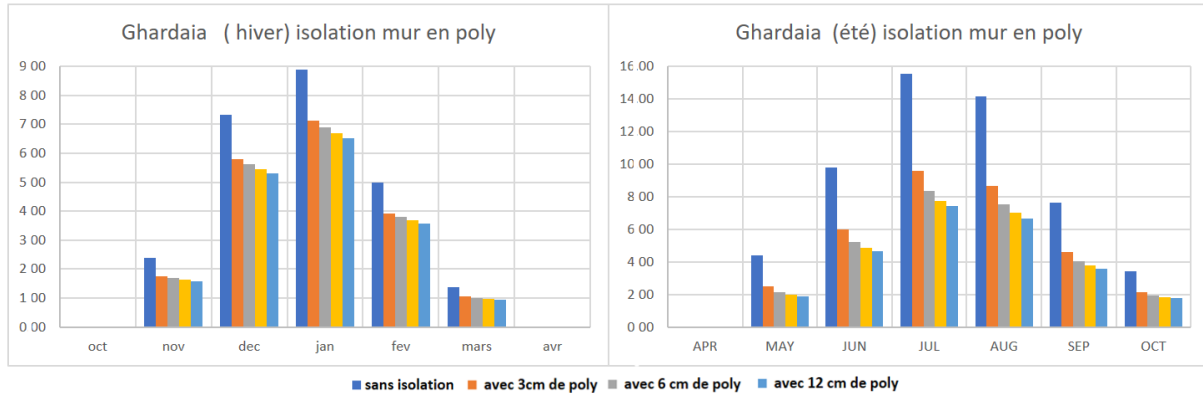


Figure 46 : Evaluation des besoins énergétiques de la maison selon l'isolation de l'enveloppe en polystyrène pour la ville de Ghardaïa.

À Ghardaïa, après avoir évalué les besoins en chauffage et climatisation avec différentes épaisseurs d'isolation (3 cm, 6 cm, 9 cm et 12 cm), il est apparu que l'épaisseur optimale variait entre 3 et 12 cm, avec 12 cm offrant les meilleurs résultats en termes de réduction de consommation. Cette configuration a entraîné une réduction significative de la consommation d'énergie. Avant l'installation de l'isolation, la consommation d'énergie pour le chauffage était de 2498,00 kWh et pour la climatisation de 5496,00 kWh. Après avoir installé une isolation de 12 cm, la consommation d'énergie pour le chauffage a été réduite à 1794,00 kWh, soit une diminution de 28,18 %. De même, la consommation pour la climatisation a chuté à 2598,00 kWh, ce qui représente une réduction de 52,76 %.

Cette efficacité démontre l'importance cruciale d'une isolation adéquate dans les climats chauds comme celui de Ghardaïa, offrant des économies substantielles tant sur le plan économique qu'environnemental.

Tableau 38 : Evaluation des températures intérieures de la maison selon l'isolation pour les trois régions, pendant la période hivernale.

	Alger	Constantine	Ghardaïa
Température (EXT)	1,54°C à 18°C	-1,43°C à 12°C	2,03°C à 15°C
Température intérieure cas standard (sans isolation adéquate pour chaque zone climatique)	11,5°C à 17°C	6,5°C à 13,5°C	10,5°C à 17,5°C
Température intérieure avec isolation adéquate pour chaque zone climatique	13°C et 17,5°C	8,5°C et 14,5°C	12°C et 18,5°C

CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

Tableau 39 : Evaluation des températures intérieures de la maison selon l'isolation pour les trois régions, pendant la période estivale.

	Alger	Constantine	Ghardaïa
Température (EXT)	20-39°C	19-41,5°C	30-46,5 °C
Température intérieure cas standard (sans isolation adéquate pour chaque zone climatique)	26,3°C à 31,5°C,	25°C à 32,5°C	32°C à 37,5°C
Température intérieure avec isolation adéquate pour chaque zone climatique	25°C à 28,5°C	24,5°C à 29,5°C	24°C à 29,5°

En conclusion, chaque zone climatique présente des besoins spécifiques en matière d'isolation des murs, déterminés par plusieurs facteurs. À Alger, une épaisseur d'isolation optimale de 6 cm est recommandée, tandis qu'à Constantine, elle est de 9 cm, et à Ghardaïa, elle atteint 12 cm. Ces différences s'expliquent par les variations climatiques régionales, telles que les températures moyennes annuelles, l'amplitude thermique, et la fréquence des fluctuations de température. Adapter l'épaisseur de l'isolation en fonction de ces facteurs spécifiques permet non seulement d'optimiser l'efficacité énergétique et de réduire les coûts associés à la climatisation et au chauffage, mais aussi de minimiser l'impact environnemental en limitant les émissions de gaz à effet de serre. Ainsi, choisir judicieusement l'épaisseur de l'isolation contribue à créer des environnements intérieurs confortables tout en répondant aux exigences climatiques locales de manière durable et efficace.

3.2.3. Effet des matériaux de construction sur l'évolution des températures intérieures ainsi que les besoins en chauffage et en climatisation :

Cette partie se concentre sur l'impact des matériaux de construction sur les conditions thermiques et les besoins énergétique d'une maison située à Alger, Constantine et Ghardaïa. Nous avons évalué deux configurations principales : le parpaing de 20 cm et les voiles en béton de 16 cm pour Alger et Constantine, avec et sans isolation de la toiture à 10 cm de polystyrène, ainsi que l'adobe de 50 cm d'épaisseur et le BTS (bloc de terre stabilisée) de 50 cm pour Ghardaïa. L'objectif est de comprendre comment ces choix de matériaux influencent la température intérieure et les besoins énergétiques pour le chauffage et la climatisation dans des contextes climatiques variés.

- Alger :

3.2.3.1 Mur en parpaing :

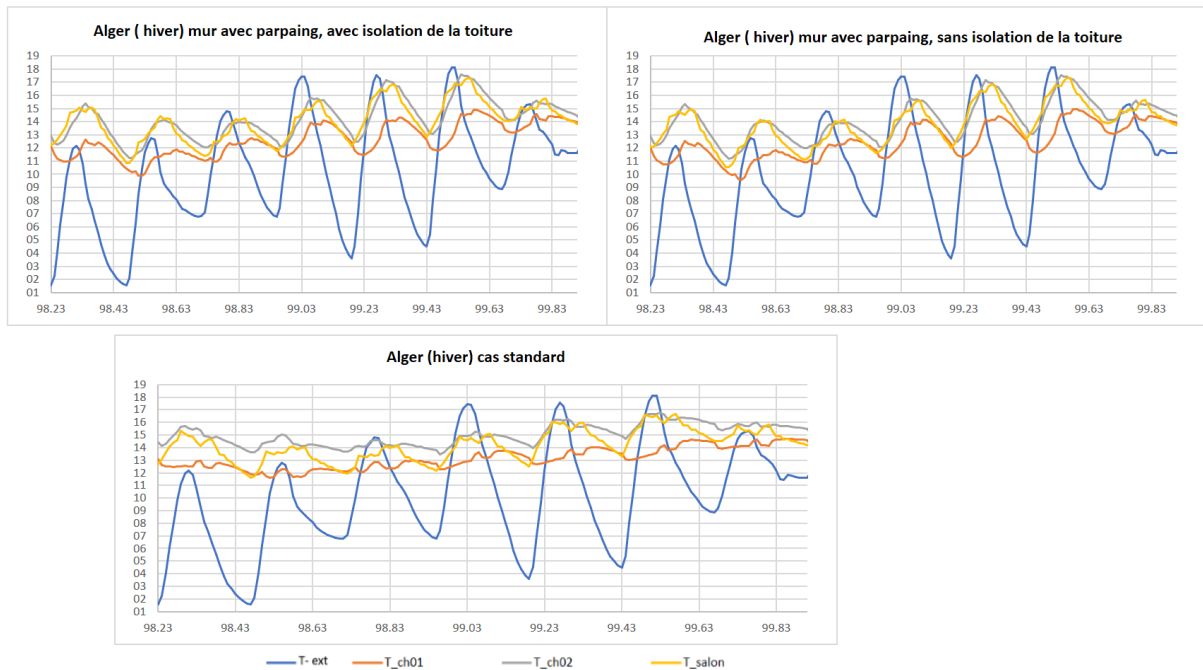


Figure 47 : Evaluation des températures intérieures de la maison (en cas standard & murs en parpaing) pour la ville d'Alger, pendant la semaine hivernale la plus défavorable.

Les résultats montrent que les températures intérieures varient significativement selon le type de construction et l'ajout d'isolation de toiture :

Les températures intérieures moyennes oscillent entre 11,5°C et 17°C (Brique en double paroi sans isolation de toiture). Les températures intérieures moyennes varient de 10°C à 18°C (Parpaing sans isolation de toiture). Les températures intérieures moyennes varient entre 10,5°C et 18°C (Parpaing avec isolation de toiture en polystyrène de 10 cm). La brique en double paroi et le parpaing montrent des températures intérieures moyennes similaires en hiver, avec des valeurs qui varient principalement en fonction de l'isolation de toiture. L'ajout d'une isolation de toiture en polystyrène de 10 cm réduit légèrement les écarts de température pour le parpaing, suggérant une amélioration du confort thermique à l'intérieur des bâtiments. Ces résultats mettent en évidence l'importance de considérer à la fois le matériau de construction et l'isolation thermique pour maintenir des températures intérieures confortables et stables durant la saison hivernale à Alger.

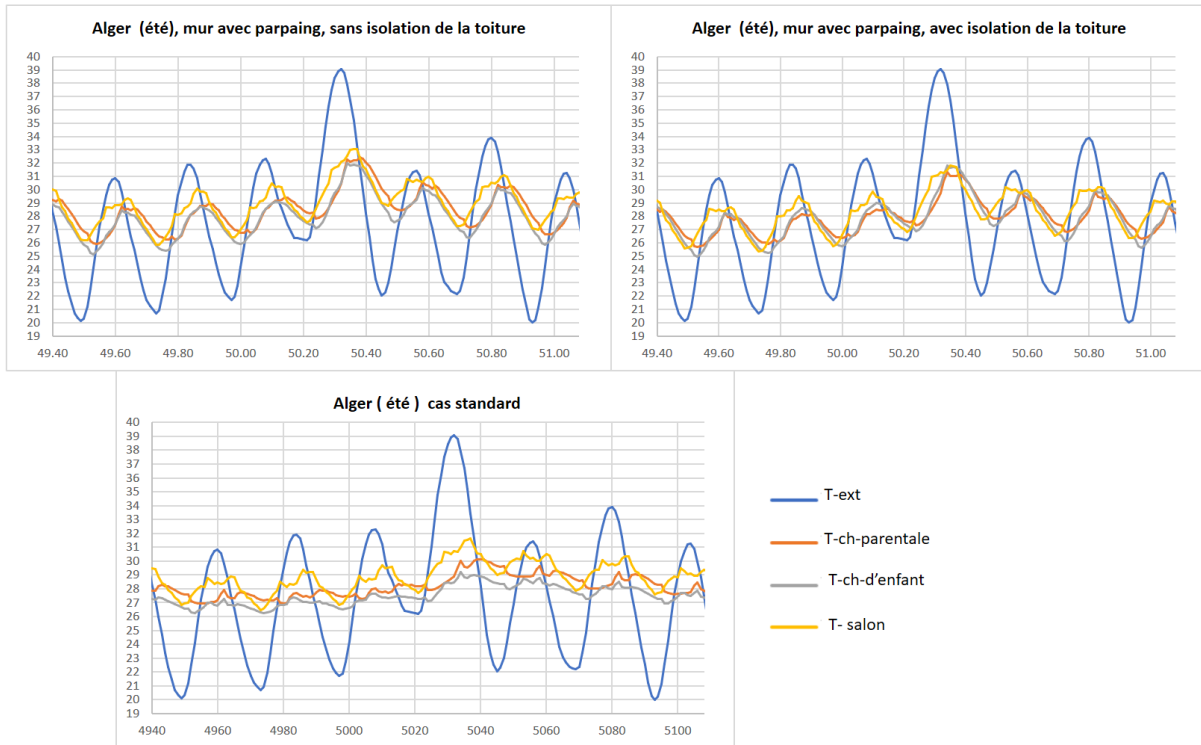


Figure 48 : Evaluation des températures intérieures de la maison (en cas standard & murs en parpaing) pour la ville d'Alger, pendant la semaine estivale la plus défavorable.

La brique en double paroi sans isolation de toiture affiche des températures intérieures moyennes oscillant entre 26,3°C et 31,5°C. En revanche, le parpaing, même sans isolation de toiture, présente des températures intérieures moyennes allant de 25,5°C à 33,5°C. Par contre, la variante où le parpaing est équipé d'une isolation de toiture en polystyrène de 10 cm présente les températures intérieures moyennes les plus basses, variant entre 25,5°C et 31°C.

La brique en double paroi montre une performance thermique initiale plus stable par rapport au parpaing, qui a tendance à avoir des températures intérieures plus extrêmes. L'isolation de toiture en polystyrène de 10 cm apporte des améliorations significatives au parpaing, réduisant les écarts de température et améliorant le confort à l'intérieur de la construction.

Ces résultats soulignent l'importance de choisir le bon matériau de construction et d'incorporer des mesures d'isolation appropriées pour optimiser le confort thermique à l'intérieur des bâtiments, surtout dans des climats comme celui d'Alger où les variations de température peuvent être importantes tout au long de l'année.

CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

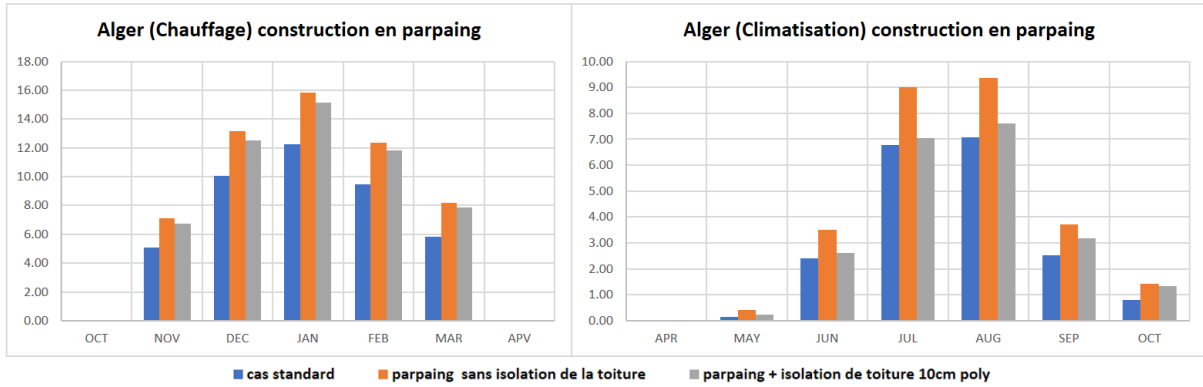


Figure 49 : Evaluation des besoins énergétiques de la maison (cas standard & murs en parpaing) pour la ville de Ghardaïa.

Les données présentées mettent en évidence les besoins énergétiques pour la climatisation et le chauffage à Alger, en fonction des matériaux de construction utilisés et de la présence ou non d'isolation.

Pour le chauffage, la brique sans isolation requiert 1225,00 kWh en Janvier et 945,50 kWh en Février. En revanche, le parpaing sans isolation consomme 1586,00 kWh en Janvier et 812,38 kWh en Février. Avec l'ajout d'une isolation de toiture, la consommation descend à 1513,00 kWh en Janvier et 1182,00 kWh en Février pour le parpaing. Ainsi, bien que la brique soit plus efficace pour le chauffage sans isolation, le parpaing avec isolation devient plus performant, notamment en février.

Pour le chauffage, la brique sans isolation nécessite moins d'énergie que le parpaing sans isolation en Janvier et Février. Cependant, lorsque le parpaing est associé à une isolation de toiture, il devient plus efficace que la brique sans isolation en février, bien que janvier montre une légère différence.

En ce qui concerne la climatisation, la brique sans isolation montre une consommation de 240,80 kWh en Juin et de 678,60 kWh en Juillet. Comparativement, le parpaing sans isolation nécessite 352,00 kWh en Juin et 901,10 kWh en Juillet. L'ajout d'isolation au parpaing réduit ces chiffres à 260,30 kWh en juin et 704,60 kWh en Juillet. Ainsi, la brique se révèle plus efficace pour la climatisation, surtout en période de pic de chaleur comme Juillet.

Ces chiffres indiquent que la brique sans isolation nécessite moins d'énergie pour la climatisation en comparaison avec le parpaing sans isolation, surtout en juillet où les besoins énergétiques sont les plus élevés. L'ajout d'isolation au parpaing réduit

légèrement la consommation d'énergie par rapport au parpaing sans isolation, bien que la brique reste la plus efficace dans ce contexte précis.

En résumé, ces résultats démontrent que l'efficacité énergétique varie considérablement selon le matériau de construction et l'utilisation d'une isolation. Ces informations sont cruciales pour optimiser la gestion de la consommation énergétique dans les conditions climatiques spécifiques d'Alger.

- Constantine :

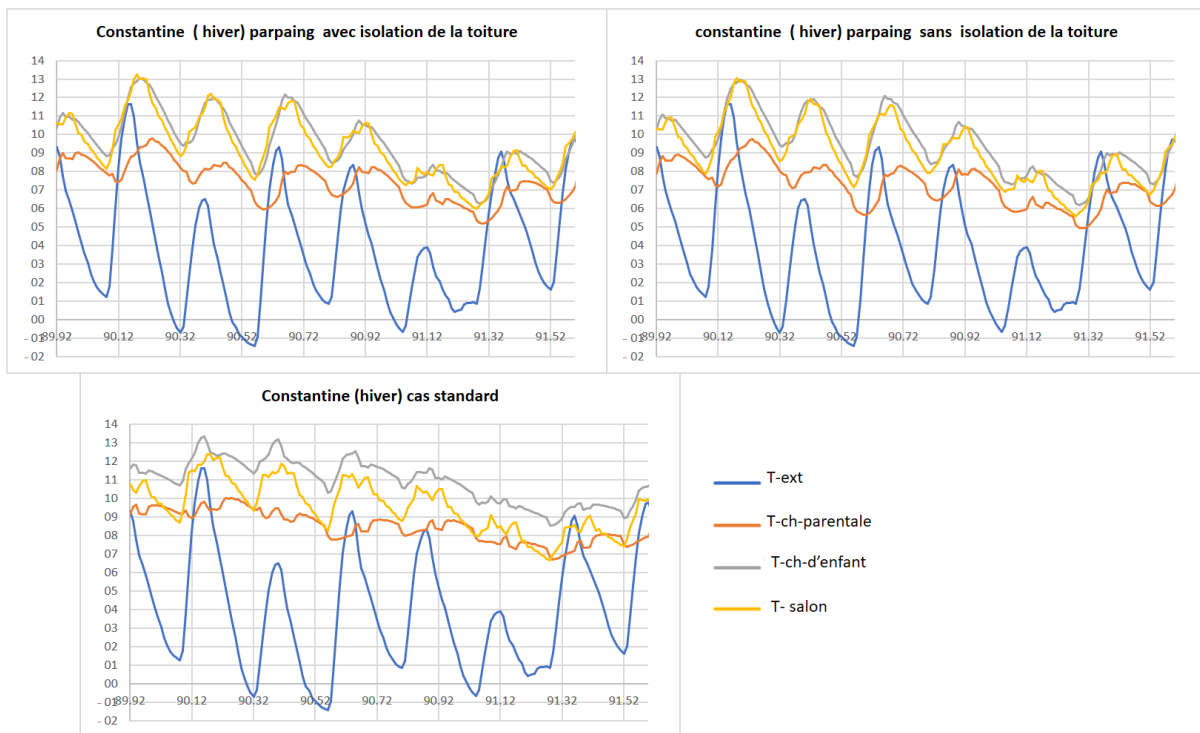


Figure 50 : Evaluation des températures intérieures de la maison (en cas standard & murs en parpaing) pour la ville de Constantine, pendant la semaine hivernale la plus défavorable.

À Constantine pendant l'hiver, les différentes configurations de construction influent considérablement sur les températures intérieures moyennes, en particulier en fonction de la présence ou non d'isolation de toiture.

- Brique en double paroi sans isolation de toiture : Les températures intérieures moyennes varient entre 6,5°C et 13,5°C. Cette configuration montre des fluctuations de température relativement importantes, indiquant une déperdition de chaleur significative sans isolation de toiture.

- Parpaing sans isolation de toiture : Les températures intérieures moyennes varient également de 5,5°C à 13,5°C. Bien que similaires à la configuration en brique, ces

températures montrent une légère baisse potentielle due aux propriétés thermiques différentes du parpaing.

- Parpaing avec isolation de toiture en polystyrène de 10 cm : Cette configuration présente les températures intérieures moyennes les plus basses, variant entre 5,5°C et 13,5°C. L'ajout d'une isolation de toiture en polystyrène réduit considérablement les pertes de chaleur, maintenant des températures plus stables et confortables à l'intérieur.

Ces données mettent en évidence l'importance cruciale de l'isolation de toiture pour le confort thermique pendant l'hiver à Constantine. Une bonne isolation permet non seulement de maintenir des températures intérieures plus élevées et stables, mais aussi de réduire la consommation d'énergie nécessaire pour le chauffage, contribuant ainsi à des économies d'énergie et à une réduction des émissions de gaz à effet de serre.



Figure 51 : Evaluation des températures intérieures de la maison (en cas standard & murs en parpaing) pour la ville de Constantine, pendant la semaine estivale la plus défavorable.

Pendant la période estivale, La construction en double paroi en brique, sans isolation, maintient des températures intérieures moyennes entre 25°C et 32,5°C. En comparaison, le parpaing, même sans isolation de toiture, offre des températures moyennes légèrement plus élevées, allant de 25°C à 33,5°C.

Toutefois, la configuration où le parpaing est doté d'une isolation de toiture en polystyrène de 10 cm enregistre les températures intérieures moyennes les plus basses,

variant entre 24,5°C et 33°C. Cela indique que l'ajout d'une isolation de toiture réduit efficacement les fluctuations de température intérieure, offrant un confort thermique amélioré par rapport aux autres configurations.

Ces résultats soulignent l'importance de l'isolation dans la régulation thermique des habitations à Constantine pendant l'hiver, permettant de maintenir des conditions intérieures plus stables et confortables.

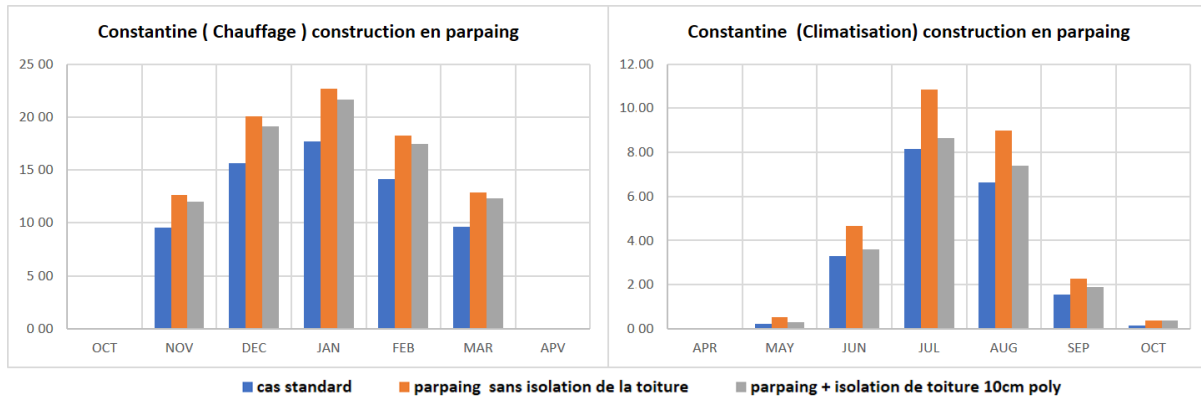


Figure 52 : Evaluation des besoins énergétiques de la maison (cas standard & murs en parpaing) pour la ville de Constantine.

À Constantine, les besoins énergétiques varient significativement en fonction des matériaux de construction et de l'isolation utilisés, tant pour la climatisation que pour le chauffage.

Pour la climatisation :

- La brique sans isolation consomme 330,90 kWh en Juin et 814,50 kWh en Juillet.
- Le parpaing sans isolation demande 465,20 kWh en Juin et 1085,00 kWh en Juillet.
- L'ajout d'une isolation au parpaing réduit la consommation à 359,80 kWh en Juin et 862,90 kWh en Juillet.

Ces chiffres montrent que la brique, sans isolation, nécessite moins d'énergie pour la climatisation par rapport au parpaing sans isolation, surtout pendant les mois chauds de juin et juillet. L'isolation du parpaing contribue à réduire les besoins énergétiques pour la climatisation, bien que la brique reste généralement plus efficace dans ce contexte.

Pour le chauffage :

- La brique sans isolation consomme 1768,00 kWh en Janvier et 1414,00 kWh en Février.
- Le parpaing sans isolation requiert 2265,00 kWh en Janvier et 1822,00 kWh en Février.

CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

- Avec une isolation de toiture, la consommation descend à 2166,00 kWh en Janvier et 1744,00 kWh en Février pour le parpaing.

Concernant le chauffage, la brique, sans isolation, demande moins d'énergie que le parpaing dans des conditions similaires. Cependant, l'ajout d'une isolation de toiture au parpaing permet de réduire significativement sa consommation énergétique, le rendant plus efficace que la brique pour le chauffage en hiver, notamment en janvier et février.

Tableau 40 : Evaluation des températures intérieurs de la maison selon l'isolation le type de matériau (en parpaing) pour les deux régions (Alger, Constantine), pendant la période hivernale.

	Alger	Constantine
Température (EXT)	1,54°C à 18°C	-1,43°C à 12°C
Température intérieure cas standard	11,5 à 17°C	6,5 à 13,5°C
Température intérieure avec construction en en parpaing +toiture sans isolation	10°C à 18°C	5,5°C à 13°C
Température intérieure avec construction en parpaing +toiture avec isolation	10,5°C à 18°C	5,5°C à 13°C

Tableau 41 : Evaluation des températures intérieurs de la maison selon l'isolation et le type de matériau (en parpaing) pour les deux régions (Alger, Constantine), pendant la période estivale.

	Alger	Constantine
Température (EXT)	20°C à 39°C	19°C à 41,5°C
Température intérieure cas standard	26,3°C à 31,5°C	25°C à 32,5°C
Température intérieure avec construction en parpaing +toiture sans isolation	25,5°C à 33,5°C	25°C à 33,5°C
Température intérieure avec construction en parpaing +toiture avec isolation	25,5°C à 31°C	24,5°C à 33°C

En conclusion, ces résultats mettent en évidence l'importance de choisir des matériaux de construction adaptés et d'incorporer une isolation efficace pour optimiser l'efficacité énergétique des bâtiments à Constantine, réduisant ainsi les coûts de climatisation et de chauffage tout en améliorant le confort intérieur.

3.2.3.2 Voile en béton :

• Alger :

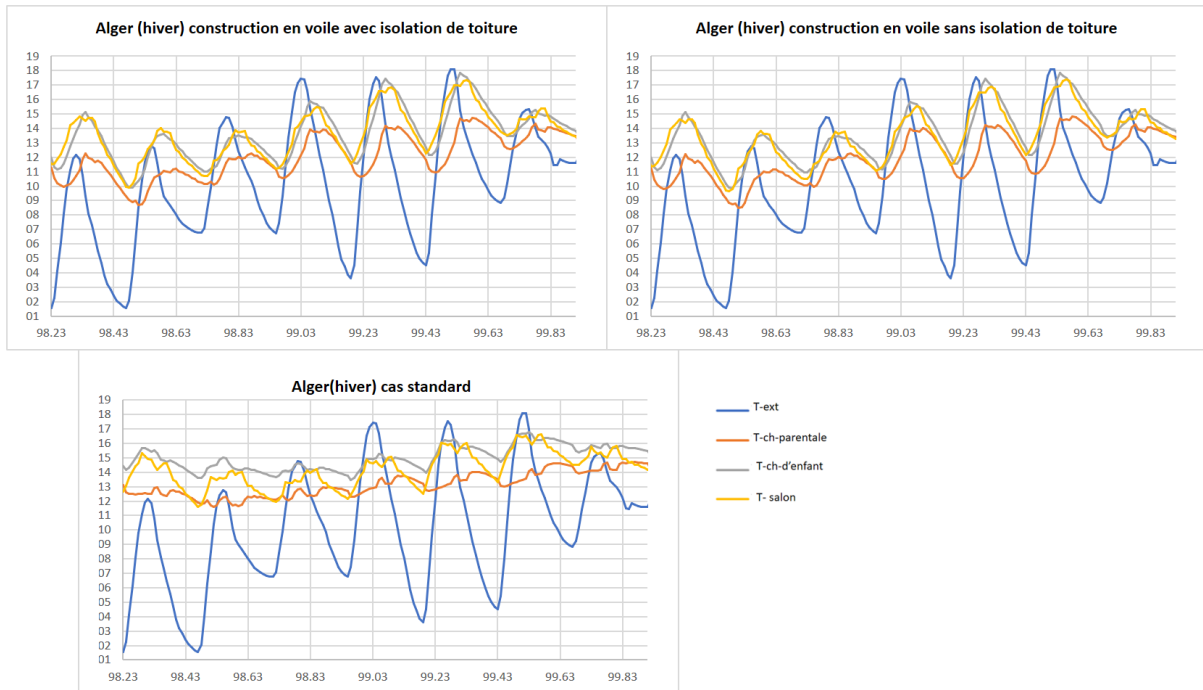
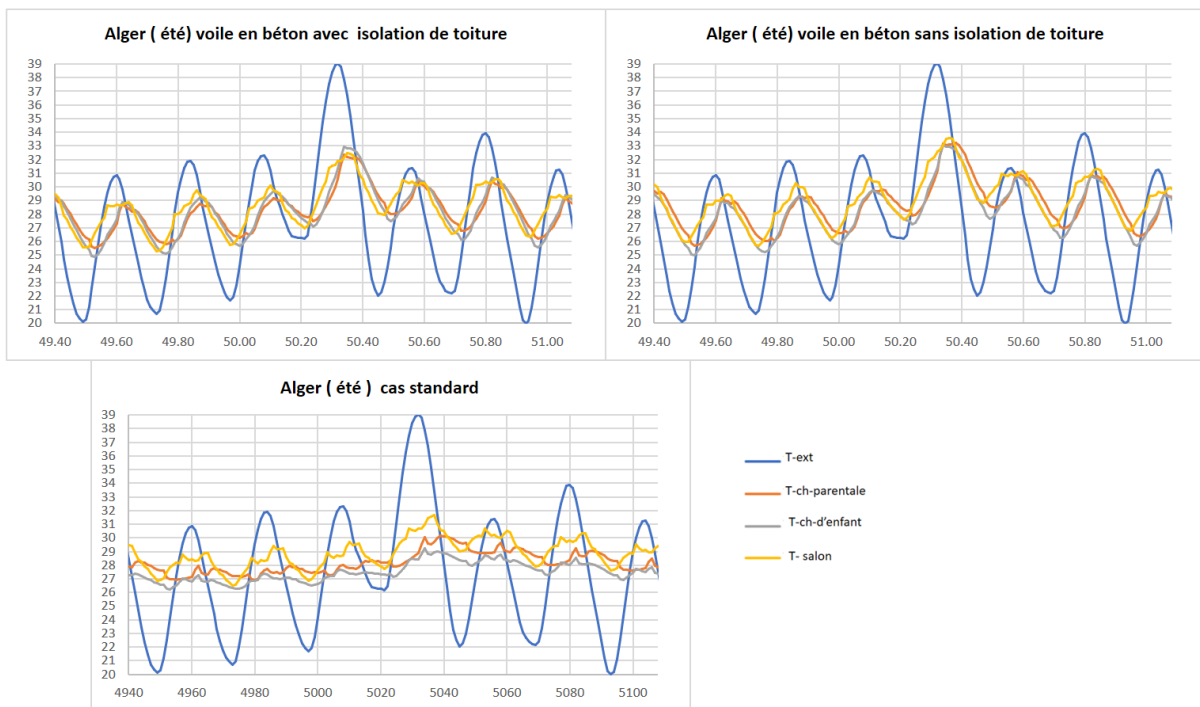


Figure 53 : Evaluation des températures intérieures de la maison (en cas standard & murs en voile en béton) pour la ville d'Alger, pendant la semaine hivernale la plus défavorable.

Les résultats de simulation montrent une variation significative des températures intérieures dans la ville d'Alger pendant la période hivernale, en considérant trois variantes de construction : une double paroi en brique creuse sans isolation, une construction en voile en béton sans isolation de toiture, et une construction en voile en béton avec isolation de toiture. Dans la première variante, où une construction en double paroi en brique sans isolation est utilisée, les températures intérieures moyennes oscillent entre 11,5°C et 17°C. Cela indique que, bien que la double paroi en brique offre une certaine atténuation de la chaleur extérieure, les températures intérieures restent relativement élevées même pendant l'hiver, ce qui suggère une inertie thermique importante et une rétention de la chaleur accumulée, probablement due aux gains solaires. Pour la deuxième variante, où le voile en béton est utilisé sans isolation de la toiture, les températures intérieures moyennes varient entre 9°C et 18°C. Cette configuration montre des températures intérieures beaucoup plus basses, indiquant que le béton, sans isolation, a une capacité limitée à retenir la chaleur, ce qui entraîne une plus grande perte thermique et des températures intérieures plus froides. La troisième

CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

variante, où le voile en béton est utilisé avec une isolation de toiture en polystyrène de 10 cm, présente des températures intérieures moyennes variant entre 9,5°C et 18,5°C. Bien que les températures soient légèrement plus élevées par rapport à la deuxième variante, cette configuration montre que l'ajout d'une isolation de toiture permet une légère amélioration en termes de rétention de chaleur, mais les températures intérieures restent basses comparées à celles de la construction en brique. En comparant les trois variantes, il est évident que la construction en brique sans isolation permet de maintenir des températures intérieures beaucoup plus élevées en hiver, grâce à sa meilleure capacité à retenir la chaleur accumulée. Le béton, en revanche, sans isolation, montre des températures intérieures beaucoup plus basses, soulignant sa moins bonne performance thermique en hiver. Même avec une isolation de toiture, le béton ne parvient pas à atteindre les niveaux de rétention de chaleur de la brique. En conclusion, pour la période hivernale à Alger, la construction en double paroi en brique sans isolation offre une meilleure performance thermique en maintenant des températures intérieures plus élevées, ce qui est crucial pour le confort thermique. La construction en voile en béton, même avec une isolation de toiture, ne parvient pas à rivaliser avec la brique en termes de rétention de chaleur et de stabilité thermique.



Dans la première variante, où la maison est en double paroi en brique sans isolation est utilisée, les températures intérieures moyennes oscillent entre 26,3°C et 31,5°C. Cela indique que, bien que la double paroi en brique offre une certaine atténuation de la chaleur extérieure, les températures intérieures restent relativement élevées.

Pour la deuxième variante, où le voile en béton est utilisé sans isolation de la toiture, les températures intérieures moyennes varient entre 25°C et 34°C. Cette configuration montre des températures intérieures légèrement plus basses à l'extrémité inférieure mais plus élevées à l'extrémité supérieure comparé à la première variante. Cela suggère que le béton, sans isolation de toiture, permet une plus grande fluctuation des températures, menant à une surchauffe significative avec des pics de température plus élevés. La différence entre le béton et la brique sans isolation est marquée par une plus grande amplitude des températures avec le béton, indiquant une capacité moindre à maintenir une température intérieure stable.

La troisième variante, où le voile en béton est utilisé avec une isolation de toiture en polystyrène de 10 cm, présente les températures intérieures moyennes les plus basses, variant entre 25,5°C et 33,5°C. Bien que les températures minimales soient légèrement plus élevées par rapport à la deuxième variante, cette configuration réussit à réduire les pics de chaleur, offrant des températures intérieures globalement plus stables et plus confortables. Cette amélioration montre que l'ajout d'une isolation de toiture permet au béton de mieux réguler les températures, mais même avec cette isolation, le béton ne parvient pas à maintenir une température aussi stable que la brique.

En comparant les trois variantes, il est clair que la construction en brique offre une meilleure performance thermique de base par rapport au béton. La première variante montre une amplitude de température de 5,2°C, tandis que la deuxième variante présente une amplitude plus large de 9°C, indiquant une surchauffe notable. La troisième variante, avec une isolation de toiture, réduit cette amplitude à 8°C, montrant une amélioration par rapport à la deuxième variante, bien que la différence ne soit pas très marquée en termes de réduction des températures maximales. Cependant, l'isolation permet une stabilité thermique accrue, réduisant les fluctuations extrêmes et améliorant le confort intérieur.

En conclusion, bien que la construction en béton avec isolation de toiture améliore la régulation thermique, la double paroi en brique sans isolation offre une meilleure stabilité thermique de base pendant la saison estivale. La construction en voile en béton sans isolation montre les pires performances, soulignant l'importance de l'isolation pour les matériaux ayant une plus grande conductivité thermique. La meilleure performance thermique globale est obtenue avec la brique, tandis que le béton, même avec isolation, montre une plus grande variabilité thermique.

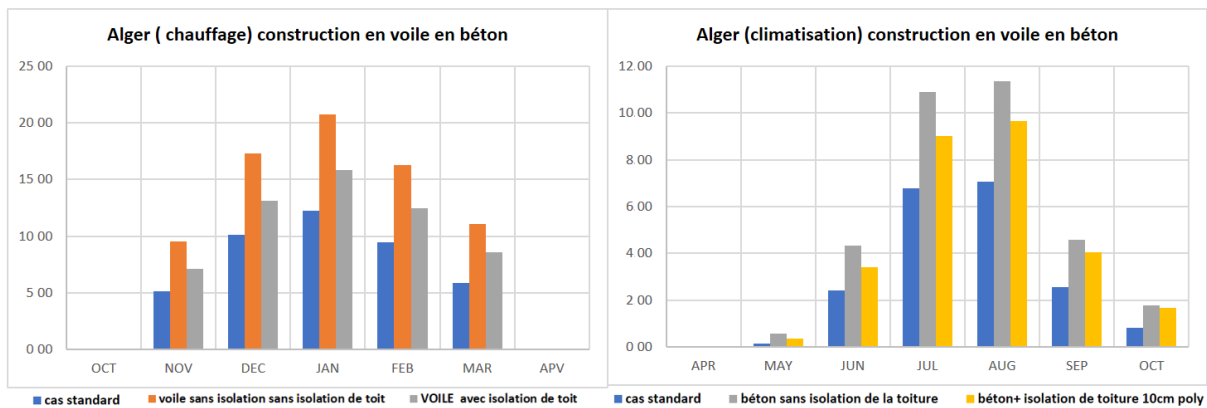


Figure 55 : Evaluation des besoins énergétiques de la maison (cas standard & murs en voile en béton) pour la ville d'Alger.

Les besoins énergétiques pour la climatisation et le chauffage à Alger varient considérablement en fonction des matériaux de construction et de l'isolation de la toiture.

Pour la climatisation, les données montrent que la construction en brique sans isolation nécessite 240,80 kWh en juin et jusqu'à 678,60 kWh en juillet, 706,50 pour août.

L'utilisation de voiles en béton sans isolation augmente ces besoins à 430,90 kWh en juin et jusqu'à 1090,00 kWh en juillet, 1137,00 pour août. En comparaison, l'utilisation de voiles en béton avec isolation augmente ces besoins à 340,20 kWh en juin, 900,60 kWh en juillet, et 965,70 kWh en août.

Pour le chauffage, la brique sans isolation demande 1225,00 kWh en janvier et 945,50 kWh en février, avec des besoins nuls de juin à septembre, puis 509,50 kWh en novembre et 1008,00 kWh en décembre. En comparaison, le béton sans isolation nécessite 1586,00 kWh en janvier, 1238,00 kWh en février, avec une tendance similaire de besoin nul en énergie de juin à septembre, mais des besoins plus élevés en novembre et décembre.

En conclusion, ces résultats mettent en évidence l'importance du choix du matériau de construction et de l'isolation de la toiture à Alger pour optimiser la consommation énergétique. Opter pour une construction en brique sans isolation semble plus efficace

pour le chauffage, tandis que l'ajout d'une isolation de toiture peut significativement réduire les besoins en énergie pour la climatisation et le chauffage lorsque le béton est utilisé.

- **Constantine :**

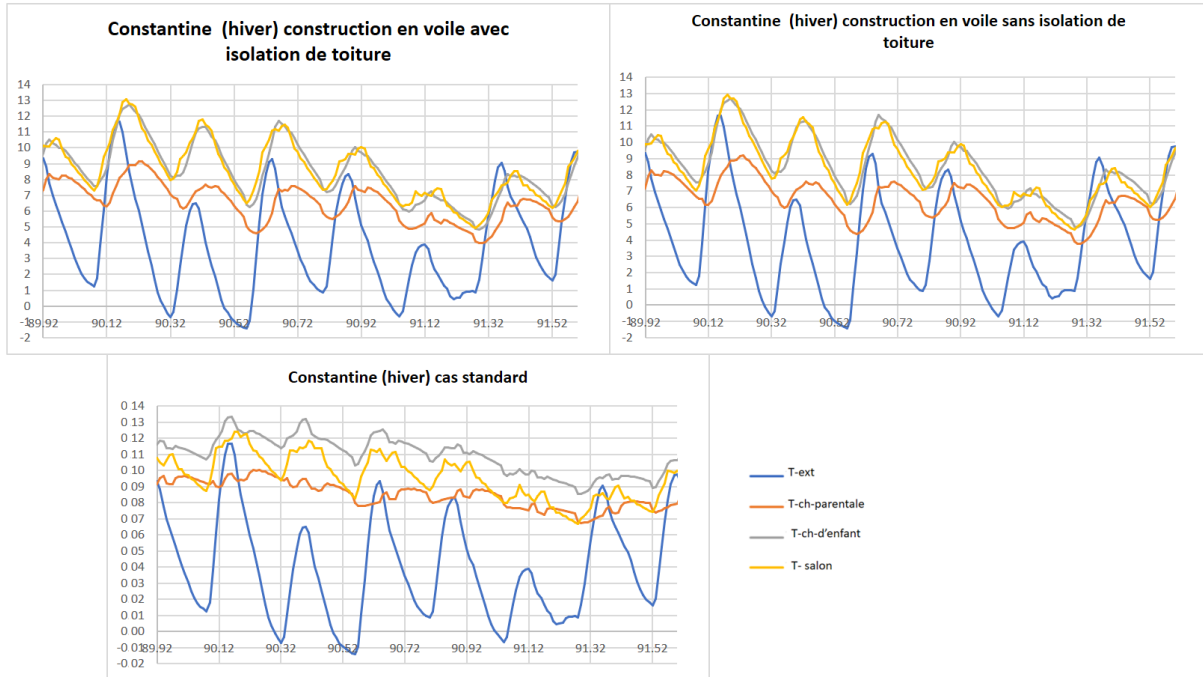


Figure 56 : Evaluation des températures intérieures de la maison (en cas standard & murs en voile en béton) pour la ville de Constantine, pendant la semaine hivernale la plus défavorable.

Dans la première configuration avec une double paroi en brique non isolée, les températures intérieures moyennes varient de 6,5°C à 13,5°C. Cela suggère que malgré l'absence d'isolation, la brique à double paroi offre une certaine atténuation des variations de température extérieure. Les températures intérieures restent relativement élevées en hiver, indiquant une capacité significative d'inertie thermique et de rétention de la chaleur accumulée, probablement due aux gains solaires.

Pour la deuxième configuration, utilisant un voile en béton sans isolation de toiture, les températures intérieures moyennes se situent entre 9°C et 18°C. Cette disposition montre des températures intérieures plus basses, soulignant que le béton, sans isolation, a une capacité limitée à retenir la chaleur, entraînant ainsi une plus grande perte thermique et des températures intérieures plus froides.

CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

La troisième configuration utilise également un voile en béton, mais avec une isolation de toiture en polystyrène de 10 cm, maintenant des températures intérieures moyennes entre 9,5°C et 18,5°C. Bien que légèrement plus élevées que celles de la deuxième configuration, cela montre que l'ajout d'une isolation de toiture entraîne une légère amélioration dans la rétention de la chaleur. Cependant, les températures intérieures restent inférieures à celles observées avec la construction en brique.

En comparant ces trois configurations, il est clair que la construction en double paroi en brique sans isolation maintienne des températures intérieures plus élevées en hiver grâce à sa capacité supérieure à retenir la chaleur accumulée. En revanche, le béton, même avec une isolation de toiture, montre des températures intérieures plus basses, soulignant sa moins bonne performance thermique. En conclusion, pour la période hivernale à Alger, la construction en double paroi en brique sans isolation offre une meilleure stabilité thermique et maintienne des températures intérieures plus confortables, ce qui est crucial pour le confort thermique comparé au béton, même avec isolation de toiture.



Figure 57 : Evaluation des températures intérieures de la maison (en cas standard & murs en voile en béton) pour la ville de Constantine, pendant la semaine estivale la plus défavorable.

Dans la première variante, utilisant une double paroi en brique sans isolation, les températures intérieures moyennes oscillent entre 25°C et 32,5°C. Cette construction montre que, bien que la double paroi en brique fournisse une certaine isolation

thermique, les températures intérieures restent relativement élevées, ce qui peut affecter le confort thermique pendant les périodes de chaleur intense.

La deuxième variante, utilisant un voile en béton sans isolation de toiture, présente des températures intérieures moyennes variant entre 25°C et 34°C. Comparée à la construction en brique, cette configuration montre des températures minimales plus basses, mais des températures maximales plus élevées, suggérant que le béton, bien que moins isolant que la brique, permet une meilleure dissipation de la chaleur accumulée pendant la journée, mais au coût d'une surchauffe plus importante.

La troisième variante, utilisant un voile en béton avec une isolation de toiture en polystyrène de 10 cm, montre des températures intérieures moyennes variant entre 25,5°C et 33,5°C. Cette configuration, tout en réduisant les températures maximales par rapport à la deuxième variante, montre que l'ajout d'une isolation de toiture permet d'améliorer la performance thermique globale du béton, en maintenant des températures intérieures plus stables et réduisant les pics de chaleur.

En comparant les trois variantes, il est évident que le choix du matériau de construction joue un rôle crucial dans la régulation thermique intérieure. La construction en brique offre une meilleure isolation thermique de base que le béton, maintenant des températures intérieures plus uniformes. Cependant, le béton, lorsqu'il est utilisé avec une isolation adéquate de la toiture, peut fournir une performance thermique comparable, voire meilleure, en termes de réduction des températures maximales. L'écart de température entre les variantes met en évidence l'importance de l'isolation de la toiture dans les constructions en béton, réduisant les variations de température et améliorant le confort intérieur.

En conclusion, bien que la construction en brique sans isolation montre une performance thermique relativement bonne, la combinaison du béton avec une isolation de toiture offre une meilleure solution pour maintenir un confort thermique optimal pendant la saison estivale à Constantine. Cette analyse souligne l'importance de l'isolation de la toiture et le potentiel des matériaux de construction pour améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments.

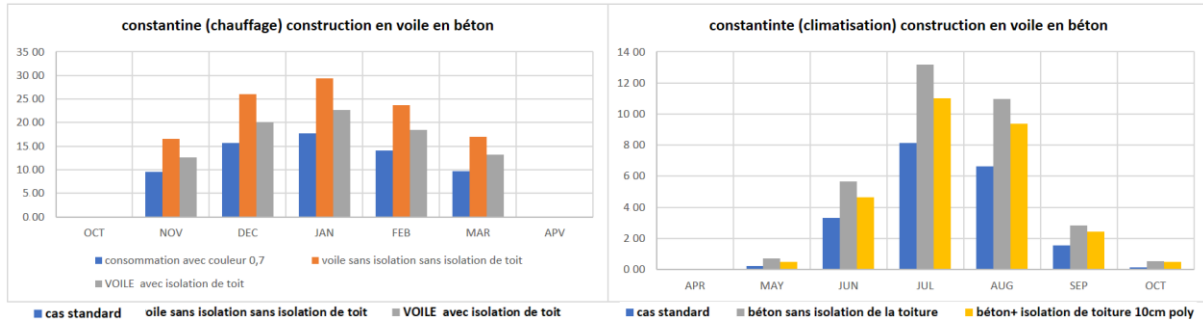


Figure 58 : Evaluation des besoins énergétiques de la maison (cas standard & murs en voile en béton) pour la ville de Constantine.

Pour la climatisation à Constantine, les besoins énergétiques varient significativement selon le matériau de construction et l'isolation de la toiture. La construction en brique sans isolation affiche des besoins énergétiques de 330,90 kWh en juin, 814,50 kWh en juillet et 664,00 kWh en août. En comparaison, l'utilisation de voiles en béton sans isolation augmente ces besoins à 352,00 kWh en juin, 901,10 kWh en juillet et 936,60 kWh en août. Lorsque le béton est associé à une isolation de toiture, ces besoins diminuent à 359,80 kWh en juin et 862,90 kWh en juillet, ce qui montre que l'isolation réduit les pertes de chaleur et améliore l'efficacité énergétique pendant les mois chauds.

Pour le chauffage, la brique sans isolation demande 1768,00 kWh en janvier et 1414,00 kWh en février, avec des besoins nuls de juin à septembre. En comparaison, le béton sans isolation nécessite 2166,00 kWh en janvier et 1744,00 kWh en février, avec une tendance similaire à des besoins nuls d'énergie de chauffage de juin à septembre. Cela suggère que la brique, grâce à sa meilleure capacité à retenir la chaleur, demande moins d'énergie pour le chauffage pendant les mois froids comparativement au béton.

En conclusion, ces données mettent en évidence l'importance critique du choix du matériau de construction et de l'isolation de la toiture à Constantine pour optimiser la consommation énergétique. Une bonne isolation de toiture peut significativement réduire les besoins énergétiques pour la climatisation en été et le chauffage en hiver, améliorant ainsi le confort intérieur tout en réduisant les coûts énergétiques et l'empreinte carbone du bâtiment.

CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

Tableau 42 : Evaluation des températures intérieurs de la maison selon l'isolation le type de matériau (en béton) pour les deux régions (Alger, Constantine), pendant la période hivernale.

	Alger	Constantine
Température (EXT)	1,54°C à 18°C	-1,43°C à 12°C
Température intérieure cas standard	11,5°C à 17°C	6,5°C à 13,5°C
Température intérieure avec construction en voile en béton +toiture sans isolation	9°C à 18°C	4°C à 13°C
Température intérieure avec construction en voile en béton +toiture avec isolation	9,5°C à 18,5°C	4,5°C à 13°C

Tableau 43 : Evaluation des températures intérieurs de la maison selon l'isolation le type de matériau (en béton) pour les deux régions (Alger, Constantine), pendant la période estivale.

	Alger	Constantine
Température (EXT)	20°C à 39°C	19°C à 41,5°C
Température intérieure cas standard	26,3°C à 31,5°C,	25°C à 32,5°C
Température intérieure avec construction en voile en béton +toiture sans isolation	25°C à 34°C	25,5°C à 34,5°C
Température intérieure avec construction en voile en béton +toiture avec isolation	25,5°C à 33,5°C	25°C à 33,5°C

Pour le chauffage, la construction en brique sans isolation se montre plus efficace que le béton sans isolation, nécessitant moins d'énergie pour maintenir des conditions intérieures agréables pendant les mois froids. La brique, avec sa capacité supérieure à retenir la chaleur, réduit la dépendance au chauffage électrique ou au gaz. L'ajout d'une isolation de toiture au béton est également bénéfique, bien que des données spécifiques ne soient pas disponibles pour tous les mois, en raison de l'amélioration générale de l'efficacité thermique qu'elle offre.

Pour la climatisation, l'utilisation de voiles en béton, même sans isolation, montre une légère augmentation des besoins énergétiques par rapport à une construction en brique

sans isolation. Cela suggère que le béton, en raison de sa capacité thermique plus élevée, retient davantage la chaleur et nécessite donc plus d'énergie pour la climatisation, surtout en été.

En revanche, l'ajout d'une isolation de toiture avec le béton réduit significativement les besoins énergétiques pour la climatisation, particulièrement visibles en juin et juillet, où les besoins énergétiques sont inférieurs par rapport au béton sans isolation. Cela indique que l'isolation de la toiture limite les pertes de chaleur par le haut du bâtiment, stabilisant ainsi les températures intérieures et réduisant la nécessité de recourir à la climatisation pour maintenir le confort.

En conclusion, ces résultats soulignent l'importance de choisir des matériaux de construction adaptés et d'investir dans une bonne isolation de toiture pour réduire la consommation énergétique liée à la climatisation et au chauffage à Alger. Cette approche non seulement économise de l'énergie et réduit les coûts, mais améliore également le confort intérieur en maintenant des températures plus stables tout au long de l'année, contribuant ainsi à un environnement intérieur plus agréable et durable.

3.2.3.3 Brique de Mono mur :

- Alger :

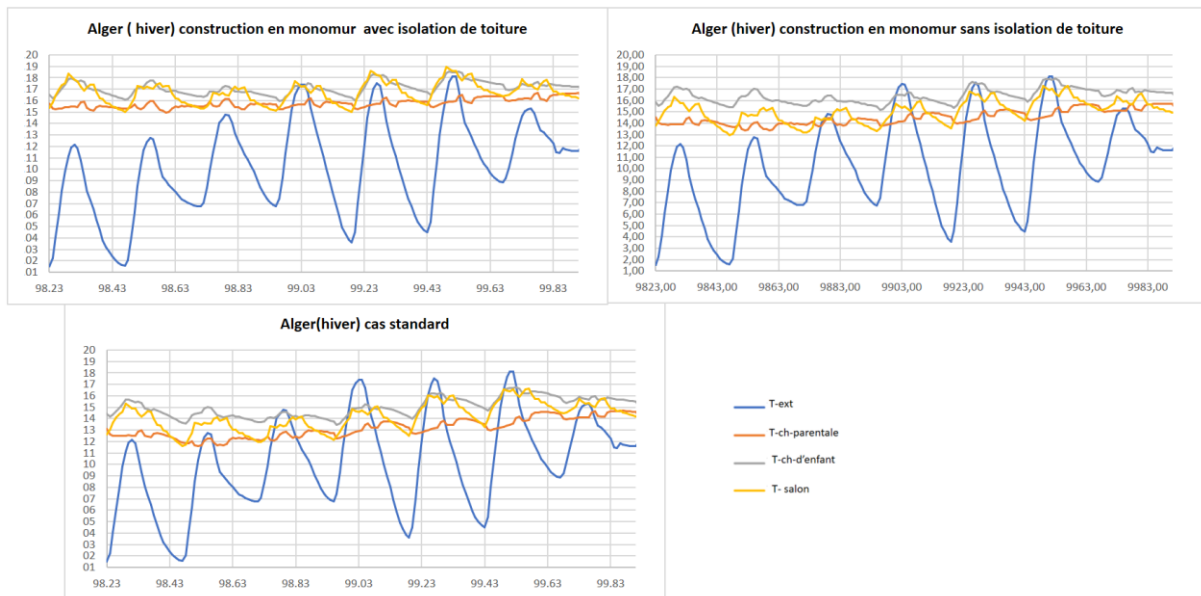


Figure 59 : Evaluation des températures intérieures de la maison (en cas standard & murs en Mono-mur) pour la ville d'Alger, pendant la semaine hivernale la plus défavorable.

CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

La construction en double paroi en brique sans isolation affiche des températures intérieures moyennes oscillant entre 11,5°C et 17°C. Cette variante démontre une capacité modérée à retenir la chaleur accumulée, maintenant des températures intérieures relativement élevées malgré les conditions extérieures plus froides.

En comparaison, le Mono-mur sans isolation de toiture présente des températures intérieures moyennes allant de 13°C à 18°C, montrant une plage similaire à celle de la brique en termes de régulation thermique. Cela suggère que le Mono-mur offre une performance thermique comparable à la brique pendant l'hiver, bien que sans avantage significatif en termes de rétention de chaleur sans l'ajout d'isolation supplémentaire au niveau de la toiture.

Ces observations indiquent que, pour maintenir des températures intérieures stables et confortables pendant la période hivernale à Alger, tant la brique en double paroi que le Mono-mur peuvent offrir des résultats similaires en l'absence d'isolation de toiture. Toutefois, l'ajout d'une isolation de toiture pourrait potentiellement améliorer la performance thermique des deux types de construction, réduisant ainsi la dépendance au chauffage et améliorant le confort thermique global de l'habitation.

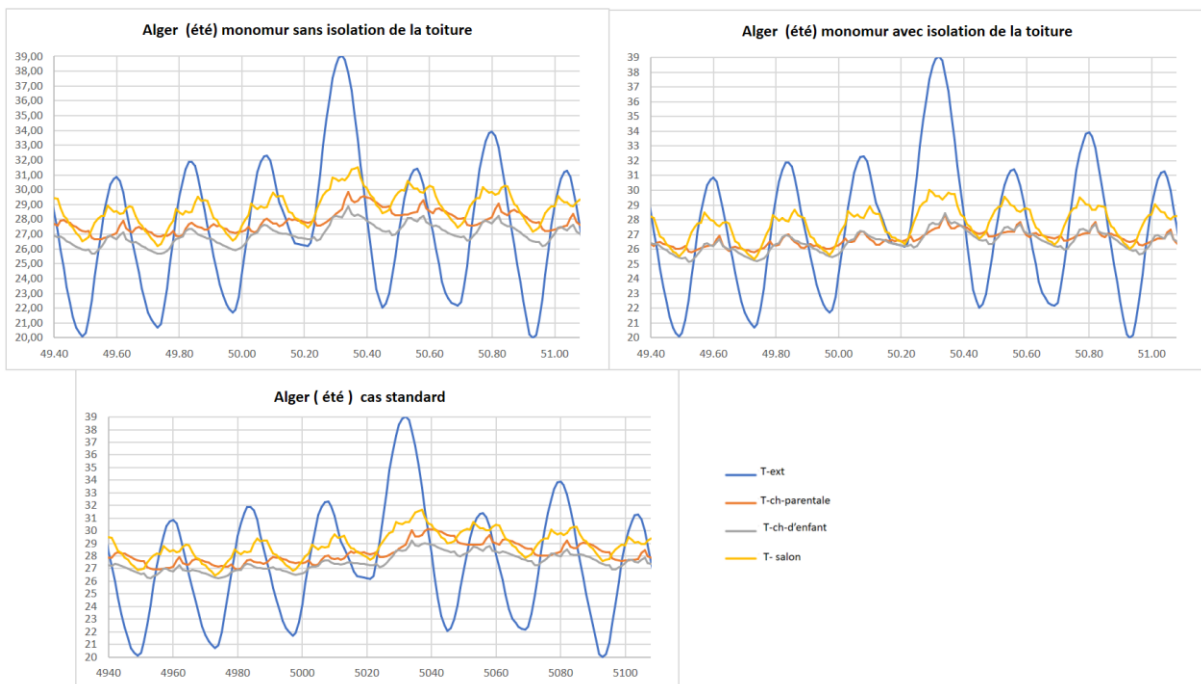


Figure 60 : Évaluation des températures intérieures de la maison (en cas standard & murs en Mono-mur) pour la ville d'Alger, pendant la semaine estivale la plus défavorable.

La construction en double paroi en brique sans isolation affiche des températures intérieures moyennes oscillant entre 26,3°C et 31,5°C. Cette variante montre une capacité

modérée à atténuer la chaleur extérieure, mais les températures intérieures restent relativement élevées en raison de la rétention de chaleur caractéristique de la brique.

En revanche, le Mono-mur, même sans isolation de toiture, présente des températures intérieures moyennes allant de 25°C à 31,5°C, montrant une plage similaire à celle de la brique en termes de régulation thermique. Cela suggère que le Mono-mur offre une alternative viable à la brique en termes de performance thermique de base, mais sans avantage significatif en termes de régulation thermique lorsqu'il n'est pas combiné à une isolation de toiture.

Enfin, la variante où le Mono-mur est équipé d'une isolation de toiture en polystyrène de 10 cm présente les températures intérieures moyennes les plus basses, variant entre 25°C et 29,5°C. Cette configuration illustre l'impact crucial de l'isolation de toiture, réduisant efficacement les transferts de chaleur par le toit et améliorant ainsi la stabilité thermique et le confort intérieur.

En conclusion, ces résultats soulignent que, bien que la brique et le Mono-mur puissent avoir des performances thermiques comparables sans isolation supplémentaire, l'ajout d'une isolation de toiture représente une différence significative en termes de régulation thermique et de confort intérieur.

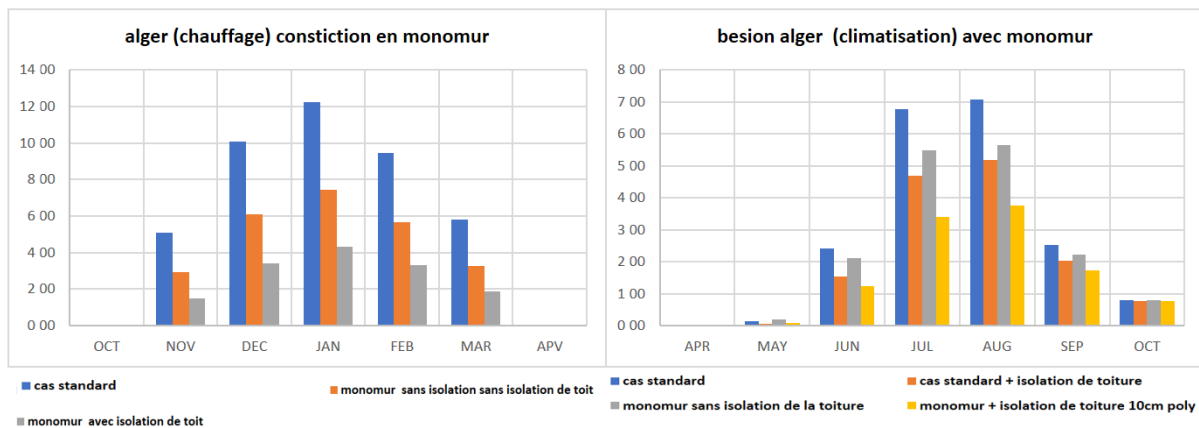


Figure 61 : Evaluation des besoins énergétiques de la maison (cas standard & murs en Mono-mur) pour la ville d'Alger.

Pour le chauffage, la brique sans isolation demande 1225,00 kWh en janvier et 945,50 kWh en février, avec une absence de besoin énergétique pendant les mois d'été. En comparaison, le Mono-mur sans isolation nécessite moins d'énergie pour le chauffage avec 744,20 kWh en janvier et 566,60 kWh en février, suggérant une meilleure isolation thermique comparée à la brique dans ce contexte.

CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

Lorsque le Mono-mur est équipé d'une isolation, les besoins en chauffage diminuent encore plus à 433,40 kWh en janvier et 330,90 kWh en février. Cette diminution substantielle montre clairement que l'isolation joue un rôle crucial dans la réduction des besoins énergétiques pour le chauffage, en maintenant des températures intérieures plus stables et confortables pendant les mois froids.

Pour la climatisation, la construction en brique sans isolation requiert 240,80 kWh en juin, jusqu'à 678,60 kWh en juillet, et 706,50 kWh en août. Cette configuration montre des besoins élevés en énergie pour maintenir des températures intérieures confortables pendant les mois chauds de l'été.

En revanche, l'utilisation de Mono-mur sans isolation réduit légèrement ces besoins à 210,60 kWh en juin et jusqu'à 548,60 kWh en juillet. Cela suggère que le Mono-mur, bien que nécessitant moins d'énergie que la brique sans isolation, présente encore des besoins significatifs pour la climatisation en raison de sa capacité thermique intrinsèque.

En ajoutant une isolation au Mono-mur, les besoins énergétiques pour la climatisation diminuent considérablement à 122,50 kWh en juin et 339,10 kWh en juillet. Cette réduction indique que l'isolation de la construction aide à limiter les échanges de chaleur avec l'extérieur, réduisant ainsi la nécessité d'une climatisation intensive pendant les mois chauds.

- Constantine :

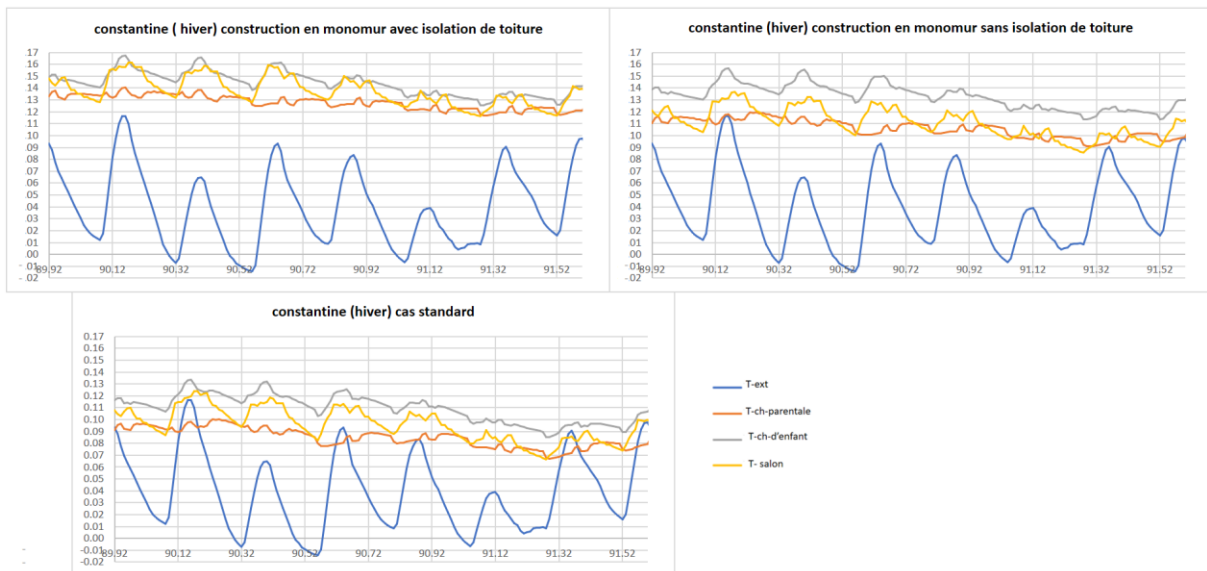


Figure 62 : Evaluation des températures intérieures de la maison (en cas standard & murs en Mono-mur) pour la ville de Constantine, pendant la semaine hivernale la plus défavorable.

CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

La construction en double paroi en brique affiche des températures intérieures moyennes oscillant entre 6,5°C et 13,5°C. Ce matériau démontre une capacité modérée à maintenir des températures intérieures relativement élevées malgré les conditions extérieures plus froides de l'hiver à Constantine.

En comparaison, le Mono-mur sans isolation de toiture présente des températures intérieures moyennes allant de 8,5°C à 16°C. Bien qu'un peu plus froides que celles de la brique, ces températures restent relativement stables grâce aux propriétés thermiques intrinsèques du Mono-mur.

Enfin, le Mono-mur avec isolation de toiture montre les températures intérieures moyennes les plus élevées, variant de 12°C à 16,5°C. Cette différence est attribuable à l'effet bénéfique de l'isolation de toiture en polystyrène de 10 cm, qui réduit les pertes de chaleur par le toit et améliore ainsi la rétention de chaleur à l'intérieur de l'habitation.

Ces observations mettent en lumière l'impact crucial du choix du matériau de construction sur le confort thermique pendant l'hiver à Constantine. Alors que la brique en double paroi offre une performance respectable, le Mono-mur avec isolation de toiture se distingue en maintenant des températures intérieures plus élevées et plus stables. Ainsi, pour optimiser à la fois l'efficacité énergétique et le confort thermique dans des climats froids comme celui de Constantine, il est essentiel de considérer non seulement le matériau de construction mais aussi l'ajout éventuel d'une isolation adéquate.

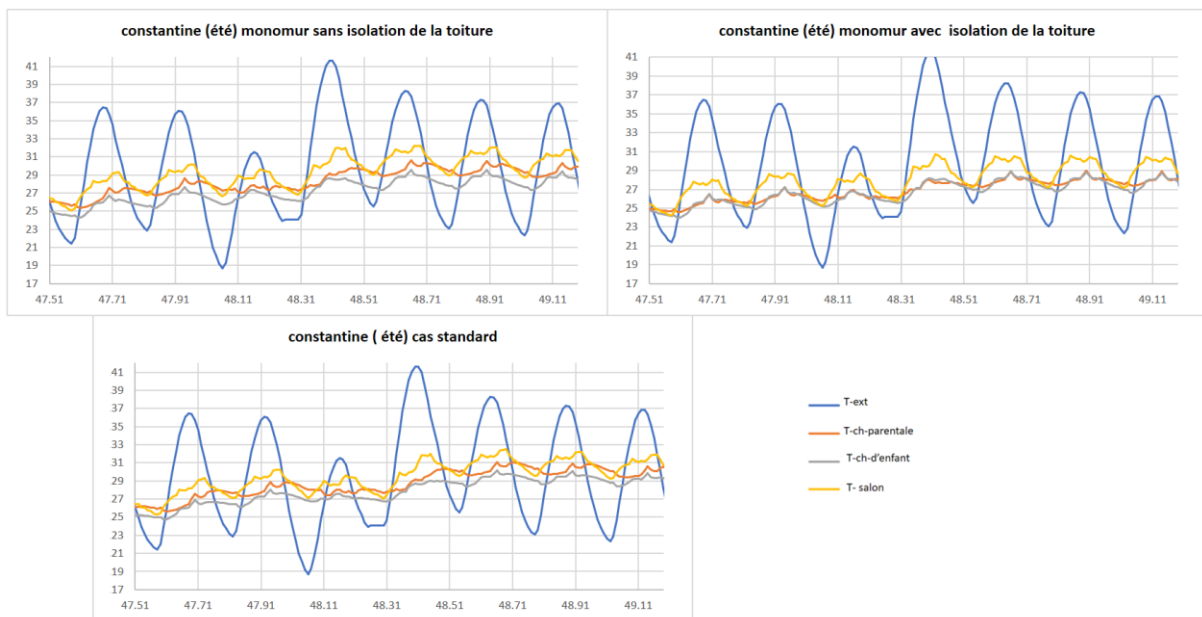


Figure 63 : Evaluation des températures intérieures de la maison (en cas standard & murs en Mono-mur) pour la ville de Constantine, pendant la semaine estivale la plus défavorable.

CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

Pour la climatisation, la construction en brique sans isolation requiert 240,80 kWh en juin, jusqu'à 678,60 kWh en juillet, et 706,50 kWh en août. Cette configuration montre des besoins élevés en énergie pour maintenir des températures intérieures confortables pendant les mois chauds de l'été.

En revanche, l'utilisation de Mono-mur sans isolation réduit légèrement ces besoins à 210,60 kWh en juin et jusqu'à 548,60 kWh en juillet. Cela suggère que le Mono-mur, bien que nécessitant moins d'énergie que la brique sans isolation, présente encore des besoins significatifs pour la climatisation en raison de sa capacité thermique intrinsèque.

En ajoutant une isolation au Mono-mur, les besoins énergétiques pour la climatisation diminuent considérablement à 122,50 kWh en juin et 339,10 kWh en juillet. Cette réduction indique que l'isolation de la construction aide à limiter les échanges de chaleur avec l'extérieur, réduisant ainsi la nécessité d'une climatisation intensive pendant les mois chauds.

Pour le chauffage, la brique sans isolation demande 1225,00 kWh en janvier et 945,50 kWh en février, avec une absence de besoin énergétique pendant les mois d'été. En comparaison, le Mono-mur sans isolation nécessite moins d'énergie pour le chauffage avec 744,20 kWh en janvier et 566,60 kWh en février, suggérant une meilleure isolation thermique comparée à la brique dans ce contexte.

Lorsque le Mono-mur est équipé d'une isolation, les besoins en chauffage diminuent encore plus à 433,40 kWh en janvier et 330,90 kWh en février. Cette diminution substantielle montre clairement que l'isolation joue un rôle crucial dans la réduction des besoins énergétiques pour le chauffage, en maintenant des températures intérieures plus stables et confortables pendant les mois froids.

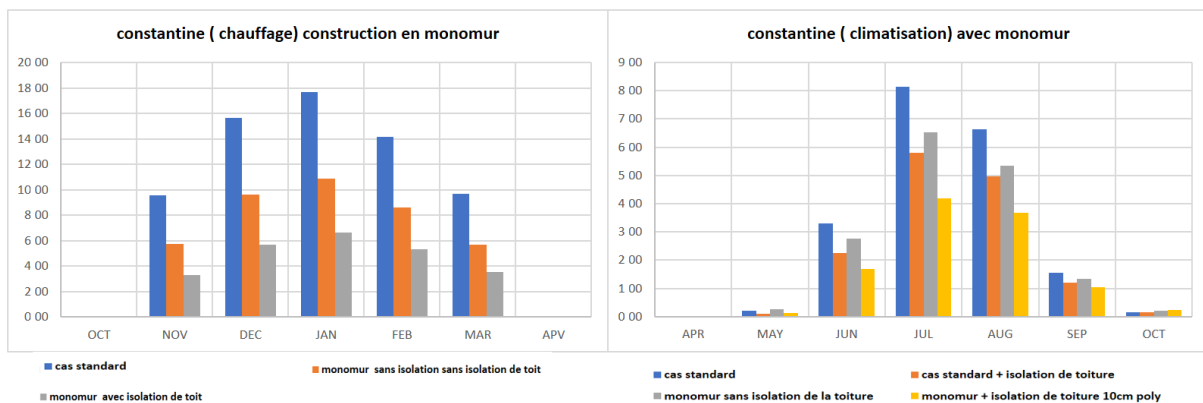


Figure 64 : Evaluation des besoins énergétiques de la maison (cas standard & murs en Mono-mur) pour la ville de Constantine.

CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

Lorsque le Mono-mur est équipé d'une isolation, les besoins énergétiques pour le chauffage diminuent encore plus, descendant à 661,20 kWh en janvier et 529,80 kWh en février. Cette diminution substantielle souligne l'efficacité accrue de l'isolation dans la réduction des pertes de chaleur et la conservation de la chaleur intérieure, ce qui est essentiel pour maintenir des conditions de confort thermique pendant les mois froids.

Pour la climatisation, la construction en brique sans isolation montre des besoins énergétiques relativement élevés avec 330,90 kWh en juin et jusqu'à 814,50 kWh en juillet. En comparaison, l'utilisation de Mono-mur sans isolation réduit légèrement ces besoins à 275,00 kWh en juin et 653,80 kWh en juillet. Cependant, l'ajout d'une isolation au Mono-mur entraîne une réduction significative des besoins énergétiques pour la climatisation, chutant à 169,70 kWh en juin et 418,00 kWh en juillet. Cela démontre clairement que l'isolation joue un rôle crucial en réduisant la dépendance à la climatisation, en maintenant des températures intérieures confortables et en minimisant la consommation d'énergie pendant les mois chauds.

En ce qui concerne le chauffage, la brique sans isolation nécessite des quantités substantielles d'énergie avec 1768,00 kWh en janvier et 1414,00 kWh en février. Cependant, la nécessité d'énergie pour le chauffage est nulle pendant les mois d'été, indiquant une bonne rétention de chaleur par la brique. En revanche, le Mono-mur sans isolation montre une amélioration significative avec seulement 1087,00 kWh en janvier et 862,10 kWh en février, suggérant une meilleure isolation thermique par rapport à la brique dans ce contexte.

Tableau 44 : Evaluation des températures intérieurs de la maison selon l'isolation le type de matériau (en Mono-mur) pour les deux régions (Alger, Constantine), pendant la période hivernale.

	Alger	Constantine
Température (EXT)	1,54°C à 18°C	-1,43°C à 12°C
Température intérieure cas standard	26,3°C à 31,5°C,	25°C à 32,5°C
Température intérieure avec construction en en Mono-mur +toiture sans isolation	25°C à 31,5 °C	24°C à 32°C
Température intérieure avec construction en Mono-mur +toiture avec isolation	25°C à 29,5°C	24°C à 30,5°C

CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

Tableau 45 : Evaluation des températures intérieures de la maison selon l'isolation le type de matériau (en Mono-mur) pour les deux régions (Alger, Constantine), pendant la période estivale.

	Alger	Constantine
Température (EXT)	20°C à 39°C	19°C à 41,5°C
Température intérieure cas standard	11,5°C à 17°C	6,5°C à 13,5°C
Température intérieure avec construction en Mono-mur +toiture sans isolation	13°C à 18°	8,5°C à 16 °C
Température intérieure avec construction en Mono-mur+toiture avec isolation	15°C à 19°C	12°C à 16,5 °C

En conclusion, ces résultats montrent que le choix judicieux du matériau de construction et de l'isolation peut significativement influencer les besoins énergétiques pour la climatisation et le chauffage à Constantine. Opter pour des matériaux comme le Mono-mur avec une bonne isolation peut non seulement réduire les coûts énergétiques associés mais aussi améliorer considérablement le confort thermique à long terme.

3.2.3.4 Abohe :

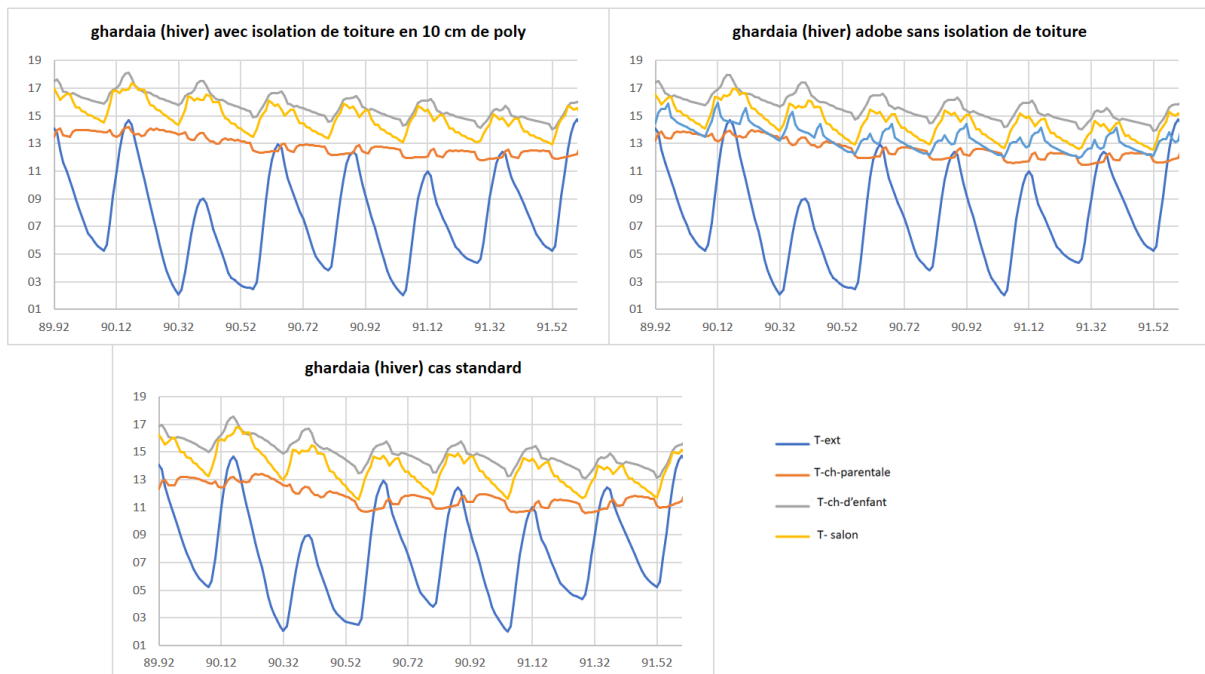


Figure 65 : Evaluation des températures intérieures de la maison (en cas standard & murs en Adobe) pour la ville de Ghardaïa, pendant la semaine hivernale la plus défavorable.

Dans la première variante, où une construction en double paroi en brique sans isolation est utilisée, les températures intérieures moyennes oscillent entre 10,5°C et 17,5°C, tandis que la température extérieure atteint 2,03°C. Cela montre que, sans isolation supplémentaire, la double paroi en brique permet de maintenir des températures intérieures relativement plus élevées que les températures extérieures. Toutefois, ces températures restent basses, suggérant un confort limité pendant l'hiver.

Pour la deuxième variante, où l'adobe est utilisé sans isolation de la toiture, les températures intérieures moyennes varient entre 12°C et 18°C. Comparée à la première variante, cette configuration montre une légère amélioration des températures intérieures, indiquant que l'adobe sans isolation de toiture offre une meilleure performance thermique que la double paroi en brique sans isolation, mais l'absence d'isolation de toiture réduit encore l'efficacité thermique globale.

La troisième variante, où l'adobe est utilisé avec une isolation de toiture en polystyrène de 10 cm, présente les températures intérieures moyennes les plus élevées, variant entre 12,5°C et 18,5°C. Cette configuration montre une amélioration notable par rapport aux deux premières variantes, avec une augmentation des températures intérieures de 1,5°C à 2°C en moyenne. L'isolation de la toiture joue un rôle crucial dans la rétention de la chaleur intérieure, démontrant son importance pour une gestion thermique efficace des bâtiments, même dans des climats plus froids.

En conclusion, la meilleure performance thermique pendant la saison hivernale est obtenue avec l'adobe et l'isolation de toiture. Cette variante permet de maintenir les températures intérieures les plus élevées, offrant ainsi un confort thermique supérieur pendant l'hiver à Ghardaïa.

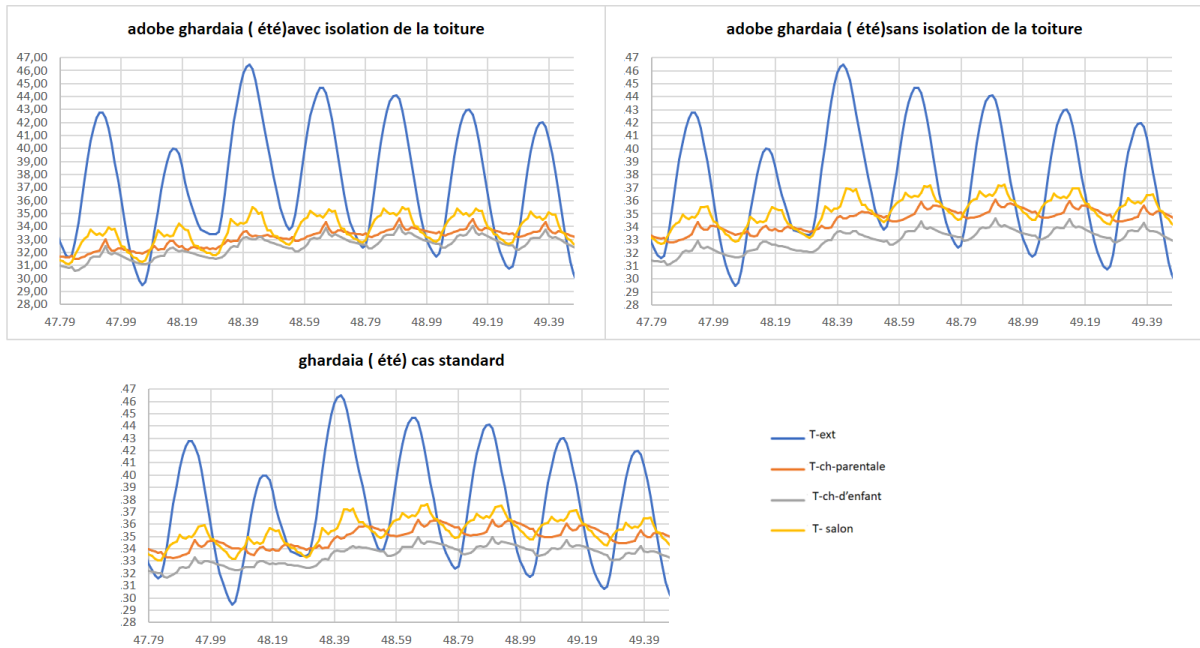


Figure 66 : Evaluation des températures intérieures de la maison (en cas standard & murs en Adobe) pour la ville de Ghardaïa, pendant la semaine estivale la plus défavorable.

Dans la première variante, où une construction en double paroi en brique sans isolation est utilisée, les températures intérieures moyennes oscillent entre 32°C et 37,5°C. Cela montre que, sans isolation supplémentaire, la double paroi en brique permet de maintenir les températures intérieures légèrement inférieures aux températures extérieures maximales, mais elles restent néanmoins élevées.

Pour la deuxième variante, où l'adobe est utilisé sans isolation de la toiture, les températures intérieures moyennes varient entre 31,5°C et 37,5°C. Comparée à la première variante, cette configuration ne montre pas d'amélioration significative des températures intérieures, suggérant que l'absence d'isolation de toiture réduit considérablement l'efficacité thermique de l'adobe.

La troisième variante, où l'adobe est utilisé avec une isolation de toiture en polystyrène de 10 cm, présente les températures intérieures moyennes les plus basses, variant entre 30,5°C et 35,5°C. Cette configuration montre une amélioration notable par rapport aux deux premières variantes, avec une réduction des températures intérieures de 1,5°C à 2°C en moyenne. L'isolation de la toiture joue un rôle crucial dans la réduction de la chaleur intérieure, démontrant son importance pour une gestion thermique efficace des bâtiments, surtout dans des climats très chauds.

En conclusion, la meilleure performance thermique est obtenue avec l'adobe et l'isolation de toiture. Cette variante permet de maintenir les températures intérieures les plus basses, offrant ainsi un confort thermique supérieur pendant la saison estivale à Ghardaïa.

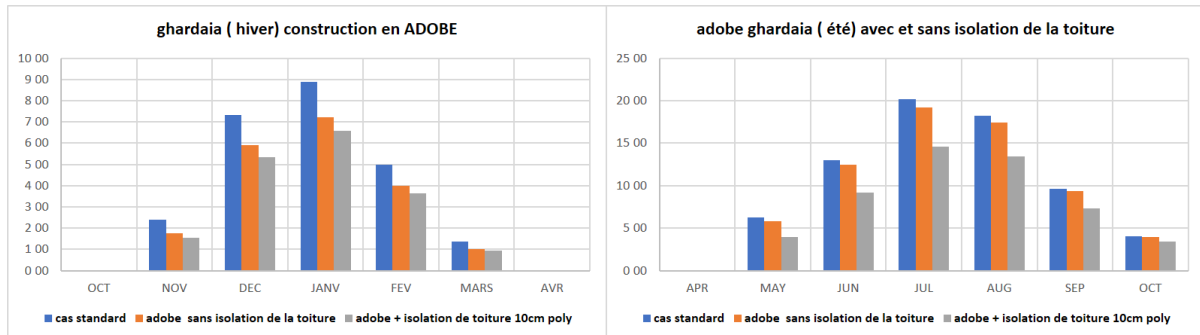


Figure 67 : Evaluation des besoins énergétiques de la maison (cas standard & murs en Adobe) pour la ville de Ghardaïa.

- **Besoin en chauffage :**

Les besoins énergétiques pour le chauffage à Ghardaïa varient de manière significative, dans la situation standard, les besoins en chauffage atteignent leur maximum en janvier avec 889,50 kWh et restent élevés en février avec 498,70 kWh. Ces besoins diminuent progressivement jusqu'à devenir nuls de juin à septembre, puis augmentent à nouveau en novembre avec 239,50 kWh et en décembre avec 732,40 kWh.

En utilisant l'adobe, les besoins en chauffage montrent une légère réduction. Ils atteignent leur maximum en janvier avec 720,90 kWh et restent élevés en février avec 399,50 kWh. Comme dans le cas standard, ces besoins diminuent progressivement jusqu'à devenir nuls de juin à septembre, puis augmentent à nouveau en novembre avec 175,50 kWh et en décembre avec 590,20 kWh.

Lorsque l'adobe est utilisé avec une isolation de la toiture, les besoins en chauffage sont encore plus réduits. Ils atteignent leur maximum en janvier avec 656,50 kWh et restent élevés en février avec 363,50 kWh. Ces besoins diminuent de la même manière jusqu'à devenir nuls de juin à septembre, puis augmentent à nouveau en novembre avec 154,70 kWh et en décembre avec 524,40 kWh.

- **Besoin en climatisation :**

Les besoins énergétiques pour la climatisation de la maison à Ghardaïa montrent une variabilité significative en fonction du type de matériau utilisé et de la présence ou non d'isolation de la toiture.

CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

Dans la situation standard, les besoins énergétiques sont de 621,50 kWh en mai, 1298,00 kWh en juin, 2016,00 kWh en juillet, 1819,00 kWh en août, 965,40 kWh en septembre, et 400,50 kWh en octobre. En utilisant l'adobe sans isolation, ces besoins diminuent légèrement à 577,00 kWh en mai, 1243,00 kWh en juin, 1923,00 kWh en juillet, 1745,00 kWh en août, 934,40 kWh en septembre, et 394,90 kWh en octobre.

Lorsque l'adobe est utilisé avec une isolation de la toiture, les besoins énergétiques pour la climatisation montrent une réduction encore plus substantielle, avec des valeurs de 396,00 kWh en mai, 920,40 kWh en juin, 1461,00 kWh en juillet, 1342,00 kWh en août, 730,80 kWh en septembre, et 340,50 kWh en octobre.

Tableau 46 : Evaluation des températures intérieures de la maison selon l'isolation le type de matériau (en Adobe) pour la ville de Ghardaïa.

	Hiver	Eté
Température (EXT)	2,03°C à 15°C	30°C à 46,5°C
Température intérieure cas standard	10,5°C à 17,5°C	32°C à 37,5°C
Température intérieure avec construction en en adobe +toiture sans isolation	12°C à 18°C	31,5°C à 37,5°C
Température intérieure avec construction en adobe +toiture avec isolation	12,5°C à 18,5°C	30,5°C à 35,5C

L'utilisation de l'adobe sans isolation réduit légèrement les besoins énergétiques pour la climatisation et le chauffage par rapport à la situation standard. L'adobe avec isolation de la toiture montre une réduction substantielle des besoins énergétiques, tant pour la climatisation que pour le chauffage, par rapport à la situation standard. Ces résultats démontrent l'importance de l'isolation pour améliorer l'efficacité énergétique.

Les résultats révèlent que l'utilisation de matériaux comme l'adobe, en particulier lorsqu'il est combiné avec une isolation de la toiture, peut significativement réduire les besoins énergétiques pour la climatisation et le chauffage à Ghardaïa. Cela souligne l'importance de choisir des matériaux de construction appropriés et d'incorporer des techniques d'isolation pour améliorer le confort thermique tout en minimisant la consommation énergétique.

En somme, l'adobe, surtout lorsqu'il est associé à une isolation de la toiture, contribue de manière significative à la réduction des besoins énergétiques pour le chauffage et la climatisation à Ghardaïa. Ces pratiques sont essentielles pour améliorer l'efficacité énergétique et le confort thermique des bâtiments.

3.2.3.5 BTS :

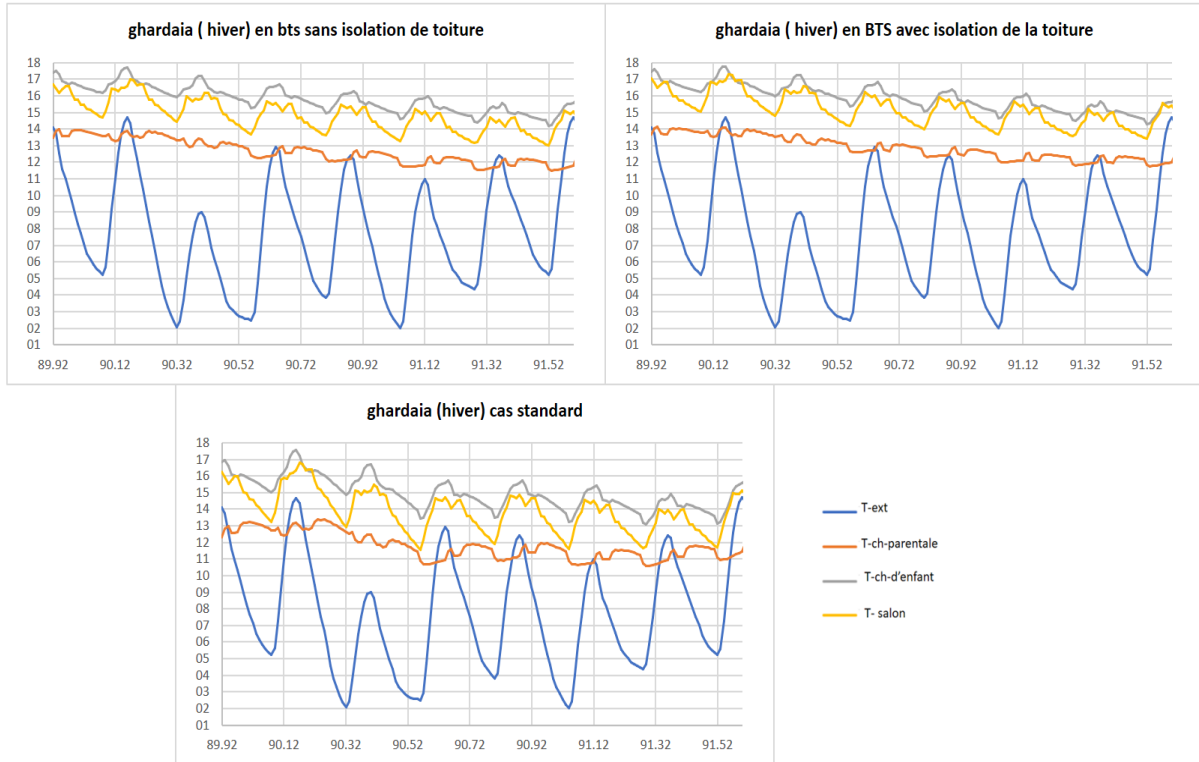


Figure 68 : Evaluation des températures intérieures de la maison (en cas standard & murs en BTS) pour la ville de Ghardaïa, pendant la semaine hivernale la plus défavorable.

Dans la première variante, où une construction en double paroi en brique sans isolation est utilisée, les températures intérieures moyennes oscillent entre 10,5°C et 17,5°C, tandis que la température extérieure atteint 2,03°C. Cela montre que, sans isolation supplémentaire, la double paroi en brique permet de maintenir des températures intérieures relativement plus élevées que les températures extérieures. Toutefois, ces températures restent basses, suggérant un confort limité pendant l'hiver.

Pour la deuxième variante, où la brique de terre stabilisée (BTS) est utilisée sans isolation de la toiture, les températures intérieures moyennes varient entre 12°C et 18°C. Comparée à la première variante, cette configuration montre une légère amélioration des températures intérieures, indiquant que la (BTS) sans isolation de toiture offre une

CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

meilleure performance thermique que la double paroi en brique sans isolation. Cependant, l'absence d'isolation de toiture réduit encore l'efficacité thermique globale. La troisième variante, où la brique de terre stabilisée (BTS) est utilisée avec une isolation de toiture en polystyrène de 10 cm, présente les températures intérieures moyennes les plus élevées, variant entre 12,5°C et 18,5°C. Cette configuration montre une amélioration notable par rapport aux deux premières variantes, avec une augmentation des températures intérieures de 1,5°C à 2°C en moyenne. L'isolation de la toiture joue un rôle crucial dans la rétention de la chaleur intérieure, démontrant son importance pour une gestion thermique efficace des bâtiments, même dans des climats plus froids. En conclusion, la meilleure performance thermique pendant la saison hivernale est obtenue avec la brique de terre stabilisée (BTS) et l'isolation de toiture. Cette variante permet de maintenir les températures intérieures les plus élevées, offrant ainsi un confort thermique supérieur pendant l'hiver à Ghardaïa.

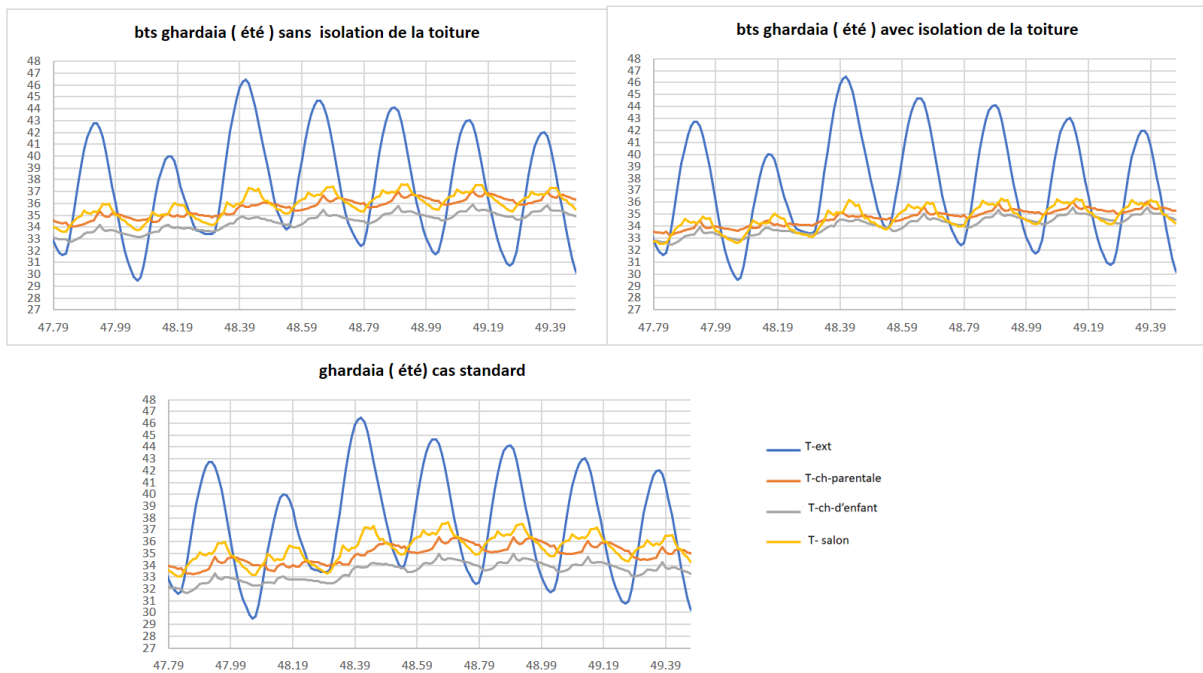


Figure 69 : Evaluation des températures intérieures de la maison (en cas standard & murs en BTS) pour la ville de Ghardaïa, pendant la semaine estivale la plus défavorable.

Dans la première variante, où une construction en double paroi en brique sans isolation est utilisée, les températures intérieures moyennes oscillent entre 32°C et 37,5°C. Cela montre que, sans isolation supplémentaire, la double paroi en brique permet de maintenir les températures intérieures légèrement inférieures aux températures extérieures maximales, mais elles restent néanmoins élevées.

CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

Pour la deuxième variante, où la brique de terre stabilisée (BTS) est utilisée sans isolation de la toiture, les températures intérieures moyennes varient entre 33,5°C et 37,5°C. On observe ici une légère surchauffe par rapport à la première variante, indiquant que l'utilisation de la BTS sans isolation de toiture n'est pas efficace pour réduire les températures intérieures pendant la saison estivale. Cette surchauffe est probablement due à la capacité thermique de la BTS, qui absorbe et conserve plus de chaleur sans une isolation adéquate.

La troisième variante, où la brique de terre stabilisée (BTS) est utilisée avec une isolation de toiture en polystyrène de 10 cm, présente les températures intérieures moyennes les plus basses, variant entre 30,5°C et 35,5°C. Cette configuration montre une amélioration notable par rapport aux deux premières variantes, avec une réduction des températures intérieures de 1,5°C à 2°C en moyenne par rapport à la variante sans isolation. L'isolation de la toiture joue un rôle crucial dans la réduction de la chaleur intérieure, démontrant son importance pour une gestion thermique efficace des bâtiments dans des climats très chauds.

En conclusion, la meilleure performance thermique est obtenue avec la brique de terre stabilisée (BTS) et l'isolation de toiture. Cette variante permet de maintenir les températures intérieures les plus basses, offrant ainsi un confort thermique supérieur pendant la saison estivale à Ghardaïa. La surchauffe observée dans la deuxième variante sans isolation souligne l'importance cruciale de l'isolation de la toiture pour prévenir l'accumulation de chaleur excessive dans les bâtiments.

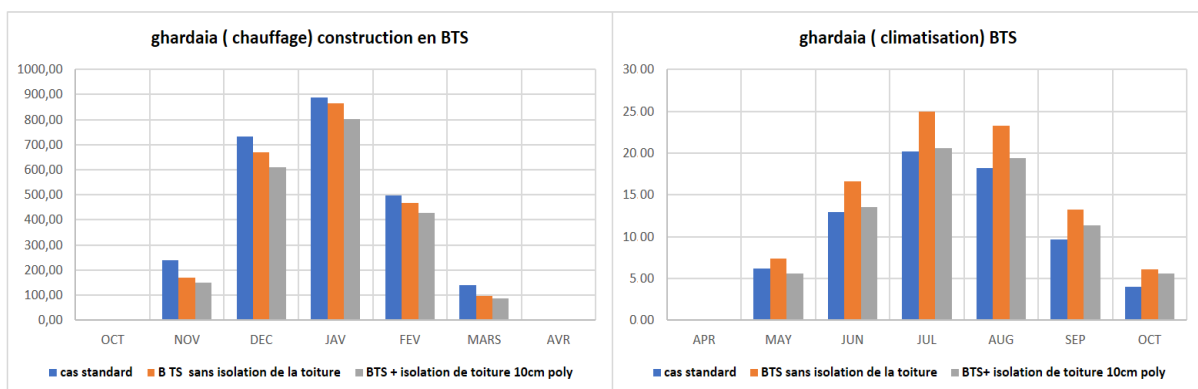


Figure 70 : Evaluation des besoins énergétiques de la maison (cas standard & murs en BTS) pour la ville de Ghardaïa.

- **Pour le Chauffage :**

Les besoins énergétiques pour le chauffage à Ghardaïa varient également en fonction des matériaux et de l'isolation utilisés. Dans la situation standard, les besoins en chauffage atteignent leur maximum en janvier avec 889,50 kWh et restent élevés en février avec 498,70 kWh. Ces besoins diminuent progressivement jusqu'à devenir nuls de juin à septembre, puis augmentent à nouveau en novembre avec 239,50 kWh et en décembre avec 732,40 kWh.

En utilisant la brique de terre stabilisée (BTS) sans isolation de la toiture, les besoins en chauffage montrent une légère réduction. Ils atteignent leur maximum en janvier avec 865,00 kWh et restent élevés en février avec 466,10 kWh. Comme dans le cas standard, ces besoins diminuent progressivement jusqu'à devenir nuls de juin à septembre, puis augmentent à nouveau en novembre avec 168,80 kWh et en décembre avec 669,10 kWh. Lorsque la BTS est utilisée avec une isolation de toiture, les besoins en chauffage montrent une réduction plus notable. Ils atteignent leur maximum en janvier avec 801,90 kWh et restent élevés en février avec 428,50 kWh. Ces besoins diminuent progressivement jusqu'à devenir nuls de juin à septembre, puis augmentent à nouveau en novembre avec 151,10 kWh et en décembre avec 608,80 kWh. L'isolation de la toiture contribue donc à une meilleure conservation de la chaleur intérieure, réduisant ainsi les besoins en énergie pour le chauffage.

- **Pour la Climatisation**

Les besoins énergétiques pour la climatisation à Ghardaïa montrent une variation importante selon les matériaux utilisés et l'isolation de la toiture. Dans la situation standard, les besoins en énergie sont de 621,50 kWh en mai, 1298,00 kWh en juin, 2016,00 kWh en juillet, 1819,00 kWh en août, 965,40 kWh en septembre, et 400,50 kWh en octobre.

Lorsqu'on utilise la brique de terre stabilisée (BTS) sans isolation de toiture, ces besoins augmentent légèrement à 732,70 kWh en mai, 1662,00 kWh en juin, 2500,00 kWh en juillet, 2328,00 kWh en août, 1328,00 kWh en septembre, et 606,30 kWh en octobre. Cette augmentation montre que l'absence d'isolation réduit l'efficacité énergétique, entraînant une hausse des besoins en climatisation.

En revanche, lorsque la BTS est utilisée avec une isolation de toiture en polystyrène de 10 cm, les besoins énergétiques pour la climatisation montrent une réduction substantielle.

CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

Les valeurs sont alors de 555,50 kWh en mai, 1353,00 kWh en juin, 2056,00 kWh en juillet, 1939,00 kWh en août, 1133,00 kWh en septembre, et 555,50 kWh en octobre. Cette configuration permet une meilleure régulation thermique, réduisant significativement les besoins en énergie pour la climatisation.

Tableau 47 : Evaluation des températures intérieures de la maison selon l'isolation le type de matériau (en BTS) pour la ville de Ghardaïa.

	Hiver	Eté
Température (EXT)	2,03°C à 15°C	30°C à 46,5 C°
Température intérieure cas standard	10,5°C à 17,5°C	32°C à 37,5°C
Température intérieure avec construction en BTS +toiture sans isolation	12°C à 18°C	33,5°C à 37,5°C
Température intérieure avec construction en BTS +toiture avec isolation	12,5°C à 18,5°C	32°C à 36,5C

Les résultats de simulation démontrent clairement l'impact significatif des matériaux de construction et de l'isolation sur les besoins énergétiques pour la climatisation et le chauffage à Ghardaïa. L'utilisation de la brique de terre stabilisée (BTS) sans isolation de toiture entraîne une augmentation des besoins énergétiques, notamment pour la climatisation, comparé à une construction en double paroi en brique sans isolation. Cependant, lorsque la BTS est utilisée avec une isolation de toiture en polystyrène de 10 cm, on observe une réduction substantielle des besoins énergétiques pour la climatisation et une meilleure performance thermique en hiver. Cette approche permet de maintenir des températures intérieures plus confortables, réduisant ainsi la consommation énergétique globale.

En conclusion, l'isolation de toiture combinée avec l'utilisation de la brique de terre stabilisée (BTS) s'avère être la meilleure stratégie pour améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments à Ghardaïa, tant en période estivale qu'hivernale. Cette solution permet non seulement de réduire les coûts énergétiques mais aussi de maximiser le confort thermique des occupants tout au long de l'année, en maintenant des températures intérieures plus stables et agréables.

3.2.4. Effet de l'isolation avec la Laine de verre :

Nous avons adopté une méthodologie similaire pour évaluer l'efficacité comparative de l'isolation en polystyrène et en laine de verre. Initialement, des simulations ont été menées pour déterminer l'épaisseur optimale de l'isolation de toiture, variant de 5 cm à 20 cm. Les résultats ont indiqué que 10 cm d'épaisseur offraient la meilleure performance en réduisant significativement les besoins en chauffage et climatisation. Par la suite, des simulations ont été réalisées en ajustant l'épaisseur de l'isolation murale (de 3 cm à 12 cm) selon les exigences climatiques locales : de 3 cm à 6 cm pour Alger, de 3 cm à 9 cm pour Constantine, où 12 cm s'est révélé être l'option optimale en termes d'efficacité énergétique.

Nos investigations ont révélé que l'isolation en laine de verre produit des résultats comparables à ceux obtenus avec le polystyrène dans nos simulations. Cette observation suggère que la laine de verre pourrait être une alternative efficace et avantageuse au polystyrène pour l'isolation thermique. En plus de ses performances thermiques équivalentes voire supérieures, la laine de verre présente des bénéfices tels qu'une meilleure résistance à l'humidité, une amélioration de l'isolation acoustique, une durabilité accrue, ainsi qu'une stabilité à long terme de ses propriétés isolantes. Par conséquent, envisager la substitution du polystyrène par de la laine de verre pourrait non seulement répondre aux exigences de réduction des besoins en chauffage et climatisation, mais également améliorer la qualité et la longévité des systèmes d'isolation dans divers contextes de construction.

- Alger :

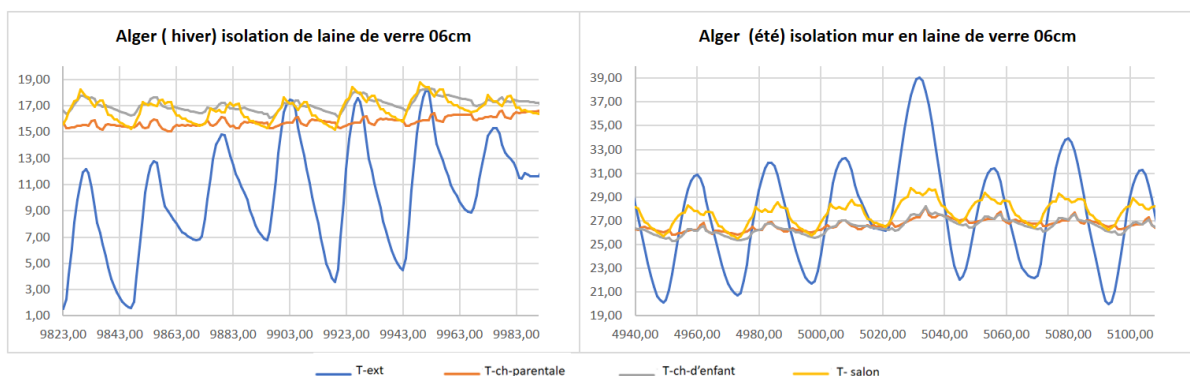


Figure 71 : Evaluation des températures intérieures de la maison (avec murs en laine de verre) pour la ville d'Alger, pendant les semaines hivernales et estivales les plus défavorables.

CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

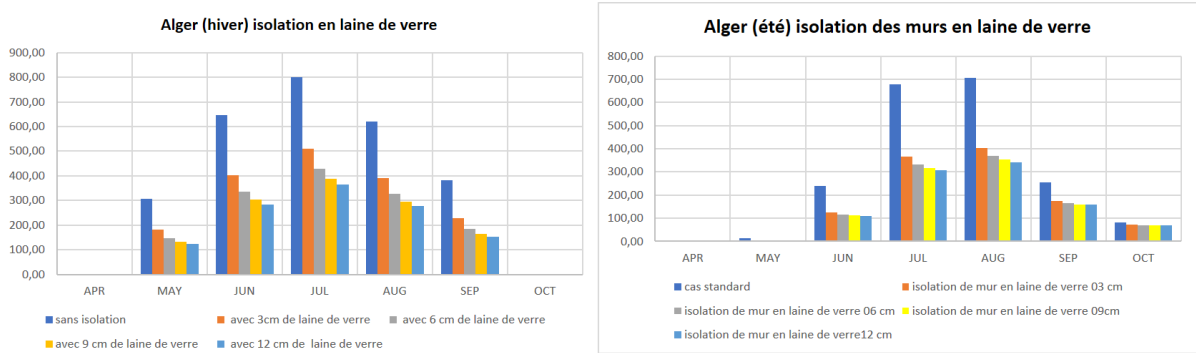


Figure 72 : Evaluation des besoins énergétiques de la maison (avec murs en laine de verre) pour la ville d'Alger.

- Constantine :

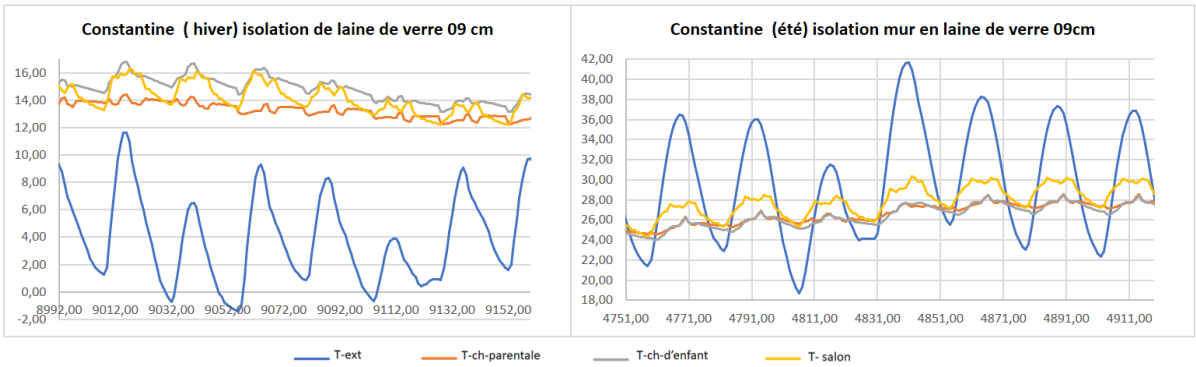


Figure 73 : Evaluation des températures intérieures de la maison (avec murs en laine de verre) pour la ville de Constantine, pendant les semaines hivernales et estivales les plus défavorables.

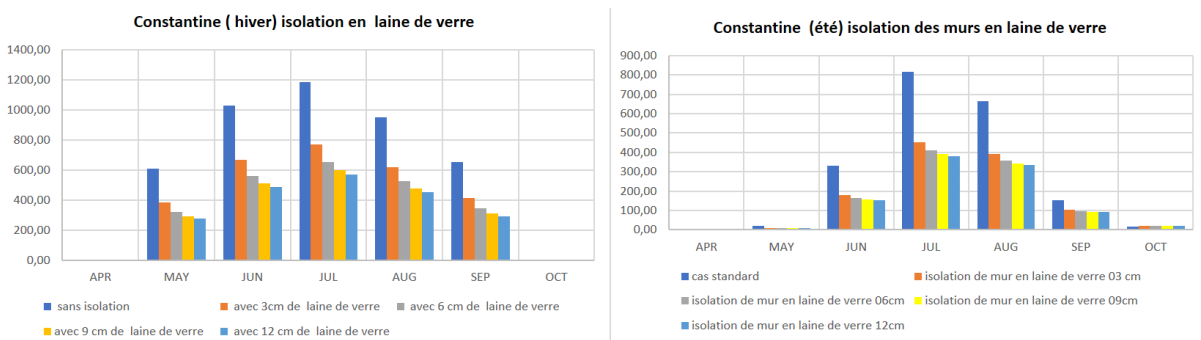


Figure 74 : Evaluation des besoins énergétiques de la maison (avec murs en laine de verre) pour la ville de Constantine.

3.2.5. Effet de couleur des parois sur l'évolution des températures intérieures ainsi que les besoins en chauffage et en climatisation :

3.2.5.1 Saison hivernale :

La ville d'Alger :

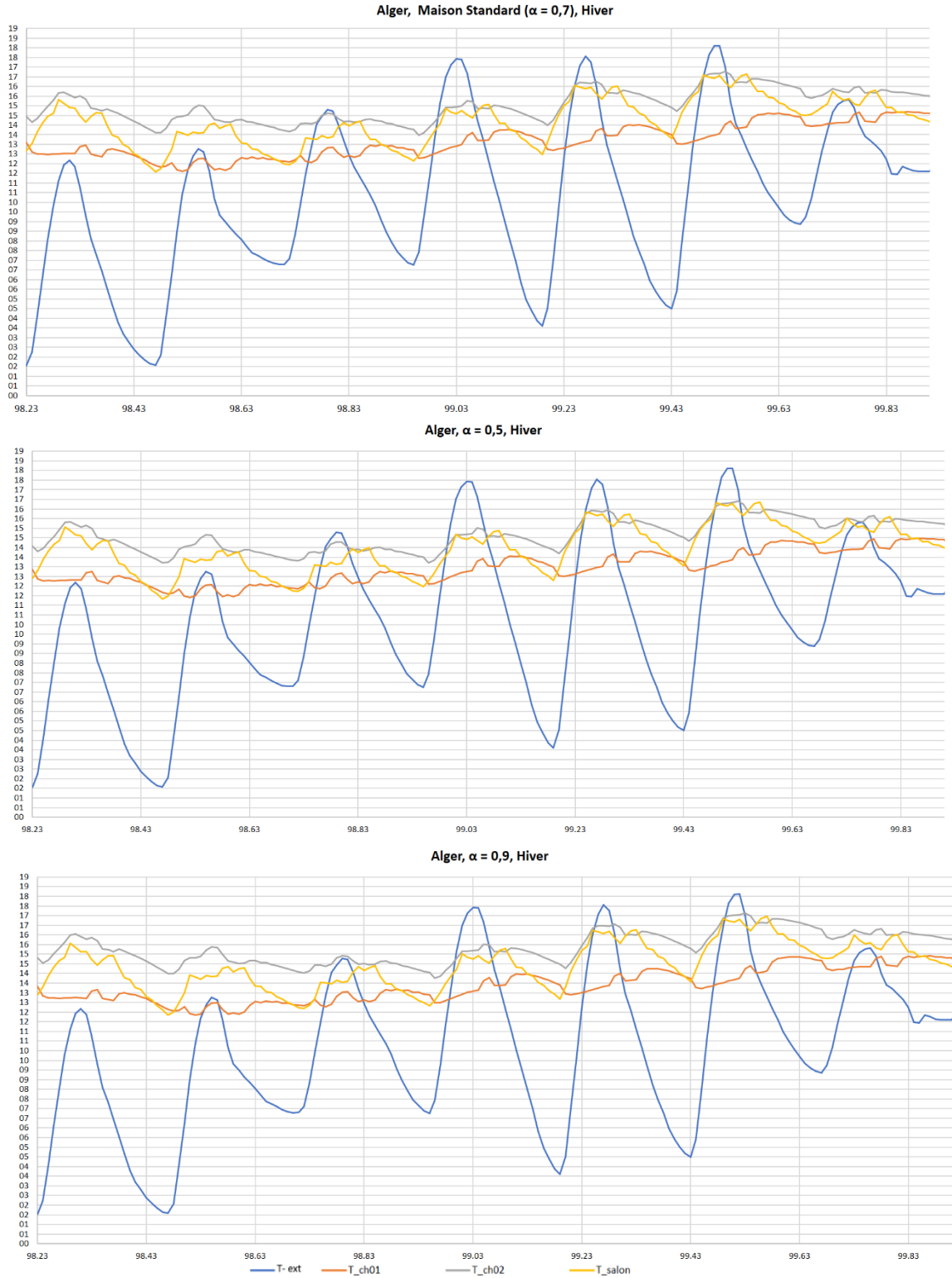


Figure 75 : Evaluation des températures intérieures de la maison selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour la ville d'Alger.

La ville de Constantine :

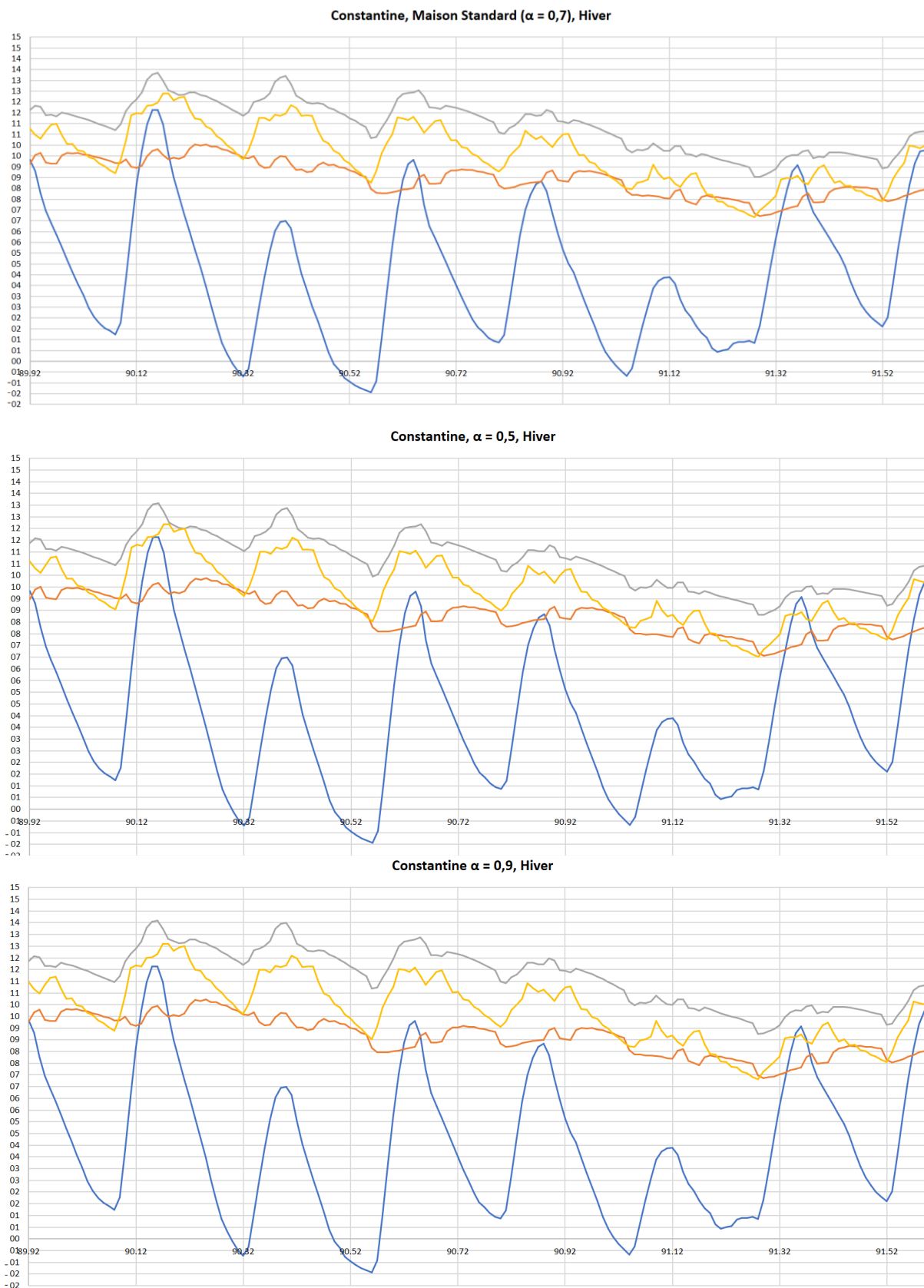


Figure 76 : Evaluation des températures intérieures de la maison selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour la ville de Constantine.

La ville de Ghardaïa :

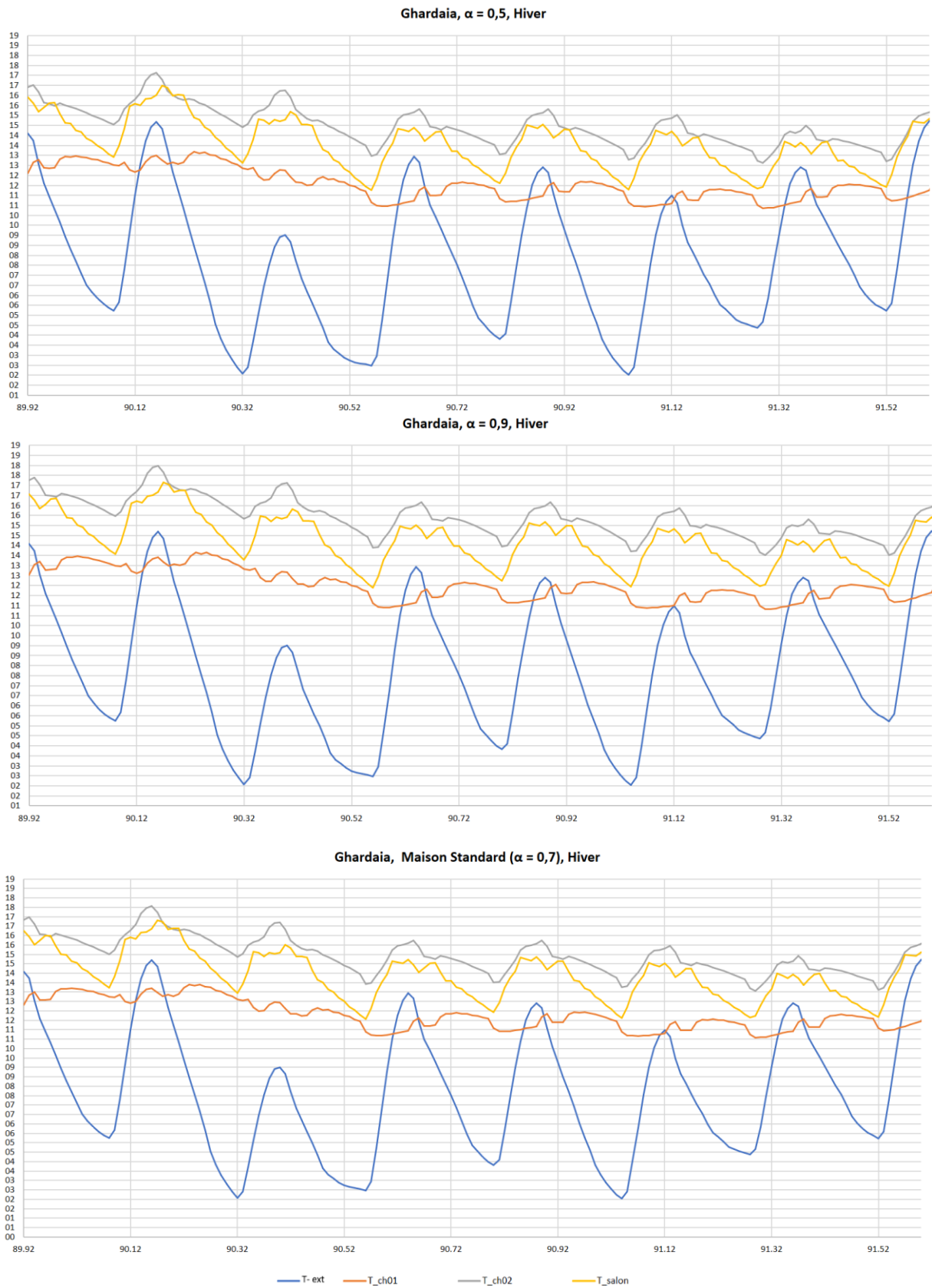


Figure 77 : Evaluation des températures intérieures de la maison selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour la ville de Ghardaïa.

CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

Tableau 48 : Evaluation des températures intérieures de la maison selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour les trois régions.

	Alger	Constantine	Ghardaïa
Température (EXT)	1,54 à 18°C	-1,43 à 12°C	2,03 à 15°C
Température intérieure $\alpha = 0,7$	11,5 à 17°C	6,5 à 13,5°C	10,5 à 17,5°C
Température intérieure $\alpha = 0,5$	11,5 à 16°C	6,5 à 13°C	10,5 à 17°C
Température intérieure $\alpha = 0,9$	12 à 17°C	7 à 13,9°C	10,5 à 17,5°C

Pendant la saison hivernale, nos simulations révèlent une variabilité significative des températures intérieures à travers différentes villes d'Algérie, influencée par les coefficients de réflexion solaire des façades. À Alger, par exemple, les températures intérieures moyennes varient de 11,5°C à 17°C avec une façade de couleur moyenne (coeff. 0,7), tandis qu'elles fluctuent entre 11,5°C et 16°C avec une façade claire (coeff. 0,5), et atteignent de 12°C à 17°C avec une façade foncée (coeff. 0,9). Les températures extérieures peuvent descendre jusqu'à 1,54°C dans certains cas.

À Constantine, les températures intérieures moyennes varient de 6,5°C à 13,5°C avec une façade de couleur moyenne (coeff. 0,7), comparativement à 6,5°C à 13°C avec une façade claire (coeff. 0,5), et de 7°C à 13,9°C avec une façade foncée (coeff. 0,9). Les températures extérieures peuvent descendre jusqu'à -1,43°C.

À Ghardaïa, les températures intérieures moyennes oscillent de 10,5°C à 17,5°C avec une façade de couleur moyenne (coeff. 0,7), contre 10,5°C à 17°C avec une façade claire (coeff. 0,5), et de 11°C à 18°C avec une façade foncée (coeff. 0,9). Les températures extérieures peuvent atteindre jusqu'à 2,03°C.

Ces résultats soulignent l'importance de la couleur foncée pour les façades (coeff. 0,9) pendant la saison hivernale pour leur capacité à capter efficacement la chaleur solaire et à réchauffer les espaces intérieurs. En absorbant davantage de rayonnement solaire, les façades foncées maintiennent des températures intérieures plus élevées, offrant ainsi un confort thermique accru aux occupants des bâtiments. Cette capacité à retenir la chaleur est particulièrement avantageuse où les températures extérieures peuvent être relativement basses. À savoir, à Constantine, les températures peuvent descendre jusqu'à

-2°C la nuit., contribuant ainsi à réduire la nécessité de recourir aux systèmes de chauffage et à améliorer l'efficacité énergétique globale des constructions.

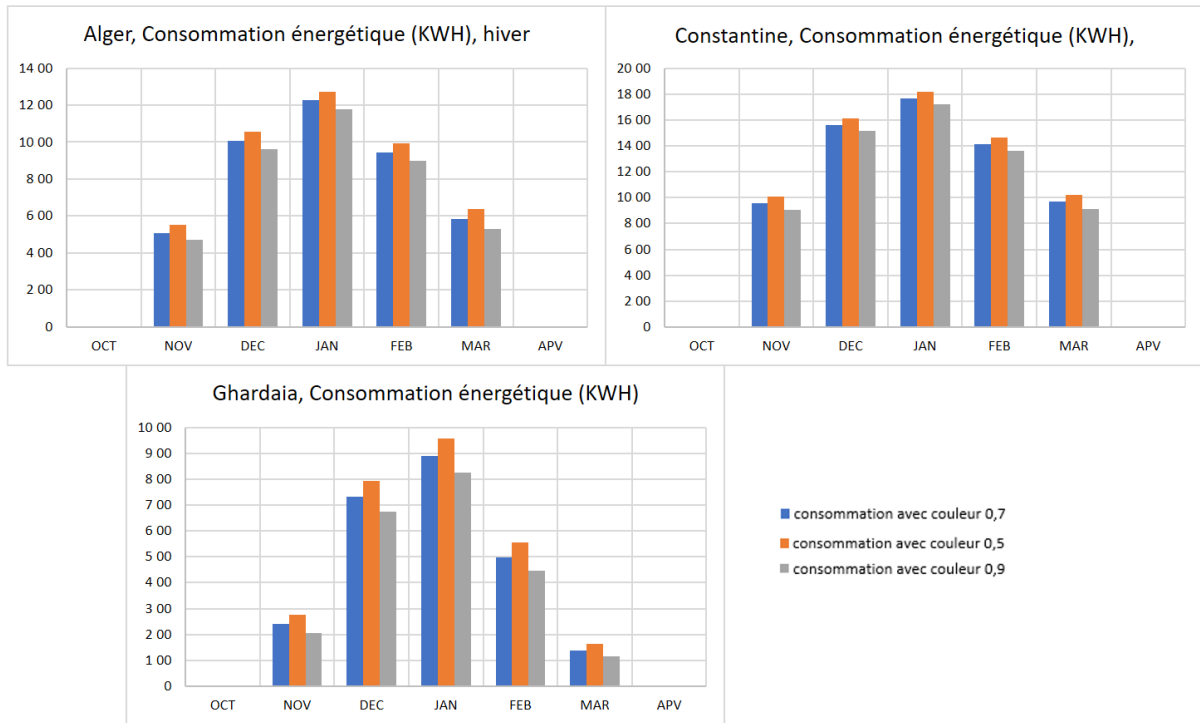


Tableau 49 : Evaluation des températures intérieures de la maison selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour les trois régions.

• **Besoin de Chauffage à Alger :**

Les façades de couleur moyenne (coeff. 0,7) nécessitent une quantité maximale de chauffage en janvier (1225,00 kWh) et restent élevées en février (945,50 kWh), tandis que les façades claires (coeff. 0,5) et foncées (coeff. 0,9) montrent des besoins similaires mais légèrement différents. Les façades claires atteignent un maximum de 1274,00 kWh en janvier et 994,00 kWh en février, alors que les façades foncées atteignent 1176,00 kWh en janvier et 897,80 kWh en février. Cependant, toutes les configurations diminuent progressivement jusqu'à des niveaux très bas vers avril, montrant une réduction de la demande de chauffage à mesure que les températures extérieures augmentent.

• **Besoin de Chauffage à Constantine :**

Les besoins en chauffage varient également en fonction de la couleur des façades. Les façades de couleur moyenne nécessitent le plus de climatisation en janvier (1768,00 kWh) et en février (1414,00 kWh), avec des valeurs qui diminuent progressivement jusqu'à 2,91 kWh en avril. Les façades claires montrent des besoins similaires mais légèrement plus

élevés en janvier (1818,00 kWh) et février (1364,00 kWh), diminuant jusqu'à 3,84 kWh en avril. Les façades foncées montrent des besoins en climatisation plus faibles mais stables au fil des mois d'hiver, avec 1719,00 kWh en janvier et 850,00 kWh en février, diminuant à 2,17 kWh en avril.

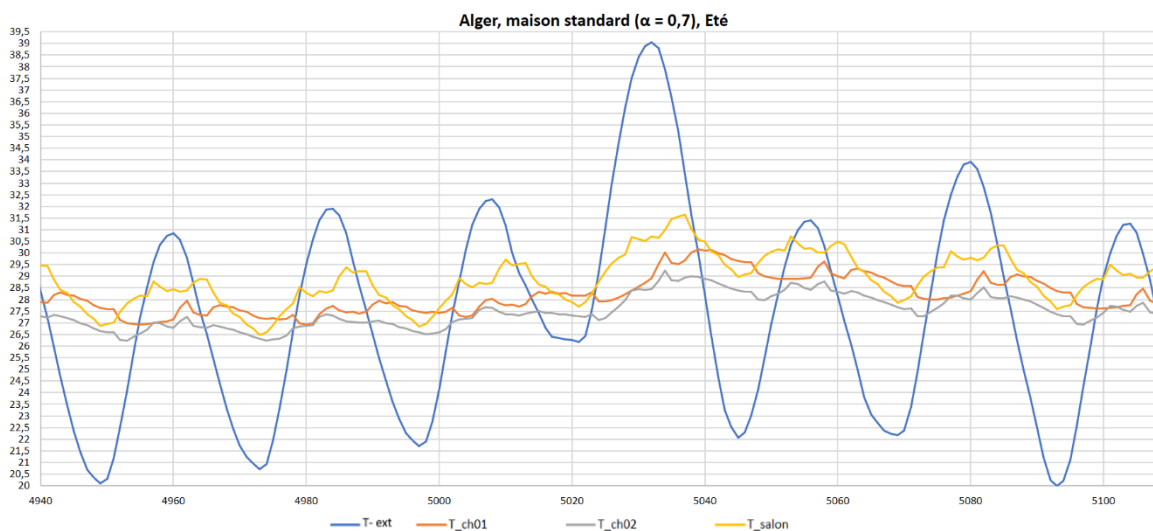
- **Besoin de Chauffage à Ghardaïa :**

Les résultats soulignent une variation notable des besoins en chauffage selon la couleur des façades. Les façades de couleur moyenne montrent des besoins en chauffage élevés en janvier (889,50 kWh) et février (498,70 kWh), diminuant ensuite à des niveaux presque nuls en avril. Les façades claires montrent des besoins légèrement plus élevés en janvier (957,70 kWh) et février (555,00 kWh), suivant une tendance similaire de diminution. Les façades foncées nécessitent moins de chauffage avec 823,80 kWh en janvier et 446,00 kWh en février, avec une diminution progressive similaire.

En conclusion, les façades de couleur foncée (coeff. 0,9) montrent des avantages distincts pendant la période hivernale, nécessitant généralement moins d'énergie pour le chauffage par rapport aux façades de couleur moyenne (coeff. 0,7) et claire (coeff. 0,5). Cela s'explique par leur capacité accrue à absorber et retenir la chaleur solaire, offrant ainsi un meilleur confort thermique sans dépendre autant des systèmes de chauffage conventionnels. Ces résultats mettent en lumière l'importance du choix de la couleur des façades dans la conception des bâtiments pour optimiser l'efficacité énergétique et le confort des occupants pendant les saisons froides.

3.2.5.2 Saison estivale :

La ville d'Alger :



CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

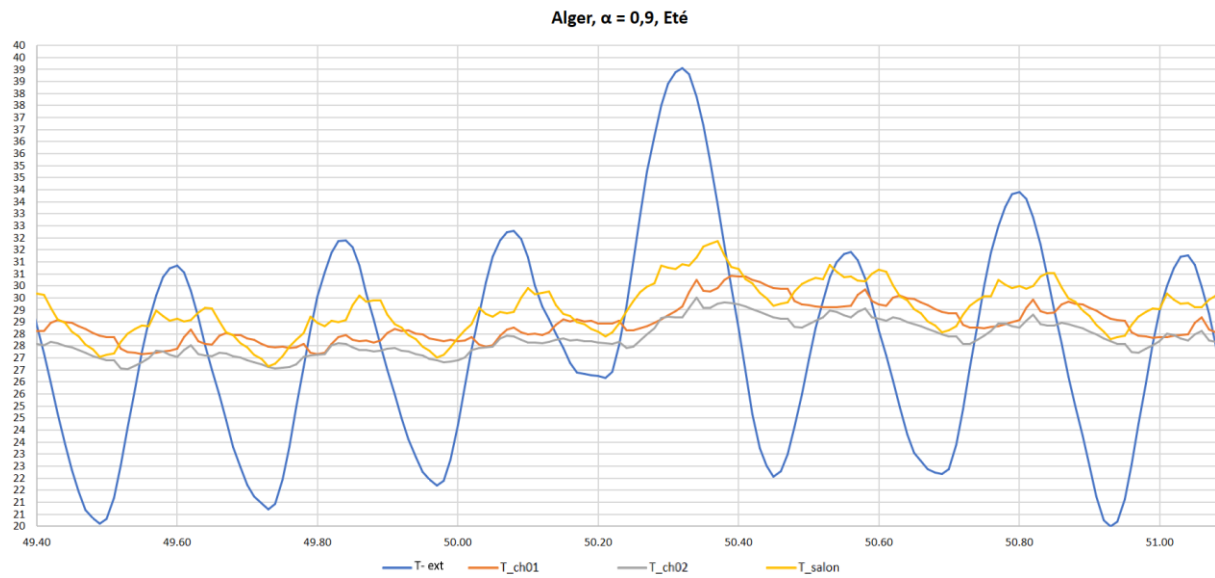
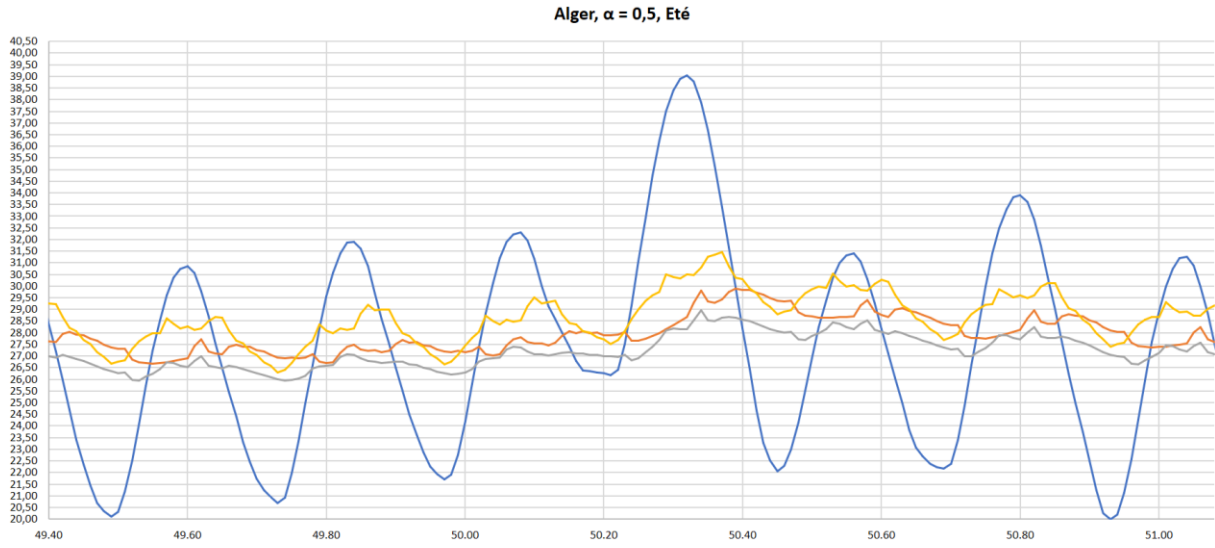
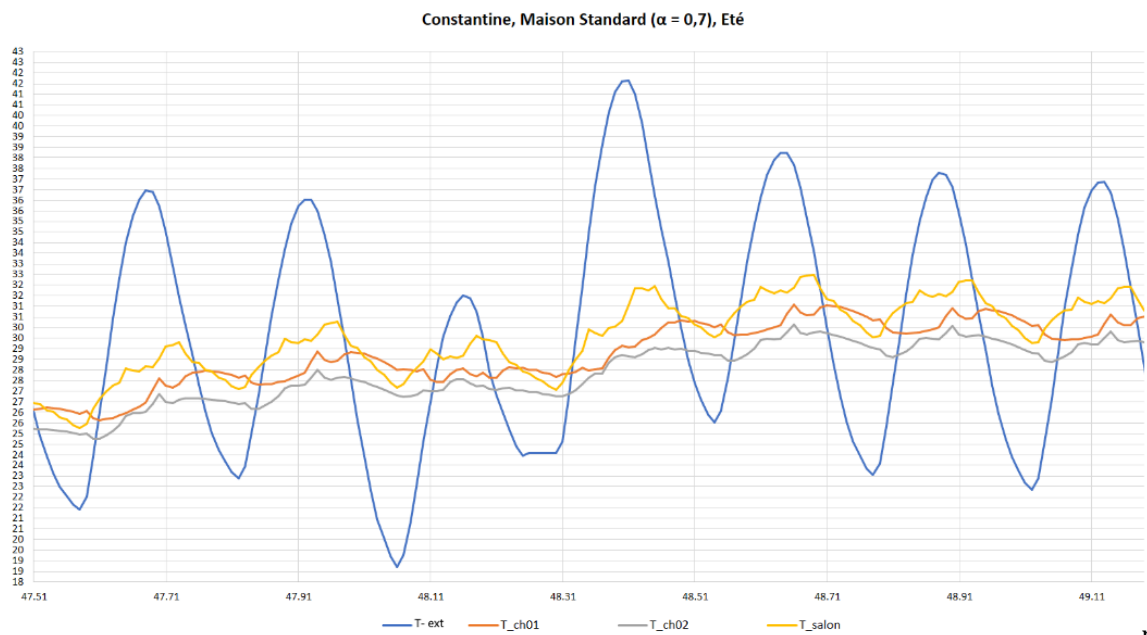


Figure 78 : Evaluation des températures intérieures de la maison selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour la ville d'Alger.

La ville de Constantine :



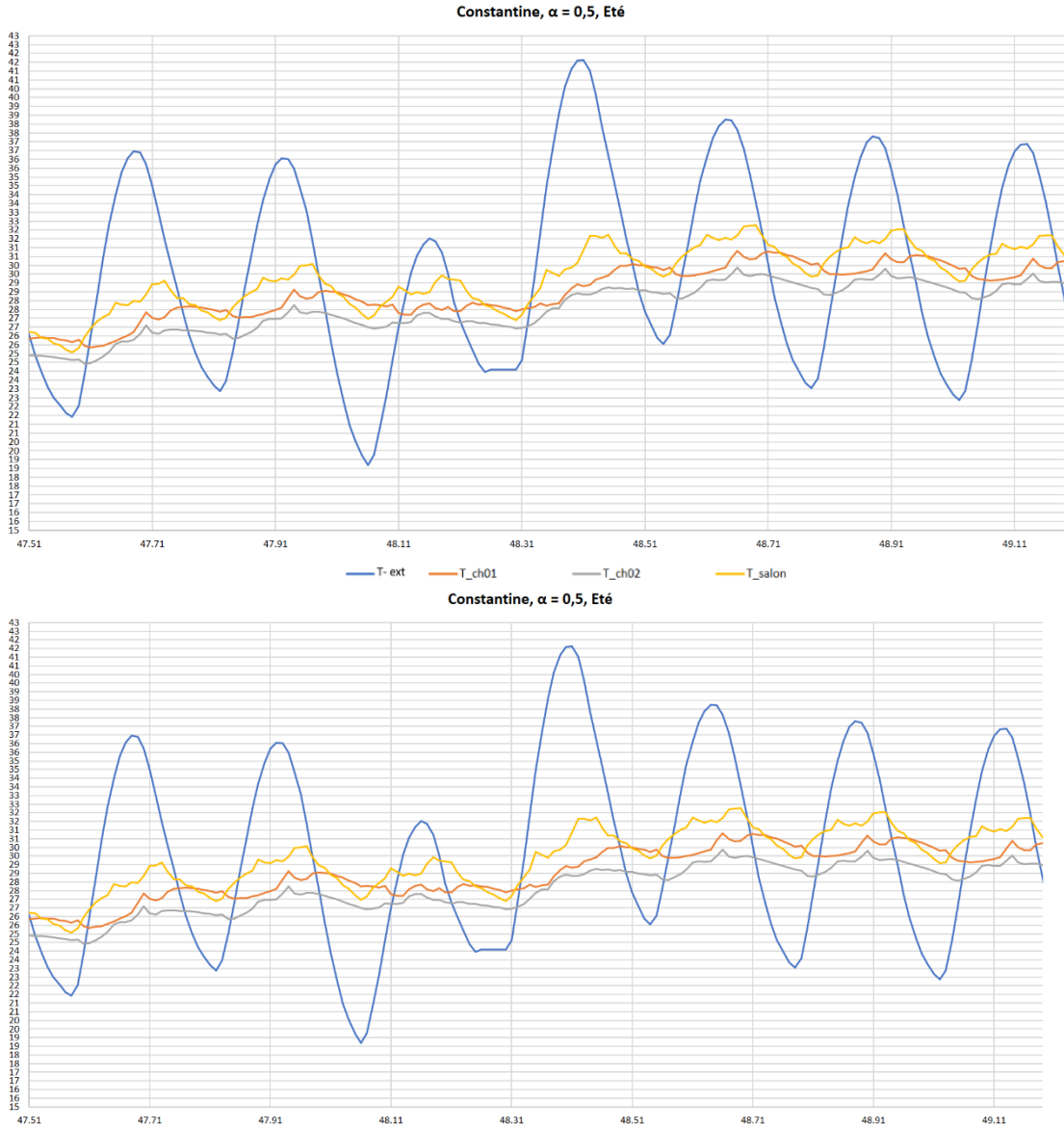
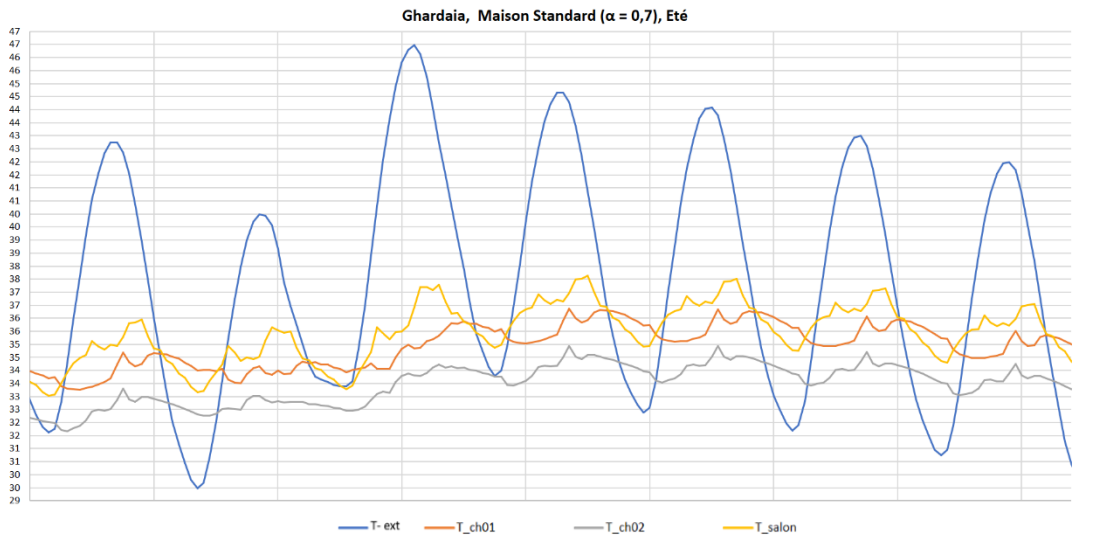


Figure 79 : Evaluation des températures intérieures de la maison selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour la ville de Constantine.

La ville de Ghardaïa :



CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

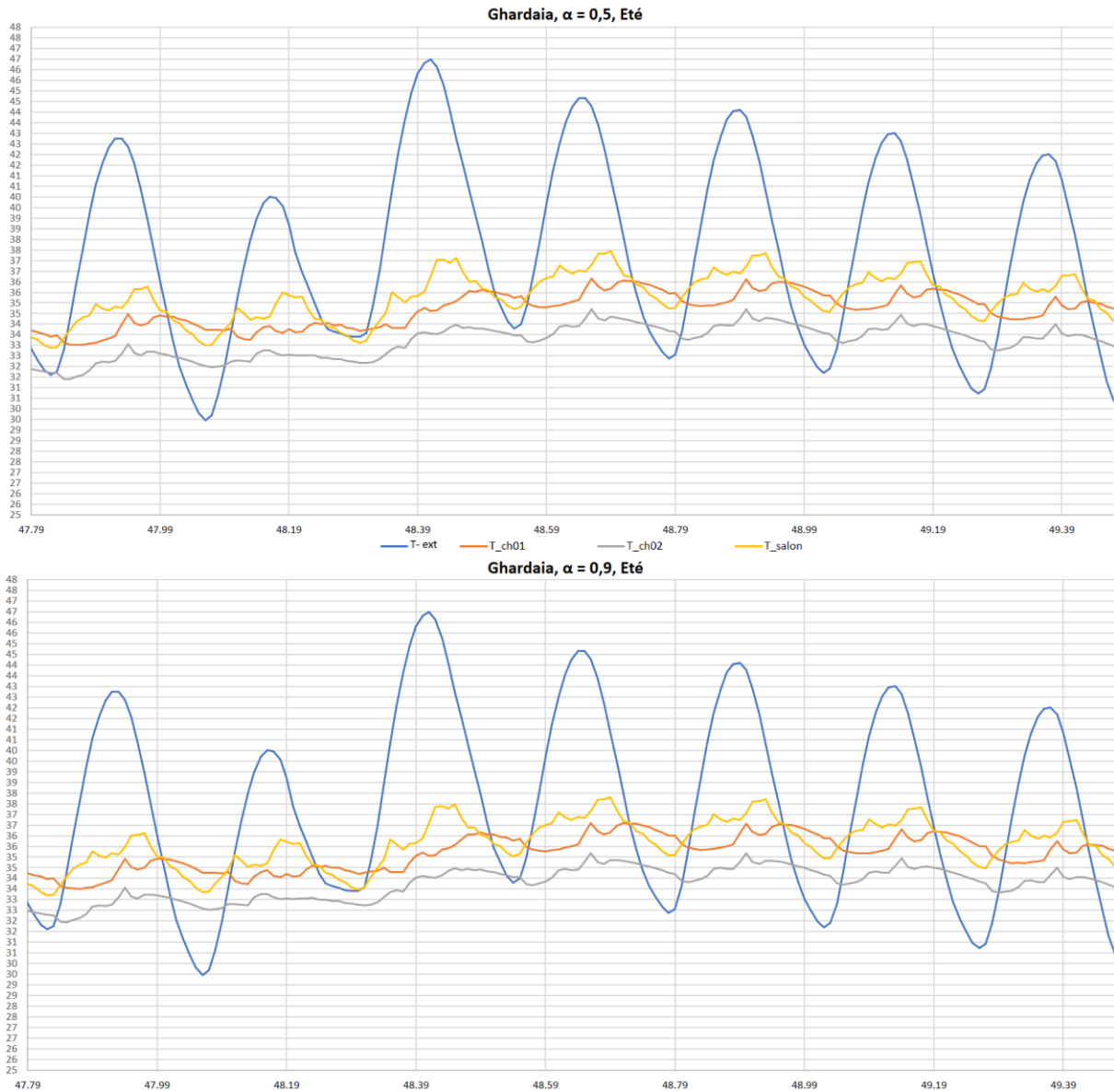


Figure 80 : Evaluation des températures intérieures de la maison selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour la ville de Ghardaïa.

Tableau 50 : Evaluation des températures intérieures de la maison selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour les trois régions.

	Alger	Constantine	Ghardaïa
Température (EXT)	39	41,5	46,5 °
Température intérieure $\alpha = 0,7$	26,3°C à 31,5°C,	25°C à 32,5°C	32°C à 37,5°C
Température intérieure $\alpha = 0,5$	26°C à 31,5°C	24,5°C à 32°C	31,5°C à 37,5°C
Température intérieure $\alpha = 0,9$	26,5°C à 32°C	26°C à 31°C	32,5°C à 38C

Les simulations effectuées révèlent une variabilité notable des températures intérieures à travers différentes villes d'Algérie pendant la saison estivale en fonction du coefficient de réflexion solaire appliqué sur les façades.

À Alger, par exemple, les températures intérieures moyennes varient de 26,3°C à 31,5°C avec une façade de couleur moyenne (coeff. 0,7), tandis qu'elles oscillent entre 26°C et 31,5°C avec une façade claire (coeff. 0,5), et atteignent de 26,5°C à 32°C avec une façade foncée (coeff. 0,9), avec des pointes extérieures pouvant aller jusqu'à 39°C. À Constantine, les températures intérieures moyennes varient de 25°C à 32,5°C avec une façade de couleur moyenne (coeff. 0,7), comparativement à 24,5°C à 32°C avec une façade claire (coeff. 0,5), et de 26,5°C à 31°C avec une façade foncée (coeff. 0,9), avec des pointes extérieures jusqu'à 39°C. À Ghardaïa, les températures intérieures moyennes oscillent de 32°C à 37,5°C avec une façade de couleur moyenne (coeff. 0,7), contre 31,5°C à 37,5°C avec une façade claire (coeff. 0,5), et de 32,5°C à 46,5°C avec une façade foncée (coeff. 0,9), avec des pointes extérieures atteignant 39°C.

Nos observations démontrent que les façades de couleur claire tendent à maintenir des températures intérieures légèrement inférieures lors des périodes de forte insolation, en réfléchissant une plus grande proportion du rayonnement solaire incident, limitant ainsi l'absorption et la transmission de chaleur à l'intérieur des espaces habités.

À l'inverse, les façades de couleur foncée induisent des températures intérieures plus élevées, particulièrement pendant les périodes de chaleur intense, en raison de leur capacité accrue à absorber le rayonnement solaire.

Afin d'optimiser le confort thermique et de réduire la consommation énergétique des bâtiments, il est recommandé de privilégier l'utilisation de façades de couleur claire. Cette stratégie non seulement atténue l'impact des conditions climatiques extrêmes mais aussi réduit la nécessité de recourir aux systèmes de climatisation, contribuant ainsi à maintenir des conditions intérieures plus agréables et stables tout au long de l'année.

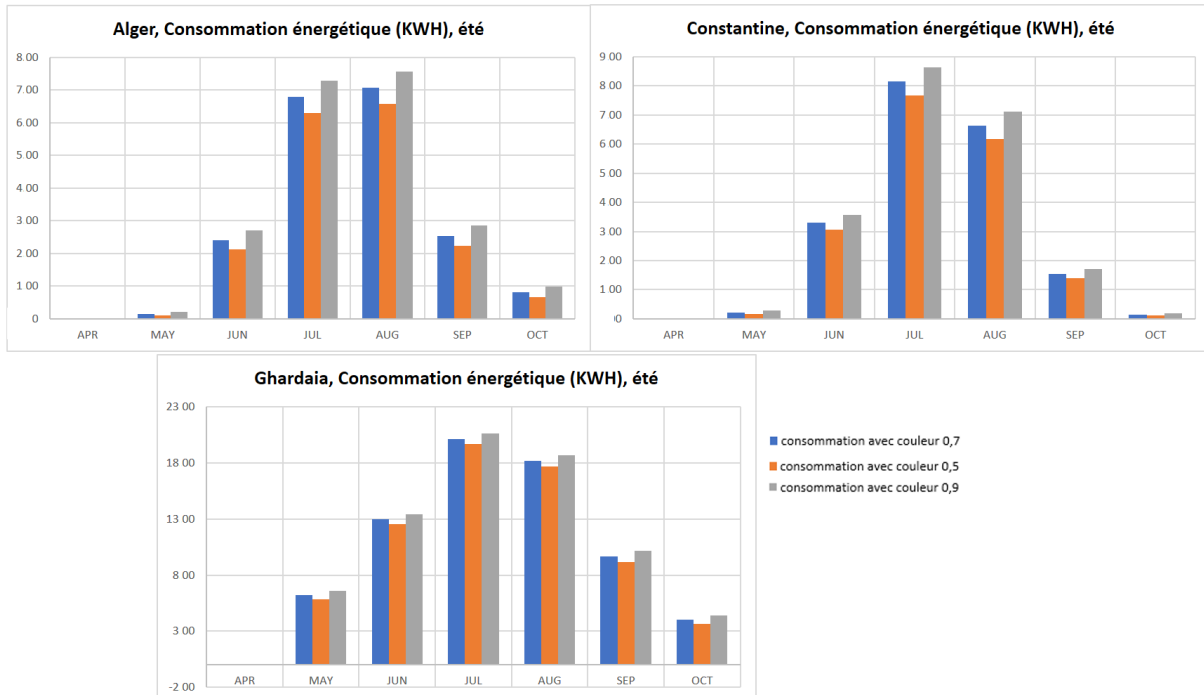


Figure 81 : L'évolution des besoins en énergie pour la climatisation de la maison (avec effet de couleurs) pour les trois régions (Alger, Constantine et Ghardaia).

- **Besoin de climatisation à Alger :**

Les besoins en climatisation, influencés par la couleur des façades, se présentent comme suit : Avec une façade de couleur moyenne (coeff. 0,7) : Mai : 15,04 kWh, Juin : 240,80 kWh, Juillet : 678,60kWh, Août : 706,50 kWh, Septembre : 253,40kWh, Octobre : 81,19kWh. Mais Avec une façade claire (coeff. 0,5) : Mai : 11,03 kWh, Juin : 213,40 kWh, Juillet : 629,60kWh, Août : 656,90kWh, Septembre : 223,90. kWh Octobre :66,62 kWh, tandis qu'avec une façade foncée (coeff. 0,9) : Mai : 20,26 kWh, Juin : 269,90 kWh, Juillet : 727,80 kWh, Août : 755,80 kWh, Septembre : 285,70 kWh, Octobre : 97,75 kWh.

- **Besoin de climatisation à Constantine :**

Les besoins en climatisation, influencés par la couleur des façades, se présentent comme suit : Avec une façade de couleur moyenne (coeff. 0,7) : Mai : 21,69 kWh, Juin : 330,90 kWh, Juillet : 814,50 kWh, Août : 664,00kWh, Septembre : 154,70kWh, Octobre : 14,57 kWh. Mais Avec une façade claire (coeff. 0,5) : Mai : 16,76kWh, Juin : 305,90 kWh, Juillet : 766,10 kWh, Août : 618,10kWh, Septembre : 139,30 kWh, Octobre :10,93kWh, tandis qu'avec une façade foncée (coeff. 0,9) : Mai : 27,57 kWh, Juin : 356,80 kWh, Juillet : 862,90 kWh, Août : 710,40 kWh, Septembre : 172,00 Kwh , Octobre : 19,34 kWh.

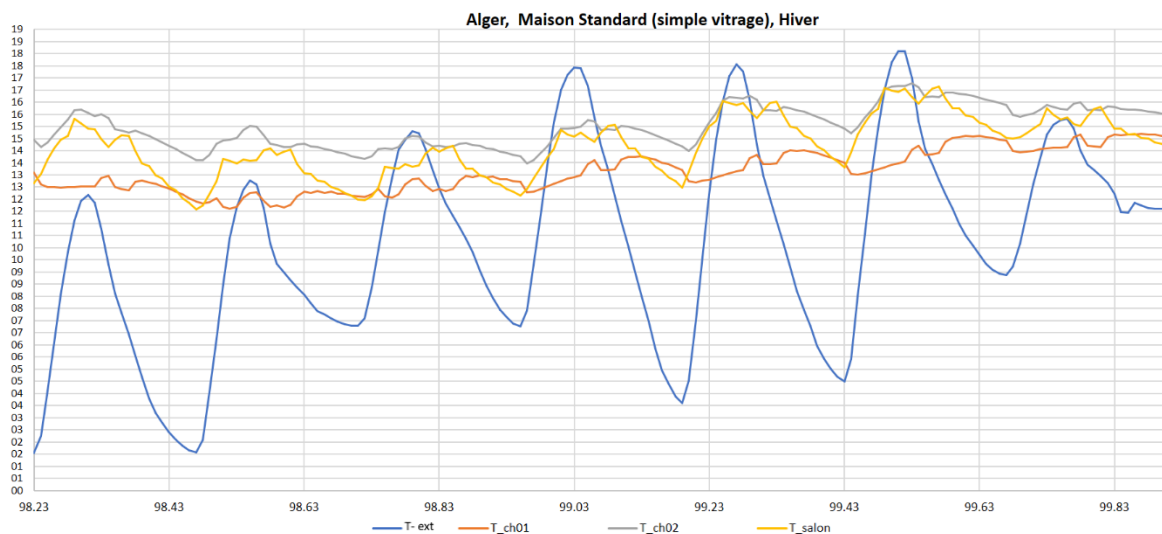
- **Besoin de climatisation à Ghardaïa :**

Les besoins en climatisation, influencés par la couleur des façades, se présentent comme suit : Avec une façade de couleur moyenne (coeff. 0,7) : Mai : 621,50 kWh, juin : 1298,00 kWh, Juillet : 2016,00 kWh, Août : 1819,00 kWh, Septembre : 965,40 kWh, Octobre : 400,50 kWh. Mais Avec une façade claire (coeff. 0,5) : Mai : 582,80 kWh, Juin : 1252,00 kWh, Juillet : 1968,00 kWh, Août : 1769,00 kWh, Septembre : 916,30 kWh, Octobre : 361,90 kWh. Tandis qu'avec une façade foncée (coeff. 0,9) : Mai : 660,90 kWh, Juin : 1344,00 kWh, Juillet : 2063,00 kWh, Août : 1868,00 kWh, Septembre : 1014,00 kWh, Octobre : 440,20 kWh.

Ces résultats montrent que les besoins en climatisation augmentent avec l'obscurité de la couleur de la façade. Les façades claires, avec un coefficient de réflexion solaire de 0,5, nécessitent moins d'énergie pour la climatisation en raison de leur capacité à refléter davantage de rayonnement solaire, réduisant ainsi la chaleur absorbée par le bâtiment. En revanche, les façades foncées, avec un coefficient de 0,9, absorbent plus de chaleur, augmentant ainsi les besoins énergétiques pour maintenir un confort thermique intérieur acceptable. Les façades de couleur moyenne se situent entre ces deux extrêmes. Ces variations soulignent l'importance de choisir judicieusement la couleur des façades pour optimiser l'efficacité énergétique des habitations, en particulier dans des climats arides comme celui de Ghardaïa.

3.2.6. Effet de type du vitrage sur l'évolution des températures intérieures ainsi que les besoins en chauffage et en climatisation :

3.2.6.1 Saison hivernale :



CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

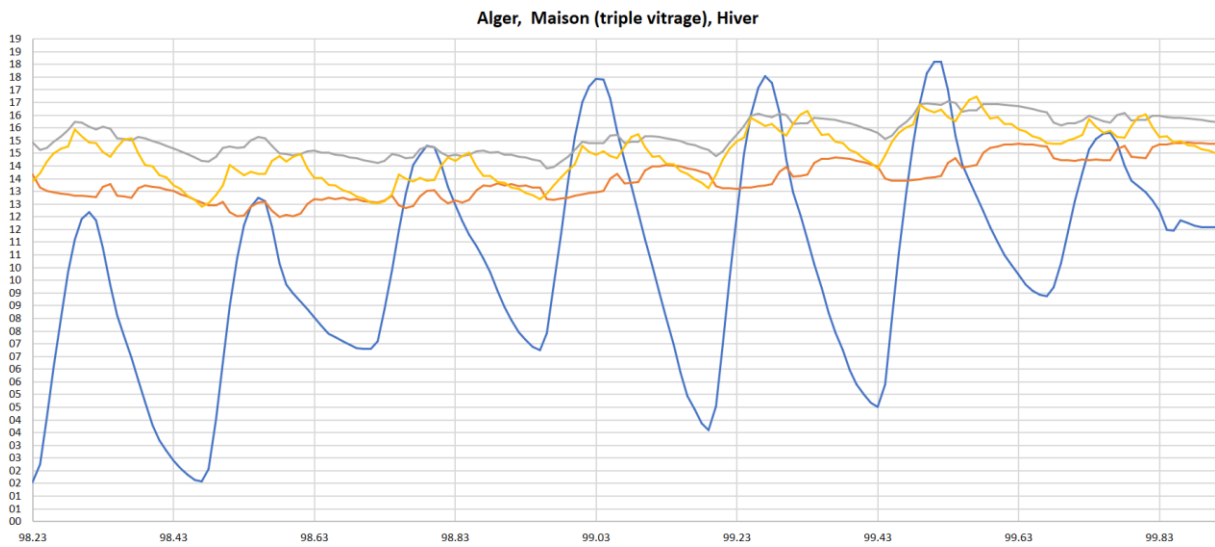
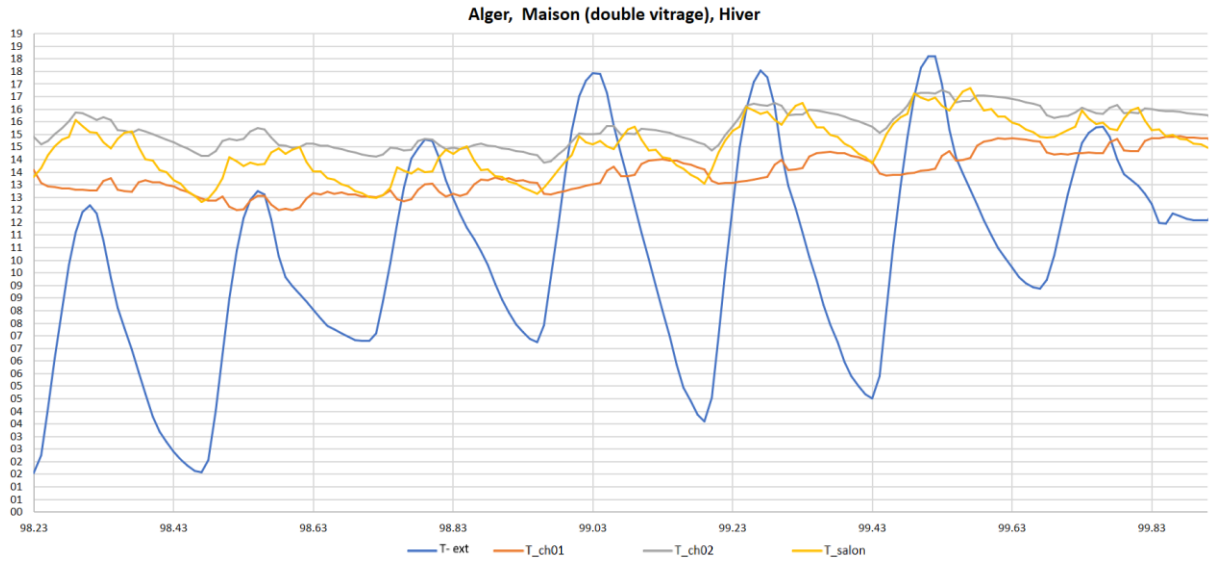
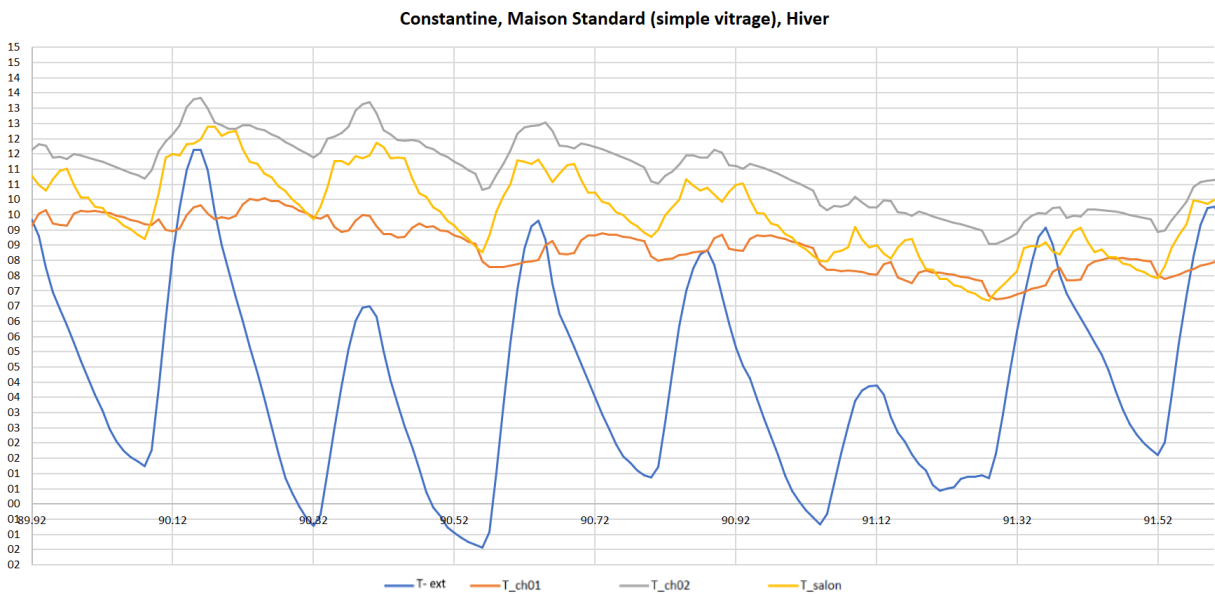


Figure 82 : Evaluation des températures intérieures de la maison selon le type de fenêtre de la paroi pour la ville d'Alger, période hivernale.



CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

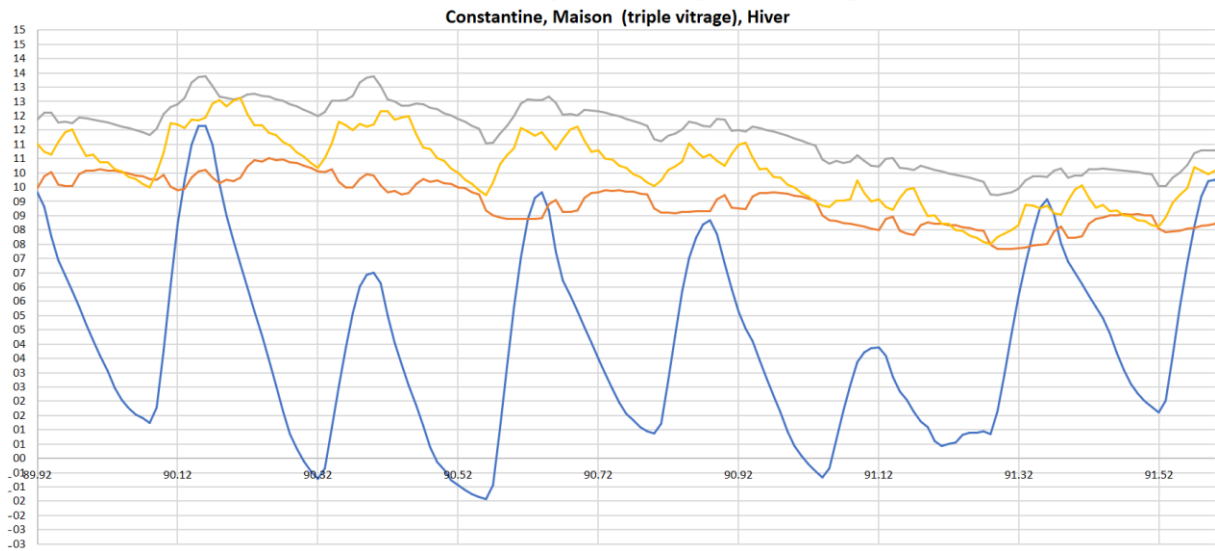
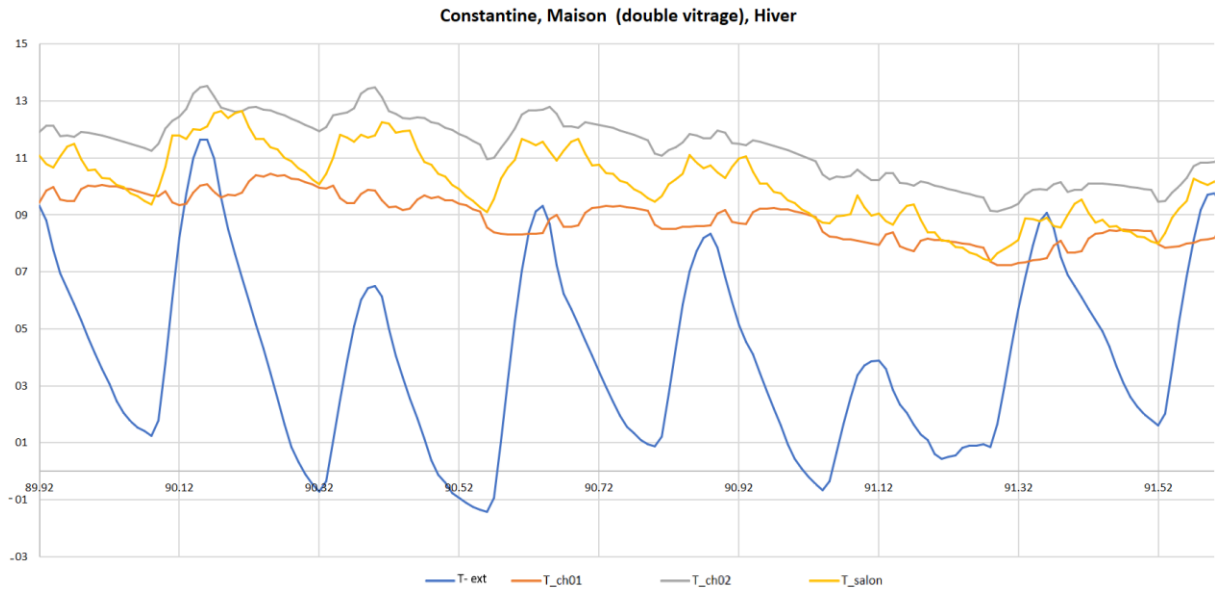
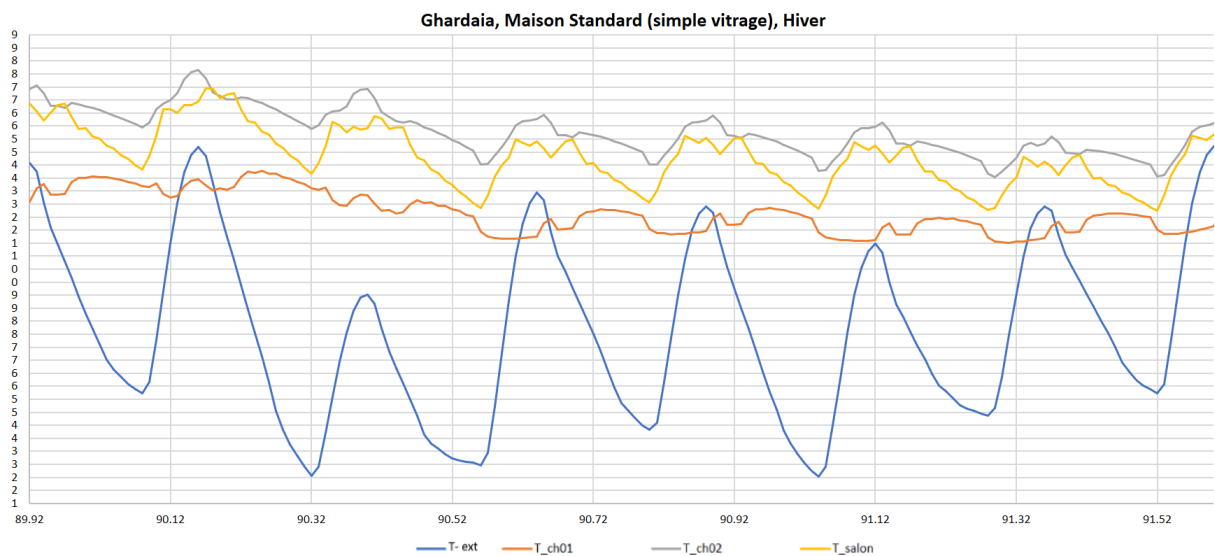


Figure 83 : Evaluation des températures intérieures de la maison selon le type de fenêtre de la paroi pour la ville de Constantine, période hivernale.



CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

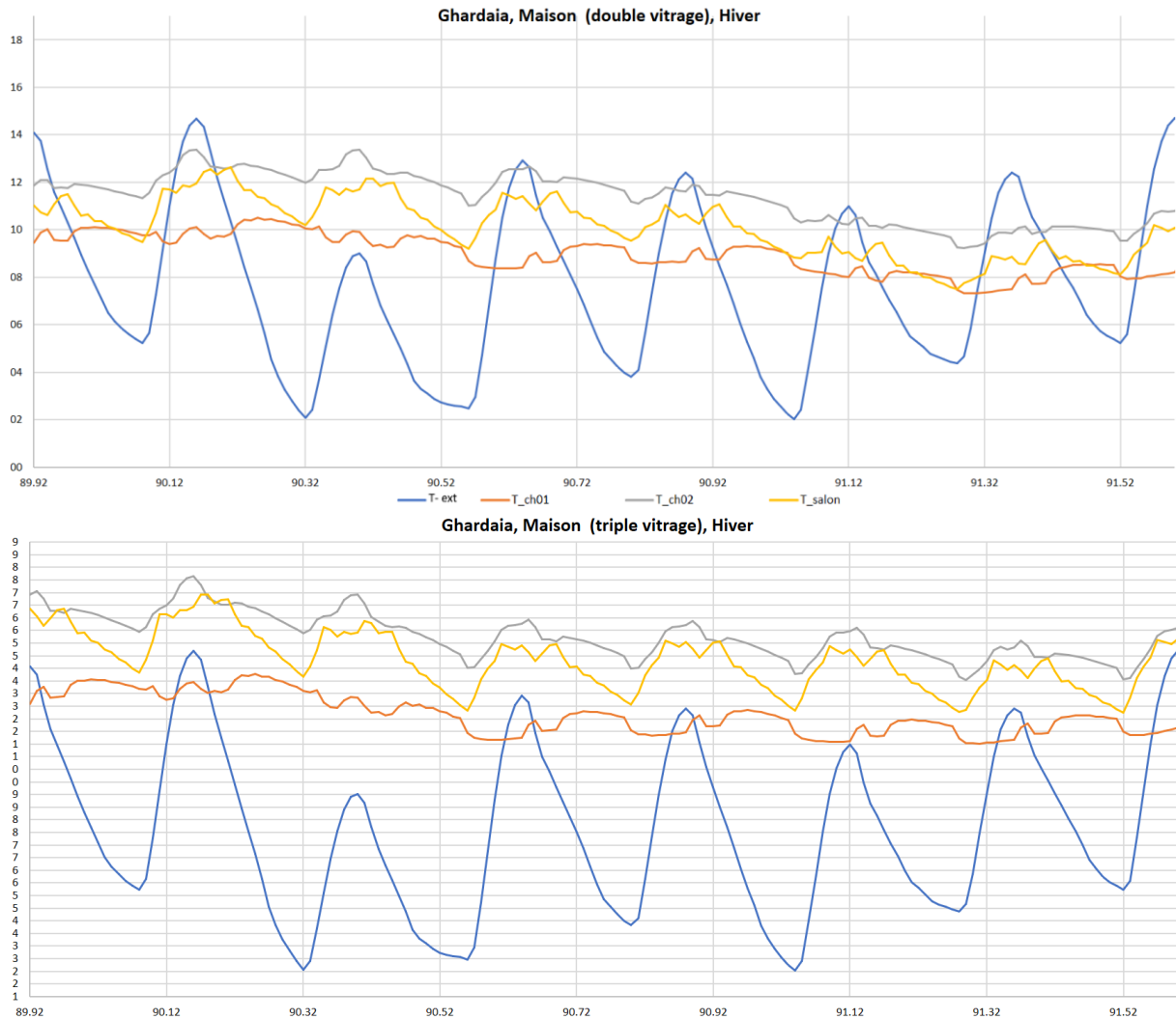


Figure 84 : Evaluation des températures intérieures de la maison selon le type de fenêtre de la paroi pour la ville de Ghardaïa, période hivernale.

Tableau 51 : Evaluation des températures intérieures de la maison selon le type de fenêtre de la paroi pour les trois régions.

	Alger	Constantine	Ghardaïa
Température (EXT)	1,54 à 18°C	-1,43 à 12°C	2,03 à 15°C
Température intérieure avec des fenêtres simple vitrage	11,5°C à 17°C	6,5°C à 13,5°C	11,5 °C à 18°C
Température intérieure avec des fenêtres à double vitrage	12°C à 17°C	7,5°C à 14°C	8,5°C à 14°C
Température intérieure avec des fenêtres à triple vitrage	12,5°C à 17 °C	8 °C à 14 °	11,5 °C à 18°C

CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

Les résultats montrent clairement l'impact du type de vitrage sur le confort thermique des espaces intérieurs pendant la saison hivernale dans les villes d'Alger, Constantine et Ghardaïa. Les vitrages double et triple montrent une meilleure performance en termes de régulation de la température intérieure comparativement au simple vitrage, se traduisant par des températures intérieures moyennes plus élevées, ce qui améliore le confort thermique.

Par exemple, à Alger, le triple vitrage maintient des températures entre 12,5°C et 17°C, alors que le simple vitrage permet des températures variant de 11,5°C à 17°C. À Constantine, les vitrages double et triple augmentent les températures intérieures moyennes d'environ 1°C par rapport au simple vitrage, représentant une amélioration notable du confort thermique. À Ghardaïa, les fenêtres à double vitrage montrent une variation plus importante avec des températures de 8,5°C à 14°C, tandis que le triple vitrage maintient des températures similaires à celles du simple vitrage, entre 11,5°C et 18°C.

En conclusion, l'adoption de vitrages à meilleure performance thermique, comme le double et le triple vitrage, est fortement recommandée pour améliorer le confort thermique des habitations et réduire la consommation énergétique en période hivernale, particulièrement crucial dans les régions où les températures hivernales sont extrêmement basses.

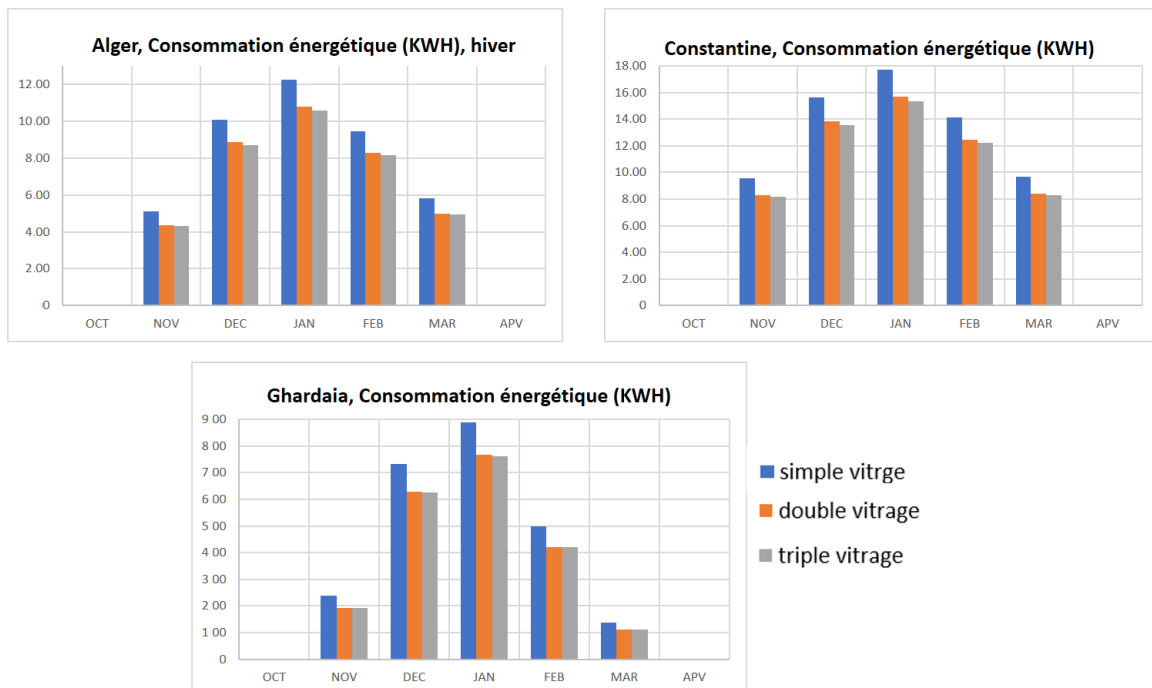


Figure 85 : L'évolution des besoins en énergie pour la climatisation de la maison (avec type de fenêtres) pour les trois régions (Alger, Constantine et Ghardaïa), semaine hivernale plus défavorable.

- **Besoin de chauffage à Alger :**

Les résultats montrent une nette influence du type de vitrage sur les besoins en chauffage durant les mois d'hiver.

- Simple Vitrage : Les besoins en chauffage atteignent leur maximum en Janvier avec 1225,00 kWh et restent élevés en Février avec 945,50 kWh. Ensuite, une diminution progressive est observée jusqu'à atteindre des niveaux très bas en Avril, soulignant une baisse significative de la demande de chauffage à mesure que la saison avance.

- Double vitrage : Les besoins énergétiques pour le chauffage sont légèrement réduits par rapport au simple vitrage, atteignant 1079,00 kWh en Janvier et 828,40 kWh en Février. Cette réduction indique une meilleure isolation thermique offerte par le double vitrage.

- Triple Vitrage : Le triple vitrage montre encore une meilleure performance avec des besoins en chauffage de 1059,00 kWh en Janvier et 815,70 kWh en Février. La tendance de diminution progressive vers Avril reste similaire, indiquant que le triple vitrage offre la meilleure isolation thermique parmi les trois options.

- **Besoin de chauffage à Constantine :**

Les résultats pour Constantine montrent également l'impact significatif du vitrage sur les besoins en chauffage, bien que les valeurs soient plus élevées qu'à Alger, reflétant probablement des conditions climatiques plus rigoureuses.

- Simple Vitrage : Les besoins en chauffage culminent à 1768,00 kWh en Janvier et 1414,00 kWh en Février, avec une diminution progressive jusqu'à 2,91 kWh en Avril.

- Double Vitrage : Les besoins en chauffage sont légèrement inférieurs avec 1566,00 kWh en Janvier et 1247,00 kWh en Février, réduisant jusqu'à 1,68 kWh en Avril.

- Triple Vitrage : Le vitrage triple offre la meilleure isolation avec des besoins de 1532,00 kWh en Janvier et 1222,00 kWh en Février, diminuant à 1,55 kWh en Avril. Cette tendance indique une meilleure performance isolante, réduisant la consommation énergétique nécessaire pour le chauffage.

- **Besoin de chauffage à Ghardaïa :**

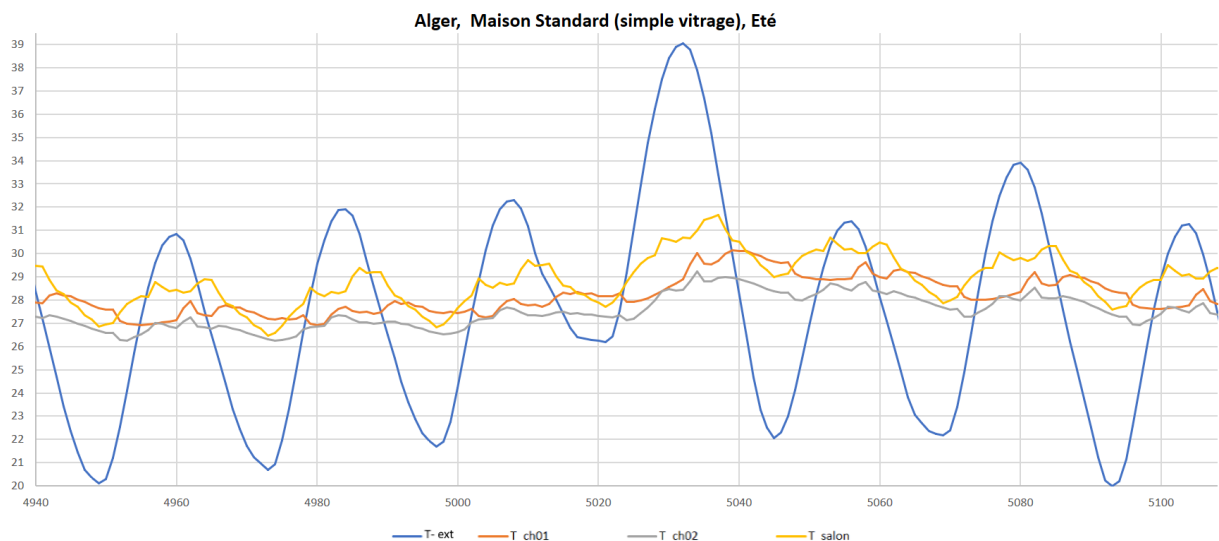
À Ghardaïa, les variations des besoins en chauffage en fonction du type de vitrage sont notables, bien que les valeurs absolues soient plus faibles qu'à Alger et Constantine, probablement en raison de conditions climatiques plus clémentes.

- Simple Vitrage : Les besoins en chauffage sont élevés en Janvier avec 889,50 kWh et en Février avec 498,70 kWh, diminuant ensuite à des niveaux presque nuls en Avril.
- Double Vitrage : Les besoins en chauffage sont légèrement réduits par rapport au simple vitrage, avec 761,60 kWh en Janvier et 420,20 kWh en Février.
- Triple Vitrage : Les besoins en chauffage sont les plus faibles avec 761,60 kWh en Janvier et 420,20 kWh en Février, montrant une réduction significative par rapport au simple vitrage. La diminution progressive vers avril reste similaire, ce qui indique une meilleure efficacité énergétique avec le triple vitrage.

Les résultats démontrent clairement que l'amélioration du type de vitrage réduit les besoins énergétiques pour le chauffage en hiver dans les trois villes étudiées. Le triple vitrage, offrant la meilleure isolation thermique, se traduit par les besoins énergétiques les plus faibles. Cette réduction est importante pour améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments et réduire les coûts énergétiques, tout en contribuant à un environnement plus durable. Adopter des vitrages de meilleure qualité est donc une stratégie efficace pour optimiser la consommation énergétique et améliorer le confort thermique des habitations en hiver.

3.2.6.2 Saison estivale :

La ville d'Alger :



CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

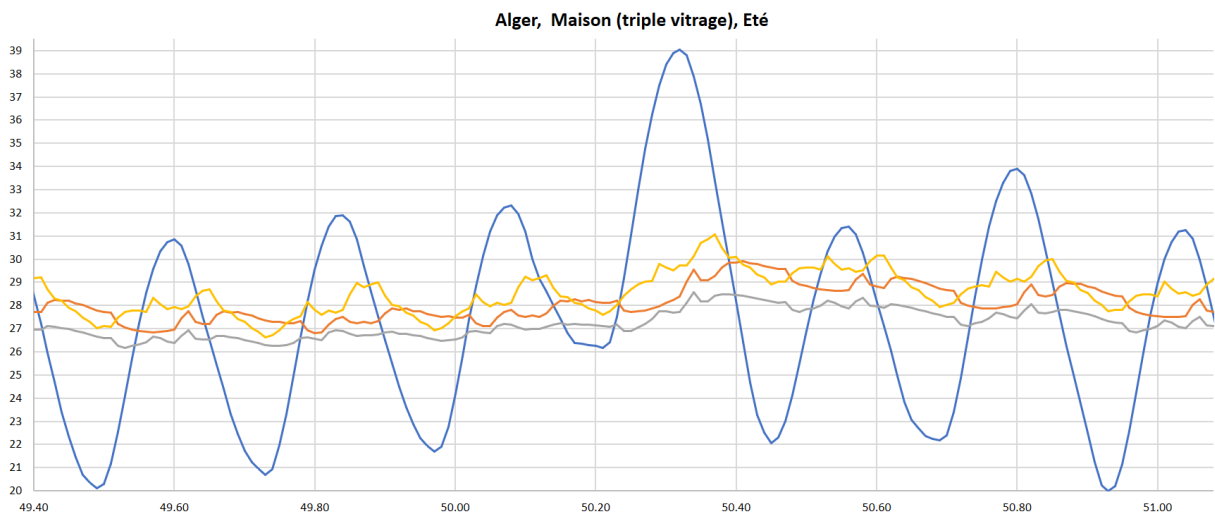
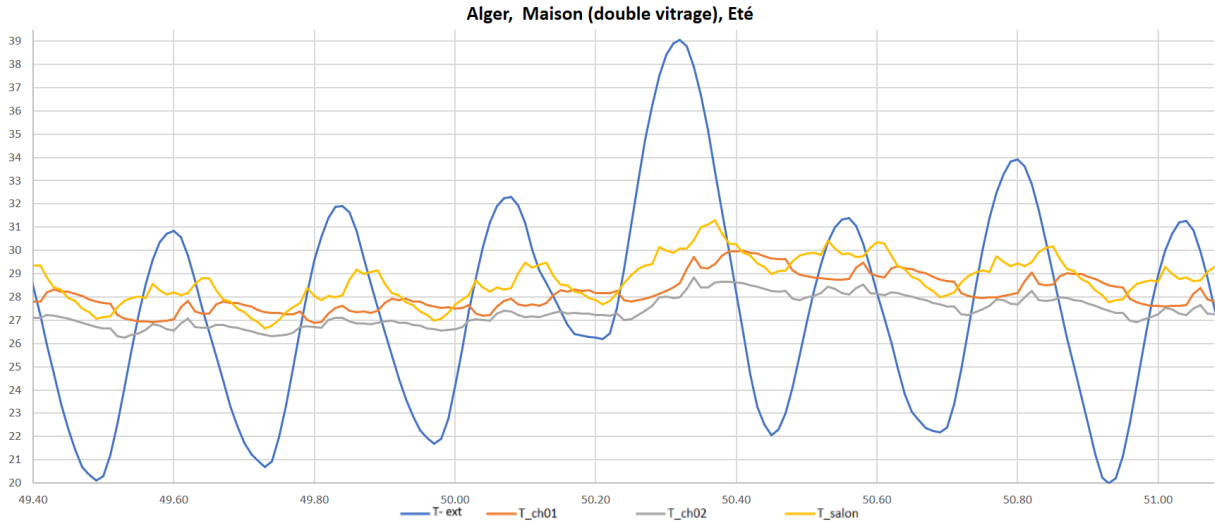
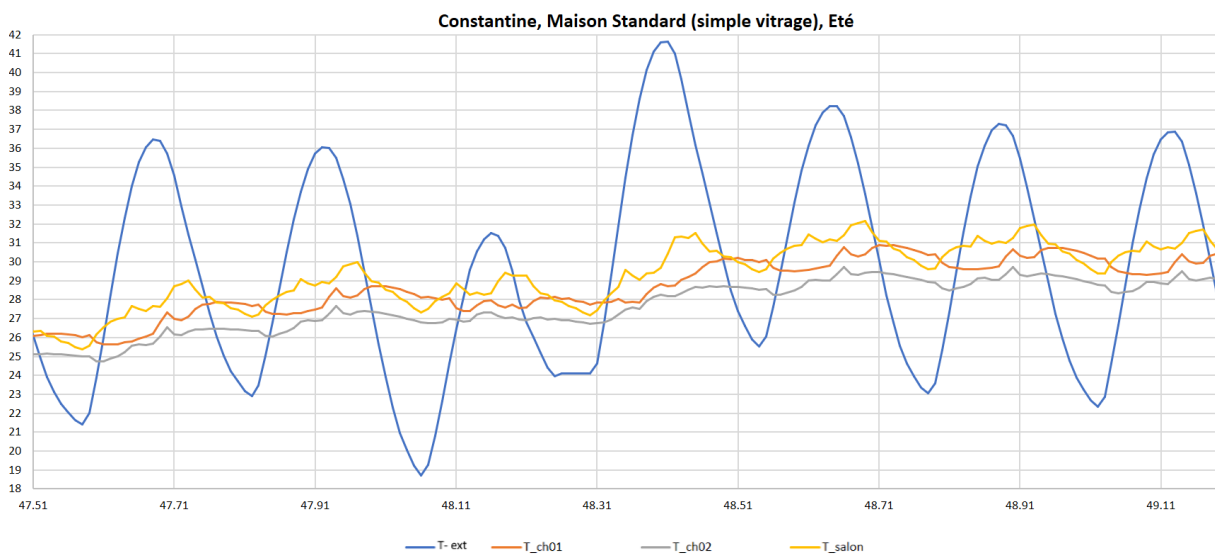


Figure 86 : Evaluation des températures intérieures de la maison selon le type de fenêtre de la paroi pour la ville d'Alger, période estivale.

La ville de Constantine :



CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

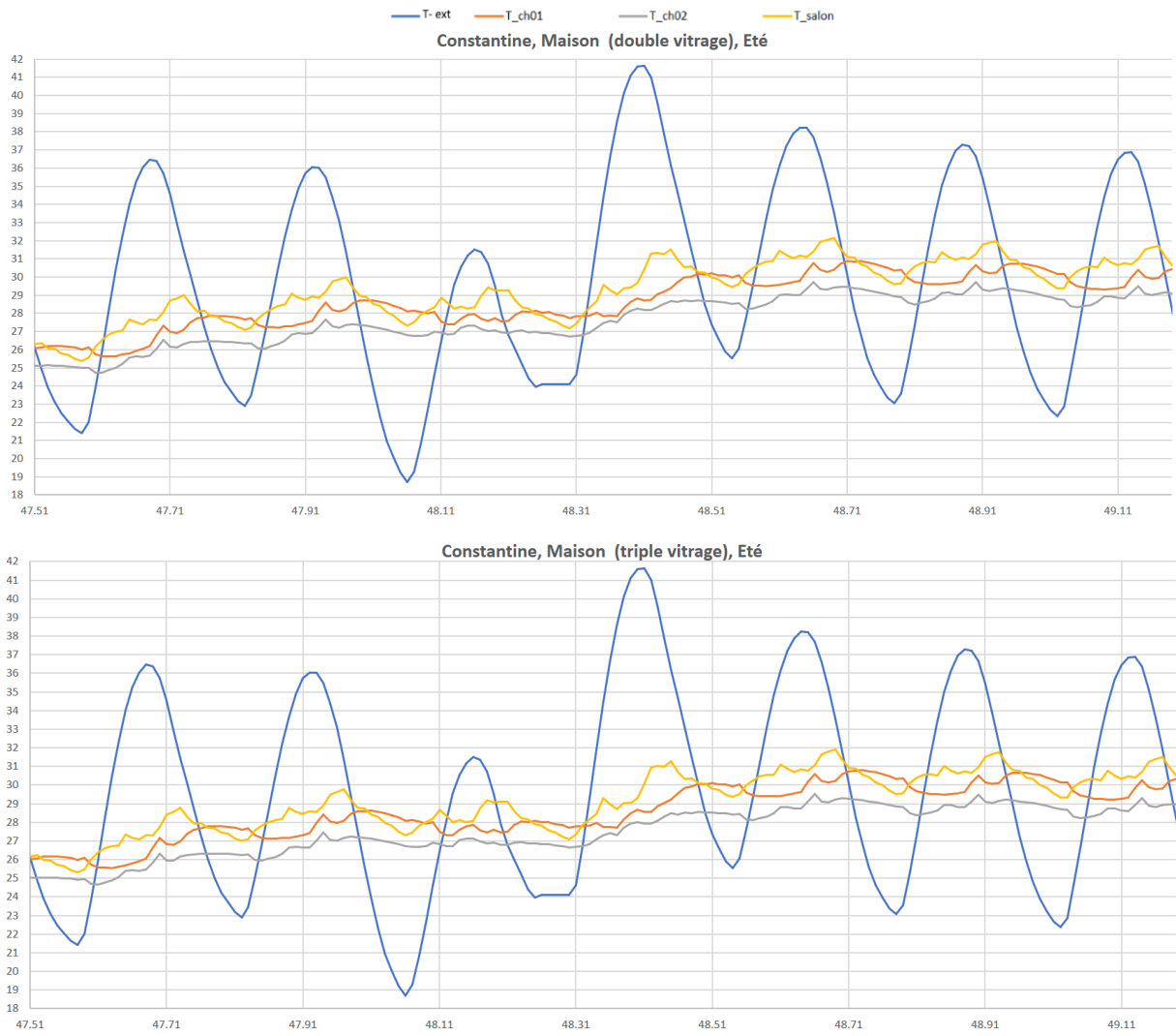
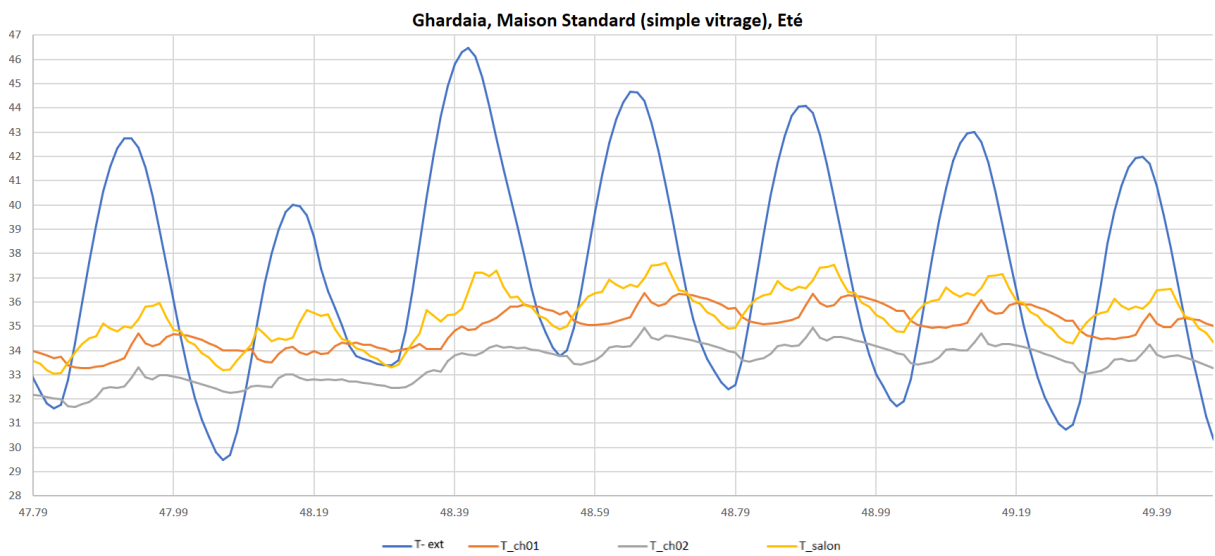


Figure 87 : Evaluation des températures intérieures de la maison selon le type de fenêtre de la paroi pour la ville de Constantine, période estivale.

La ville de Ghardaïa :



CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion



Figure 88 : Evaluation des températures intérieures de la maison selon le type de fenêtre de la paroi pour la ville de Ghardaïa, période estivale.

Tableau 52 : Evaluation des températures intérieures de la maison selon le type de fenêtre de la paroi pour les trois régions, durant la semaine estivale la plus défavorable.

	Alger	Constantine	Ghardaïa
Température (EXT)	20°C à 39°C	19°C à 41,5°C	30°C à 46,5°C
Température intérieure avec des fenêtres simple vitrage	26,3°C à 31,5°C,	25°C à 32,5°C	32°C à 37,5°C
Température intérieure avec des fenêtres à double vitrage	26°C à 31,5	25°C à 31°C	32°C à 37°C
Température intérieure avec des fenêtres à triple vitrage	26°C à 31°C	25°C à 32°C	31,5 °C à 37°C

À Alger, les fenêtres à simple vitrage montrent que les températures intérieures moyennes variant de 26,3°C à 31,5°C, tandis que les fenêtres à double vitrage permettent des températures oscillant entre 26°C et 31,5°C. Avec des fenêtres à triple vitrage, les températures varient de 26,9°C à 31°C, avec des pointes de température extérieure pouvant atteindre jusqu'à 39°C. À Constantine, les fenêtres à simple vitrage présentent des températures intérieures moyennes allant de 25°C à 32,5°C, comparativement à des températures de 25°C à 31°C avec des fenêtres à double vitrage et de 25°C à 32°C avec des fenêtres à triple vitrage, les températures extérieures pouvant atteindre également 39°C. À Ghardaïa, les fenêtres à simple vitrage montrent des températures intérieures moyennes oscillant de 32°C à 37,5°C, alors que les fenêtres à double vitrage varient de 32°C à 37°C et celles à triple vitrage de 31,5°C à 37°C, avec des pointes extérieures atteignant 39°C.

Les résultats montrent clairement l'impact du type de vitrage sur le confort thermique des espaces intérieurs pendant la saison estivale dans les villes d'Alger, Constantine et Ghardaïa. Les vitrages double et triple montrent une meilleure performance en termes de régulation de la température intérieure comparativement au simple vitrage, se traduisant par des températures intérieures moyennes plus basses, ce qui améliore le confort thermique. Par exemple, à Alger, le triple vitrage maintient les températures entre 26,9°C et 31°C, alors que le simple vitrage permet des températures allant jusqu'à 31,5°C. À Constantine, les vitrages double et triple réduisent les températures intérieures moyennes d'environ 1,5°C comparativement au simple vitrage, représentant une amélioration significative du confort thermique. À Ghardaïa, où les températures extérieures sont plus élevées, les vitrages double et triple contribuent également à des réductions de température intérieure, bien que les différences soient légèrement moins prononcées que dans les autres villes.

L'utilisation de vitrages double et triple peut contribuer à une réduction significative de la consommation énergétique pour la climatisation en période estivale. Moins de chaleur pénétrant à l'intérieur signifie moins de besoin de refroidir l'espace, ce qui se traduit par des économies d'énergie. Les fenêtres à double et triple vitrage offrent un meilleur confort thermique, particulièrement dans les villes aux températures extérieures élevées comme Ghardaïa. Cela pourrait potentiellement réduire les risques de surchauffe et améliorer le

bien-être des occupants. En conclusion, l'adoption de vitrages à meilleure performance thermique, est fortement recommandée pour améliorer le confort thermique des habitations et réduire la consommation énergétique en période estivale, particulièrement crucial dans les régions où les températures estivales sont extrêmement élevées.

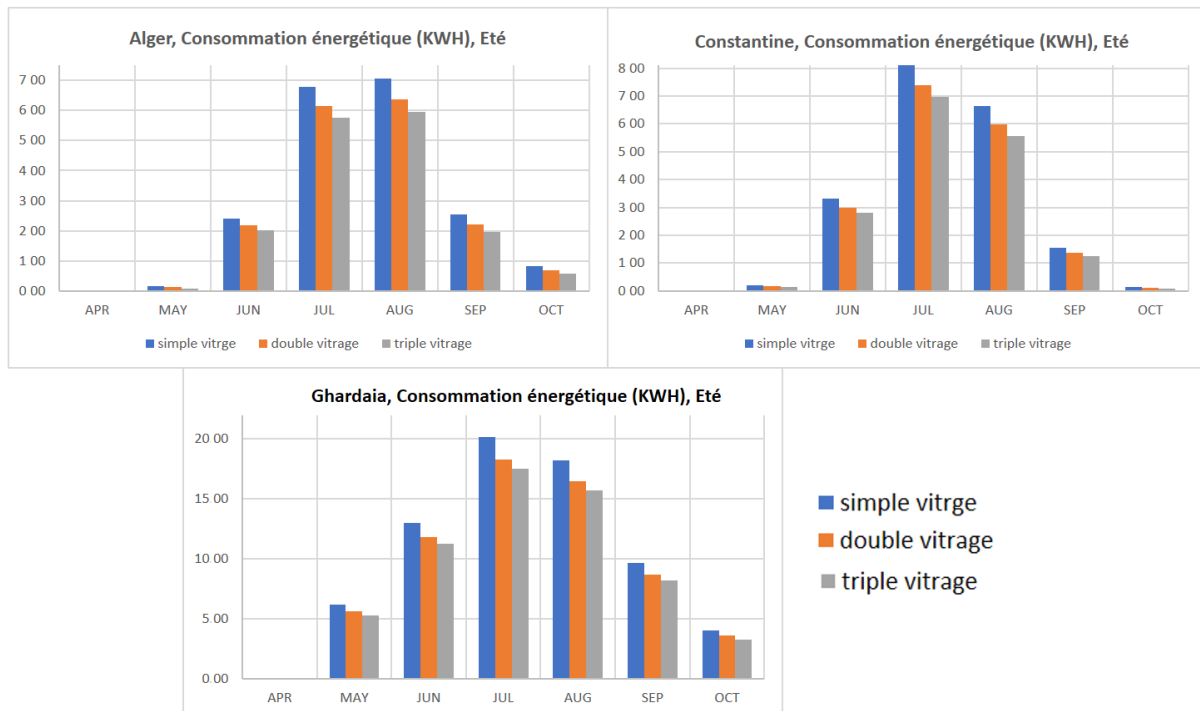


Figure 89 : L'évolution des besoins en énergie pour la climatisation de la maison (avec type de fenêtres) pour les trois régions (Alger, Constantine et Ghardaïa), semaine estivale plus défavorable.

• **Besoin de climatisation à Alger :**

Les besoins en climatisation, influencés par le type de vitrage, se présentent comme suit :

- Simple vitrage : Les besoins en climatisation atteignent leur maximum en Aout avec 706,50 kWh, et restent élevées en Juillet avec 678,60kWh. Ensuite, une diminution progressive est observée jusqu'à atteindre des niveaux très bas en Mai, soulignant une baisse significative de la demande de chauffage à mesure que la saison avance.
- Double vitrage : Les besoins énergétiques pour la climatisation sont légèrement réduits par rapport au simple vitrage, atteignant 636,70 kWh en Aout et 615,60 kWh en Juillet.
- Triple vitrage : Le triple vitrage montre encore une meilleure performance avec des besoins en chauffage de 594,1 kWh en Aout et 577,10 kWh en Juillet. La tendance de diminution progressive vers Mai reste similaire, indiquant que le triple vitrage offre la meilleure isolation thermique parmi les trois options.

- **Besoin de climatisation à Constantine :**

Les résultats pour Constantine montrent également l'impact significatif du vitrage sur les besoins en climatisation, bien que les valeurs soient plus élevées qu'à Alger, reflétant probablement des conditions climatiques plus rigoureuses.

- Simple Vitrage : Les besoins en climatisation culminent à 814,50 kWh en Juillet et 664,00 kWh en Août, avec une diminution progressive jusqu'à 21,69 kWh en Mai.

- Double Vitrage : Les besoins en climatisation sont légèrement inférieurs avec 739,40 kWh en Juillet et 600 kWh en Août, réduisant jusqu'à 17,84 kWh en Mai.

- Triple Vitrage : Le vitrage triple offre la meilleure isolation avec des besoins de 690 kWh en Juillet et 550 kWh en Août, diminuant à 15 kWh en Mai. Cette tendance indique une meilleure performance isolante, réduisant la consommation énergétique nécessaire pour la climatisation.

- **Besoin de climatisation à Ghardaïa :**

À Ghardaïa, les variations des besoins en climatisation en fonction du type de vitrage sont notables, bien que les valeurs absolues soient plus faibles qu'à Alger et Constantine, probablement en raison de conditions climatiques plus clémentes.

- Simple Vitrage : Les besoins en climatisation sont élevés en Juillet avec 2016,00 kWh et en Août avec 1819,00 kWh, diminuant ensuite à des niveaux presque nuls en Octobre.

- Double Vitrage : Les besoins en climatisation sont légèrement réduits par rapport au simple vitrage, avec 1828,00 kWh en Juillet et 1645,00 kWh en Août.

- Triple Vitrage : Les besoins en climatisation sont les plus faibles avec 1129,00 kWh en Juillet et 1572,00 kWh en Août, montrant une réduction significative par rapport au simple vitrage. La diminution progressive vers Octobre reste similaire, ce qui indique une meilleure efficacité énergétique avec le triple vitrage.

Les résultats démontrent clairement que l'amélioration du type de vitrage réduit les besoins énergétiques pour la climatisation en hiver dans les trois villes étudiées. Le triple vitrage, offrant la meilleure isolation thermique, se traduit par les besoins énergétiques les plus faibles.

3.3. ECOLE PRIMAIRE :

Pour rappel, L'école étudiée se compose principalement de trois (03) salles de classe à l'étage, ainsi que de trois (03) autres salles au rez-de-chaussée de surface similaire ainsi que de bureaux.



Figure 90 : 3D de l'école primaire étudiée.
Source : Modélisée par auteurs, 2024.

Pour étudier la variation des températures des salles de cours et des bureaux de l'école, on considère la saison hivernale s'étale du mois de Novembre au mois de Mars et la saison estivale s'étale du 15 Mai au 15 juin ou l'école se ferme pour les vacances d'été.

Nous lançons deux simulations : la première en l'absence de chauffage ou climatisation (sans consigne de thermostat), afin d'évaluer la température intérieure des pièces. La seconde en imposant une consigne de chauffage à 21°C et une consigne de climatisation à 24°C pour déterminer les besoins énergétiques annuels.

3.3.1. Cas standard :

3.3.1.1 Température intérieure

• Saison hivernale :

La figure suivante représente l'évolution des températures intérieures des pièces de l'école des semaines les plus froides de la période hivernale pour les trois zones climatiques représentatives de l'Algérie.

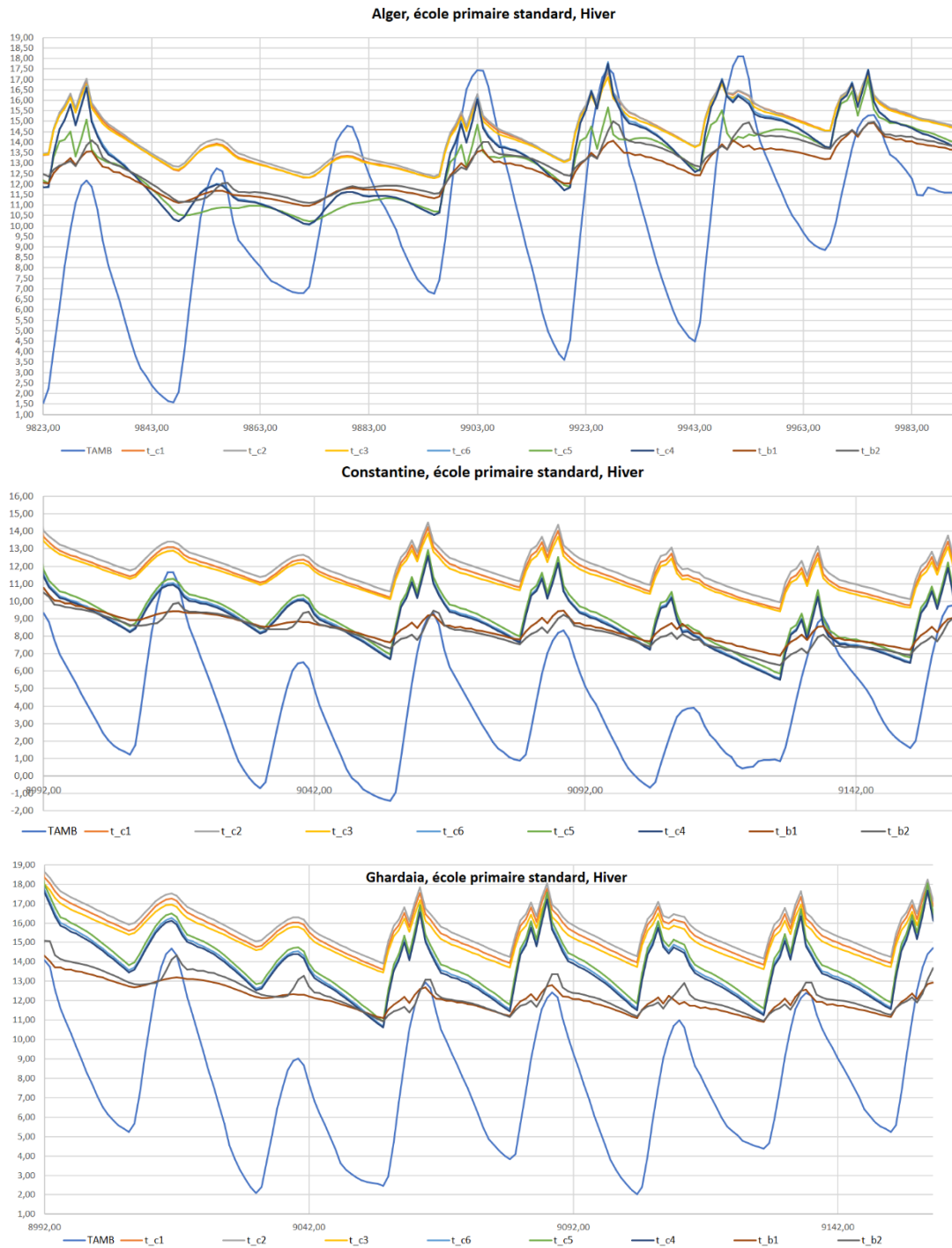


Figure 91 : Variation de la température intérieure des pièces de l'école (cas standard) pour la semaine la plus défavorable hivernale pour les trois régions (Alger, Constantine et Ghardaïa).

CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

Tableau 53 : Comparaison des variations de température en fonction des différents types de locaux et des températures extérieures dans trois villes différentes.

Ville	Températures Extérieures	Rez-de-chaussée (C1, C2, C3)	Étages (C4, C5, C6)	Bureaux (B1, B2)
Alger	1,5-18 °C	12-17 °C	10-16 °C	11-14 °C
Constantine	-2-12 °C	10-14 °C	06-13 °C	07-09 °C
Ghardaïa	2-14 °C	14-18 °C	12-17 °C	11-14 °C

Les températures intérieures des différentes parties de l'école varient en fonction des températures extérieures et de leur emplacement. À Alger, avec des températures extérieures de 1,5 à 18 °C, les salles du rez-de-chaussée enregistrent des températures de 12 à 17 °C, les salles de l'étage de 10 à 16 °C, et les bureaux de 11 à 14 °C. À Constantine, où les températures extérieures varient de -2 à 12 °C, les salles du rez-de-chaussée affichent des températures de 10 à 14 °C, les salles de l'étage de 6 à 13 °C, et les bureaux de 7 à 9 °C. À Ghardaïa, avec des températures extérieures similaires à celles d'Alger (2 à 14 °C), les salles du rez-de-chaussée sont plus chaudes, avec des températures de 14 à 18 °C, les salles de l'étage de 12 à 17 °C, et les bureaux de 11 à 14 °C. Ces résultats montrent que les salles du rez-de-chaussée sont généralement plus chaudes en raison de la chaleur humaine générée par un grand nombre d'élèves et du transfert de chaleur depuis les salles situées au-dessus. En revanche, les salles de l'étage et les bureaux sont plus froids en raison des pertes de chaleur par la toiture non isolée et, pour les bureaux, de la faible occupation.

- **Saison estivale :**

Pour rappel, la saison estivale s'étale du 15 mai au 15 juin, l'école étant fermée pour les vacances d'été.

CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

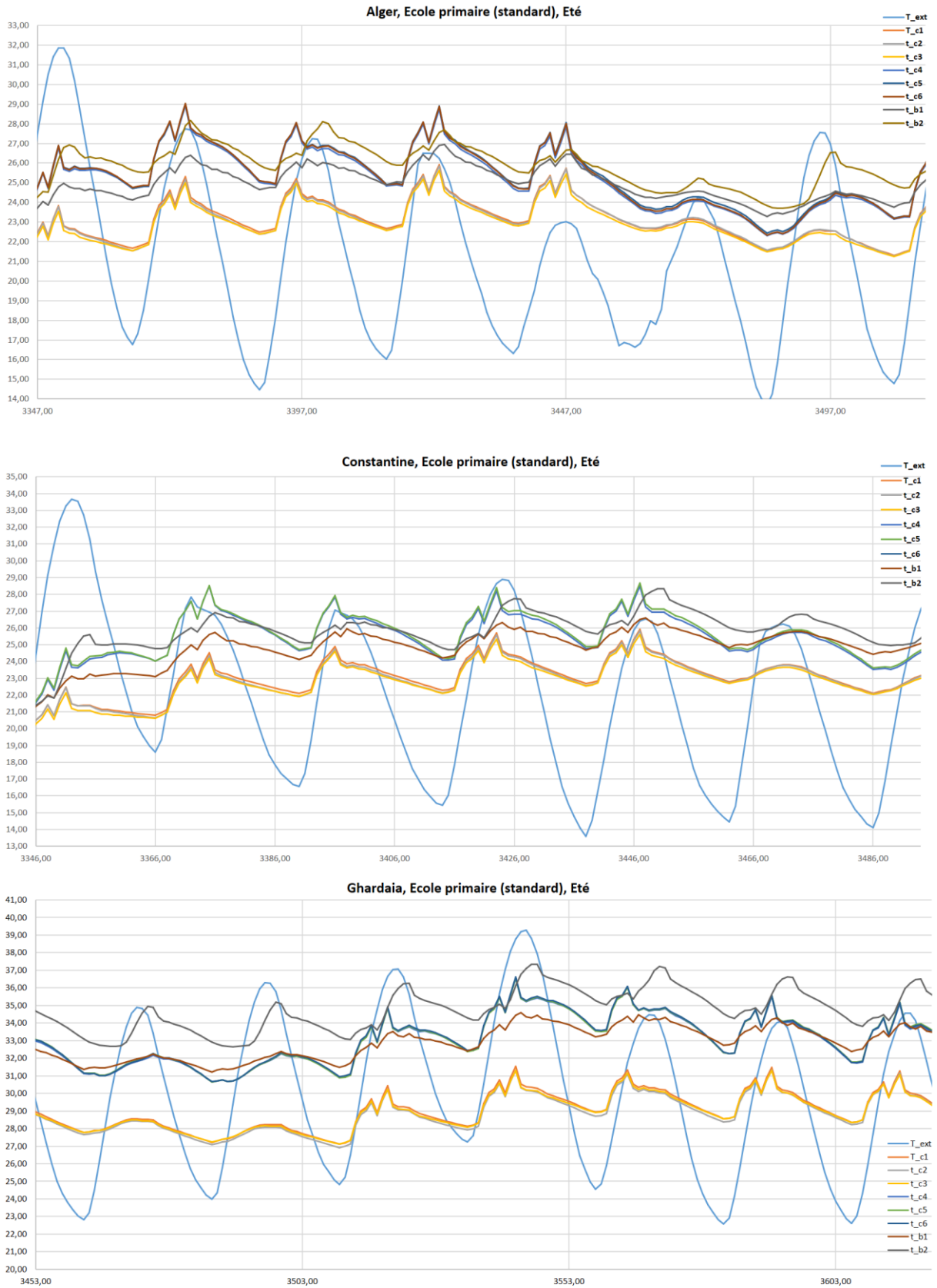


Figure 92 : Variation de la température intérieure des pièces de l'école (cas standard) pour la semaine la plus défavorable estivale pour les trois régions (Alger, Constantine et Ghardaia).

CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

Tableau 54 : Comparaison des variations de température en fonction des différents types de locaux et des températures extérieures dans deux villes différentes.

Ville	Températures Extérieures	Rez-de-chaussée (C1, C2, C3)	Étages (C4, C5, C6)	Bureaux 23(B1, B2)
Alger	12-32 °C	22-26 °C	24-28 °C	23-29 °C
Constantine	14-33 °C	21-26 °C	24-28 °C	25-28 °C
Ghardaïa	23-29 °C	27-31.5 °C	31-36 °C	34-37 °C

Les températures intérieures des différentes parties de l'école varient en fonction des températures extérieures et de leur emplacement. À Alger, avec des températures extérieures de 12 à 32 °C, les salles du rez-de-chaussée enregistrent des températures de 22 à 26 °C, les salles de l'étage de 24 à 28 °C, et les bureaux de 23 à 29 °C. À Constantine, pour des températures extérieures de 14 à 33 °C, les salles du rez-de-chaussée ont des températures de 21 à 26 °C, les salles de l'étage de 24 à 28 °C, et les bureaux de 25 à 28 °C. À Ghardaïa, où les températures extérieures varient de 23 à 39 °C, les salles du rez-de-chaussée affichent des températures de 27 à 31,5 °C, les salles de l'étage de 31 à 36 °C, et les bureaux de 34 à 37 °C. Ces variations montrent que les salles de l'étage et les bureaux, en particulier à Ghardaïa, sont plus chauds en raison de leur exposition directe au soleil et de l'absence d'une isolation efficace, tandis que les salles du rez-de-chaussée bénéficient de l'inertie thermique du sol, leur conférant des températures plus modérées.

3.3.1.2 Besoin en chauffage et en climatisation :

Nous simulons les logements occupés avec une ventilation naturelle, sans ventilation nocturne, Nous imposons une consigne de chauffage de 21°C et une consigne de climatisation de 24°C. Les besoins en chauffage et en climatisation de l'école sont représentés par la figure 3 pour les trois régions (Alger, Constantine et Ghardaïa).

Tableau 55 : L'évolution des besoins en énergie pour le chauffage et la climatisation de l'école (cas standard) pour les trois régions (Alger, Constantine et Ghardaïa).

Ville	Saison Hivernale (kWh)	Saison Estivale (kWh)
Alger	15124	176
Constantine	26954	153
Ghardaïa	9861	858

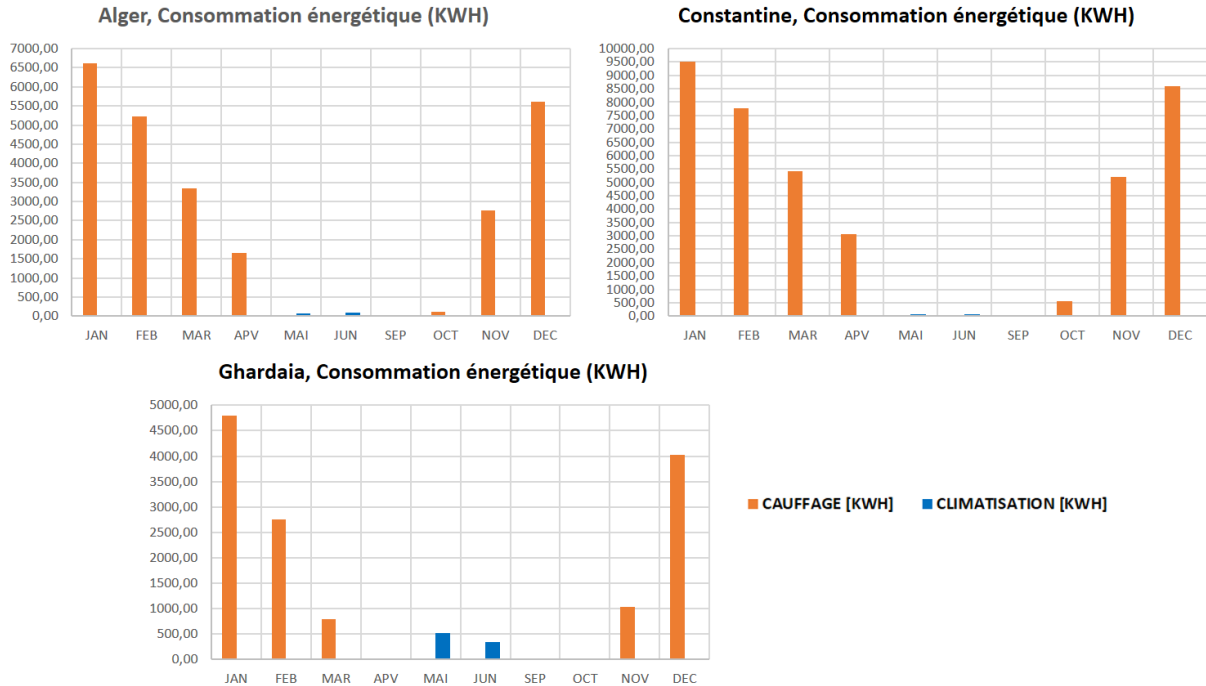


Figure 93 : L'évolution des besoins en énergie pour le chauffage et la climatisation de l'école (cas standard) pour les trois régions (Alger, Constantine et Ghardaïa).

Pour Alger, les besoins énergétiques sont les suivants :

- **Pour le chauffage** : Les besoins en chauffage sont les plus élevés en Janvier (6625 kWh), en Octobre (123 kWh), Novembre (2763 kWh) et Décembre (5613 kWh). Cela indique une forte dépendance au chauffage pendant les mois d'hiver.
- **Pour la climatisation** : Les besoins en climatisation sont relativement faibles, avec des valeurs modestes en Mai (77 kWh) et Juin (98 kWh).

Ces résultats montrent qu'à Alger, pour l'école, le climat nécessite un chauffage intensif pendant les mois froids, avec des besoins de climatisation faibles en été.

Pour Constantine, Les besoins énergétiques sont les suivants :

- **Pour le chauffage** : Les besoins en chauffage sont élevés, atteignant leur pic en Janvier (9523 kWh), Octobre (550 kWh), Novembre (5214 kWh) et Décembre (8605 kWh). Cela reflète un hiver nécessitant un chauffage.
- **Pour la climatisation** : Les besoins en climatisation sont également faibles, avec des valeurs en Mai (82 kWh) et Juin (71 kWh). À Constantine, les besoins en chauffage sont encore plus élevés qu'à Alger, tandis que les besoins en climatisation restent faibles.

Pour Ghardaïa, les besoins énergétiques sont les suivants :

- **Pour le chauffage** : Les besoins en chauffage sont présents mais moins prononcés que dans les autres régions. Ils sont pour le mois de Janvier (4801 kWh), Novembre (1033 kWh) et Décembre (4027 kWh).
- **Pour la climatisation** : Les besoins en climatisation sont beaucoup plus significatifs à Ghardaïa, avec des pics en Mai (519 kWh) et Juin (338 kWh). Cela reflète un climat beaucoup plus chaud nécessitant une climatisation pendant les mois les plus chauds.

À Ghardaïa, les besoins en climatisation sont plus importants en raison des températures élevées, tandis que les besoins en chauffage, bien que présents, sont moins intenses comparés à Alger et Constantine. Les différences de besoins en chauffage et en climatisation entre les zones climatiques sont principalement dues à la variabilité des conditions climatiques. Alger nécessite principalement du chauffage en hiver et peu de climatisation en été. Constantine a des besoins en chauffage très élevés pendant les mois froids et des besoins modérés en climatisation. Ghardaïa requiert une climatisation importante en été en raison des températures élevées et des besoins en chauffage modérés en hiver.

3.3.2. *Effet de l'isolation thermique sur l'évolution des températures intérieures ainsi que les besoins en chauffage et en climatisation :*

3.3.2.1 *Isolation de la toiture seule :*

Nous avons choisi de présenter les résultats de la consommation d'énergie pour le chauffage et la climatisation afin de déduire à quelle épaisseur les besoins en énergie s'amortissent afin de définir l'épaisseur adéquate pour chaque zone climatique et à cette épaisseur. Pour se faire, nous avons évalué les besoins en énergie de l'école pour les épaisseurs suivantes de polystyrène : 5 cm, 10 cm, 15 cm et 20 cm.

- Saison hivernale :

CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

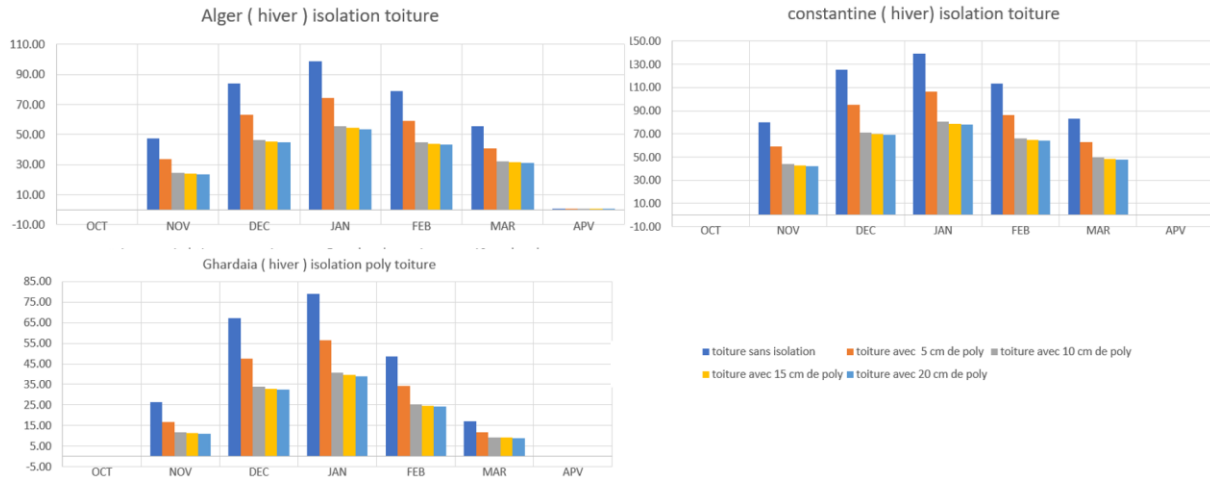


Figure 94 : L'évolution des besoins en énergie pour le chauffage de l'école avec isolation de la toiture seule pour les régions (Alger, Ghardaïa et Constantine).

Les résultats de la consommation d'énergie pour le chauffage avec différentes épaisseurs d'isolation de la toiture sont les suivants :

- **Alger :**

Tableau 56 : Evaluation de la consommation d'énergie pour le chauffage avec différentes épaisseurs d'isolation de la toiture, pour la ville d'Alger.

Épaisseur (cm)	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Réduction totale (kWh)	Réduction (%)
Cas standard	4746	8409	9904	7887	5564	-	-
5 cm	3378	6301	7454	5928	4097	10830	29%
10 cm	2449	4666	5569	4496	3204	15066	40%
15 cm	2391	4560	5445	4402	3144	15488	41%
20 cm	2360	4500	5377	4350	3111	15787	42%

- **Constantine :**

Tableau 57 : Evaluation de la consommation d'énergie pour le chauffage avec différentes épaisseurs d'isolation de la toiture, pour la ville de Constantine.

Épaisseur (cm)	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Réduction totale (kWh)	Réduction (%)
Cas standard	7999	12530	13930	11320	8345	-	-
5 cm	5907	9506	10630	8627	6293	26399	29%
10 cm	4384	7144	8058	6608	4947	38947	48%
15 cm	4287	6990	7891	6476	4858	39904	49%
20 cm	4233	6905	7800	6404	4807	40462	50%

- **Ghardaïa :**

Tableau 58 : Evaluation de la consommation d'énergie pour le chauffage avec différentes épaisseurs d'isolation de la toiture, pour la ville de Ghardaïa.

Épaisseur (cm)	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Réduction totale (kWh)	Réduction (%)
Cas standard	2647	6728	7886	4854	1726	-	-
5 cm	1676	4766	5648	3416	1176	12935.00	37%
10 cm	1155	3388	4067	2526	926.7	19582.30	57%
15 cm	1126	3299	3964	2469	910.7	20011.00	58%
20 cm	1109	3250	3908	2436	901.6	20259.30	59%

D'après les résultats, nous avons remarqué qu'à partir d'une épaisseur de 10 cm d'isolation dans la toiture, les besoins en énergie pour le chauffage et la climatisation dans les trois zones étudiées s'amortissent :

- **Alger :** Une épaisseur de 10 cm de polystyrène réduit les besoins en climatisation de 21 % et les besoins en chauffage de 40 %, démontrant son efficacité et sa rentabilité.
- **Ghardaïa :** Avec une épaisseur de 10 cm, les réductions maximales sont atteintes, avec une diminution de 27 % pour la climatisation et de 57 % pour le chauffage, justifiant pleinement cette épaisseur pour cette région.
- **Constantine :** Une épaisseur de 10 cm permet de réduire les besoins en climatisation de 22 % et les besoins en chauffage de 48 %, ce qui en fait une solution optimale pour cette région.

Ainsi, l'épaisseur optimale pour la toiture est de 10 cm pour les trois zones, et nous avons effectué la suite des simulations avec cette épaisseur.

- Saison estivale :

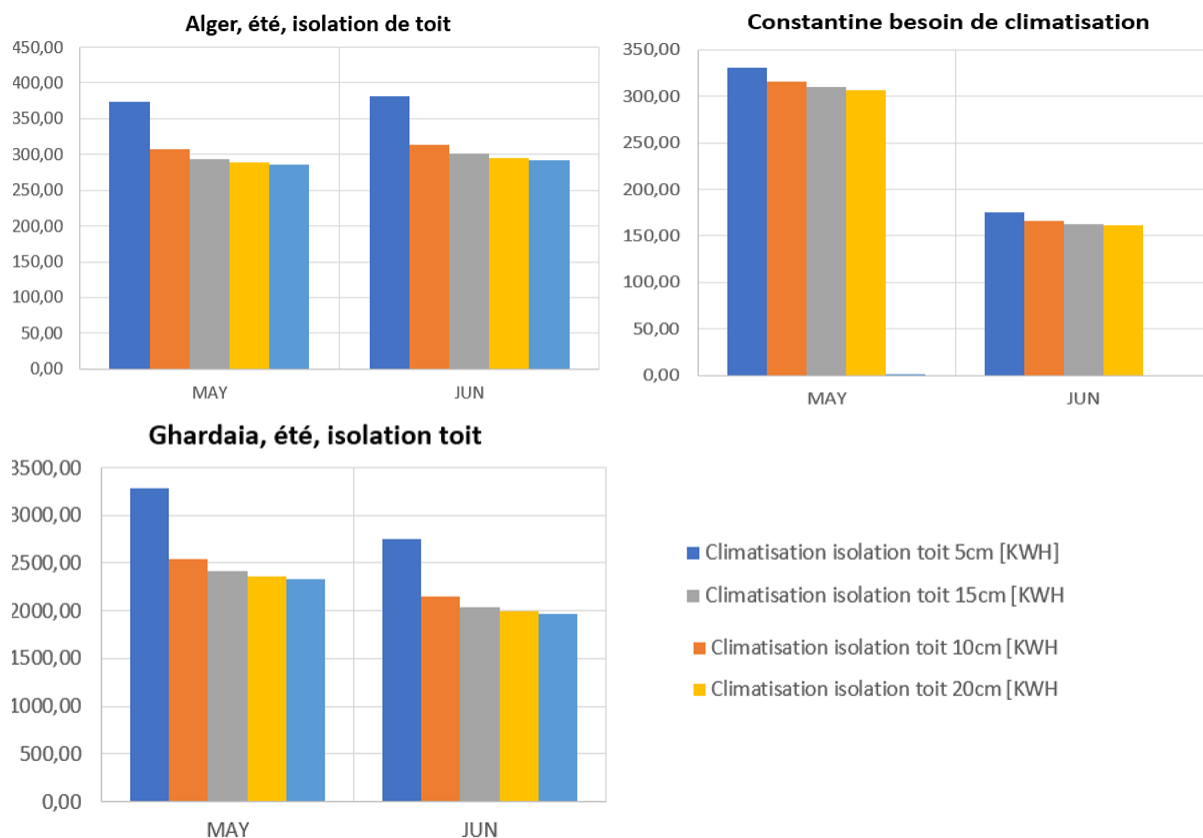


Figure 95 : L'évolution des besoins en énergie pour la climatisation de l'école avec isolation de la toiture seule pour les régions (Alger, Ghardaïa et Constantine).

Les résultats de la consommation d'énergie pour la climatisation avec différentes épaisseurs d'isolation de la toiture sont les suivants :

- **Alger :**

Tableau 59 : Evaluation de la consommation d'énergie pour la climatisation avec différentes épaisseurs d'isolation de la toiture, pour la ville d'Alger.

Épaisseur (cm)	Mai (kWh)	Juin (kWh)	Réduction totale (kWh)	Réduction (%)
Cas standard	374.2	382.1	-	-
5 cm	306.89	313.5	135.91	17%
10 cm	294.2	300.89	161.21	21%
15 cm	288.8	295.39	172.11	23%
20 cm	286	292.60	177.70	23%

CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

- **Constantine :**

Tableau 60 : Evaluation de la consommation d'énergie pour la climatisation avec différentes épaisseurs d'isolation de la toiture, pour la ville de Constantine.

Épaisseur (cm)	Mai (kWh)	Juin (kWh)	Réduction totale (kWh)	Réduction (%)
Cas standard	330.5	175.2	-	-
5 cm	330.5	175.2	58.10	17%
10 cm	315.89	166.6	74.30	22%
15 cm	309.7	162.9	80.10	24%
20 cm	306.5	161	84.20	25%

- **Ghardaïa :**

Tableau 61 : Evaluation de la consommation d'énergie pour la climatisation avec différentes épaisseurs d'isolation de la toiture, pour la ville de Ghardaïa.

Épaisseur (cm)	Mai (kWh)	Juin (kWh)	Réduction totale (kWh)	Réduction (%)
Cas standard	3278	2756	-	-
5 cm	2546	2149	1339	22%
10 cm	2415	2037	1582	27%
15 cm	2360	1990	1684	28%
20 cm	2330	1964	1740	29%

3.3.3. Isolation de la toiture et des murs :

Pour cette partie, et d'après les résultats obtenus pour la simulation de l'isolation de la toiture, nous avons pris en compte l'exigence du cahier des charges stipulant une isolation de la toiture. Ainsi, nous avons fixé l'épaisseur de la toiture à 10 cm pour les trois zones étudiées. Ensuite, nous avons fait varier l'épaisseur de l'isolant en polystyrène dans les murs à 3 cm, 6 cm, 9 cm et 12 cm. Les résultats obtenus montrent l'évolution des besoins en énergie pour le chauffage et la climatisation, ainsi que l'évolution des températures intérieures des différentes pièces de l'école. Ces résultats sont présentés ci-dessous :

3.3.3.1 Températures intérieures :

- Saison hivernale :

Pour Alger :

CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

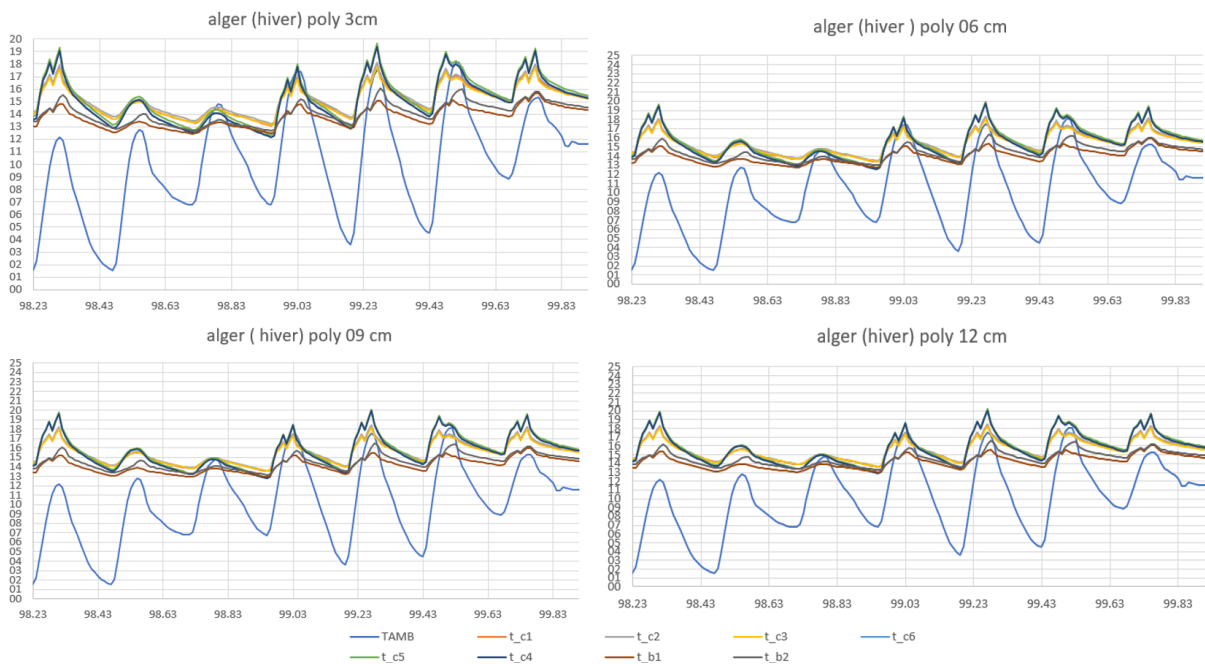


Figure 96 : Evaluation des températures intérieures de l'école selon l'isolation de l'enveloppe en polystyrène pour la ville d'Alger, pendant la semaine hivernale la plus défavorable.

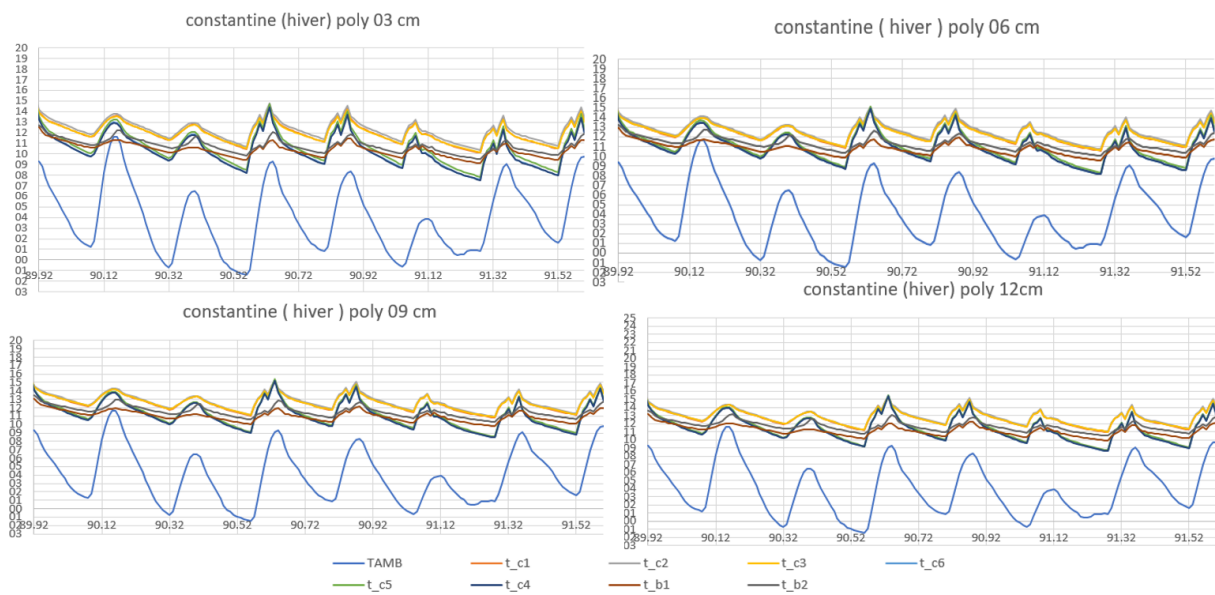


Figure 97 : Evaluation des températures intérieures de l'école selon l'isolation de l'enveloppe en polystyrène pour la ville de Constantine, pendant la semaine hivernale la plus défavorable.

CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

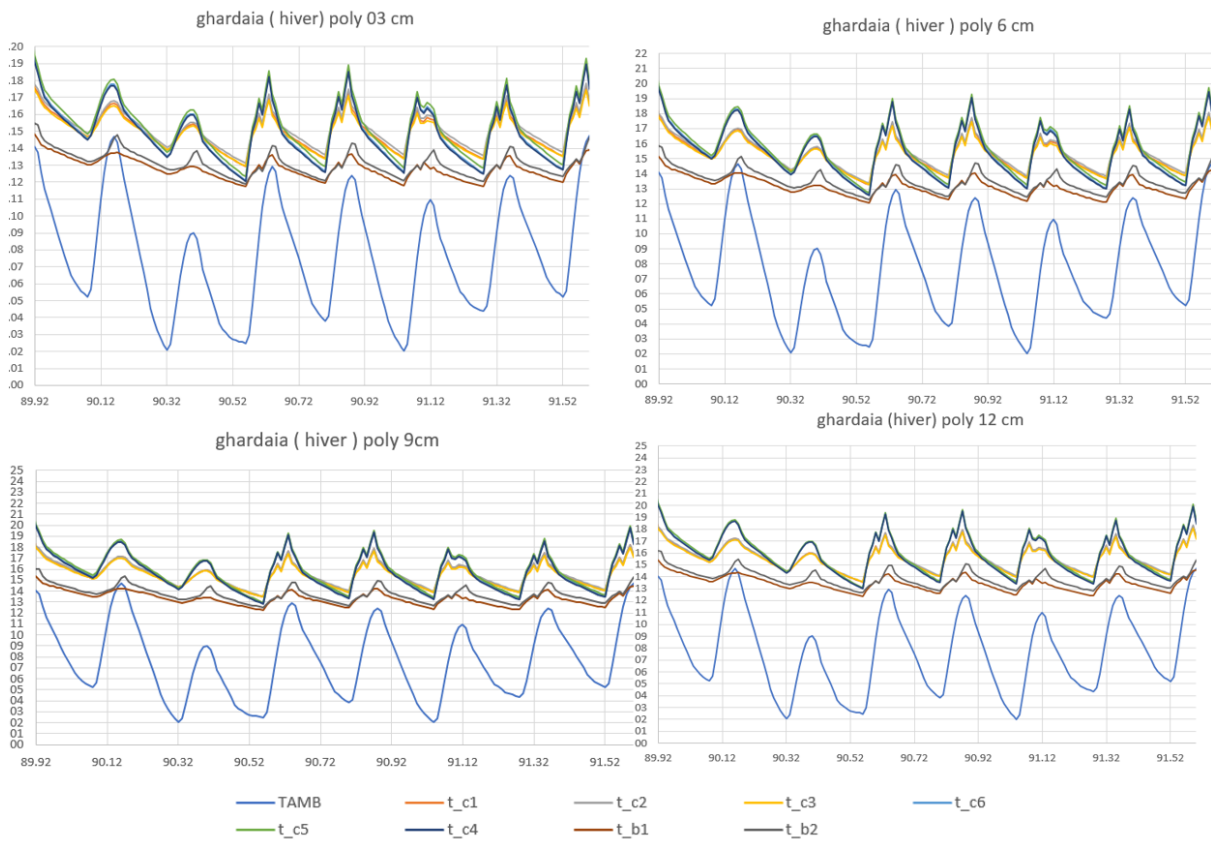


Figure 98 : Evaluation des températures intérieures de l'école selon l'isolation de l'enveloppe en polystyrène pour la ville de Ghardaïa, pendant la semaine hivernale la plus défavorable.

Nous avons analysé les températures maximales et minimales pour les trois salles au rez-de-chaussée (C1, C2, C3), les trois salles à l'étage (C4, C5, C6) ainsi que les deux bureaux (B1, B2) de l'école pour chaque zone climatique (Alger, Ghardaïa, Constantine) et pour différentes épaisseurs d'isolant thermique (3 cm, 6 cm, 9 cm, 12 cm) de la semaine la plus froide de la saison hivernale pour des températures extérieures d'Alger, Constantine et Ghardaïa sont respectivement (2--18 °C) ; (-2—11 °C) et (2—14.5 °C) :

Tableau 62 : Evaluation des températures intérieures de l'école selon l'isolation de l'enveloppe en polystyrène pour la ville d'Alger, pendant la semaine hivernale la plus défavorable.

Emplacement	Alger 3 cm	Alger 6 cm	Alger 9 cm	Alger 12 cm
Salles rez-de-chaussée (C1, C2, C3)	13-18	14-18	14-18.5	14-18.5
Salles étage (C4, C5, C6)	12-19	13-20	14-20	14-20
Bureaux (B1, B2)	12-16	13-16	13-16.5	13-16.5

CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

Tableau 63 : Evaluation des températures intérieurs de l'école selon l'isolation de l'enveloppe en polystyrène pour la ville de Constantine, pendant la semaine hivernale la plus défavorable.

Emplacement	Constantine 3 cm	Constantine 6 cm	Constantine 9 cm	Constantine 12 cm
Salles rez-de-chaussée (C1, C2, C3)	13-17	13.5-18	14-18	14-18
Salles étage (C4, C5, C6)	12-19	13-20	14-20	14-20
Bureaux (B1, B2)	20-26	21-24	12-15	12.5-15

Tableau 64 : Evaluation des températures intérieurs de l'école selon l'isolation de l'enveloppe en polystyrène pour la ville de Ghardaïa, pendant la semaine hivernale la plus défavorable.

Emplacement	Ghardaïa 3 cm	Ghardaïa 6 cm	Ghardaïa 9 cm	Ghardaïa 12 cm
Salles rez-de-chaussée (C1, C2, C3)	11-15	12-15	13-15	13.5-15.5
Salles étage (C4, C5, C6)	08-15	08-15	08.5-15	9-15.5
Bureaux (B1, B2)	10-12	11-13.5	10-13	11-13

Les résultats montrent une augmentation notable des températures maximales avec l'augmentation de l'épaisseur de l'isolant. Pour les températures minimales, une augmentation progressive est observée avec l'augmentation de l'épaisseur de l'isolant.

Pour Alger :

- Les températures maximales sont réduites de 4°C à 5°C en passant de 3 cm à 12 cm d'épaisseur.
- Les températures minimales augmentent de 3°C.

Pour Ghardaïa :

- Les températures maximales diminuent de 4°C.
- Les températures minimales augmentent de 3°C.

Pour Constantine :

- Les températures maximales sont réduites de 4°C.
- Les températures minimales augmentent de 3°C.

En augmentant l'épaisseur de l'isolant, les températures minimales augmentent dans toutes les pièces des trois villes étudiées. Pour Alger, les températures minimales augmentent de 1°C à 2°C, pour Constantine de 1°C à 2°C, et pour Ghardaïa de 1°C à 2.5°C. Les températures maximales montrent une légère augmentation de 0.5°C à 2°C. En comparaison avec les températures extérieures (Alger : 2-18°C, Constantine : -2-11°C,

CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

Ghardaïa : 2-14.5°C), les températures intérieures sont nettement plus stables et plus élevées, surtout les températures minimales.

Les salles au rez-de-chaussée bénéficient d'une stabilité thermique en raison de la chaleur provenant des salles à l'étage. Les salles à l'étage, avec une toiture isolée à 10 cm de polystyrène, montrent une amélioration des températures minimales. Les bureaux, en raison de leur faible occupation, restent plus froids même avec une isolation accrue.

- Saison estivale :

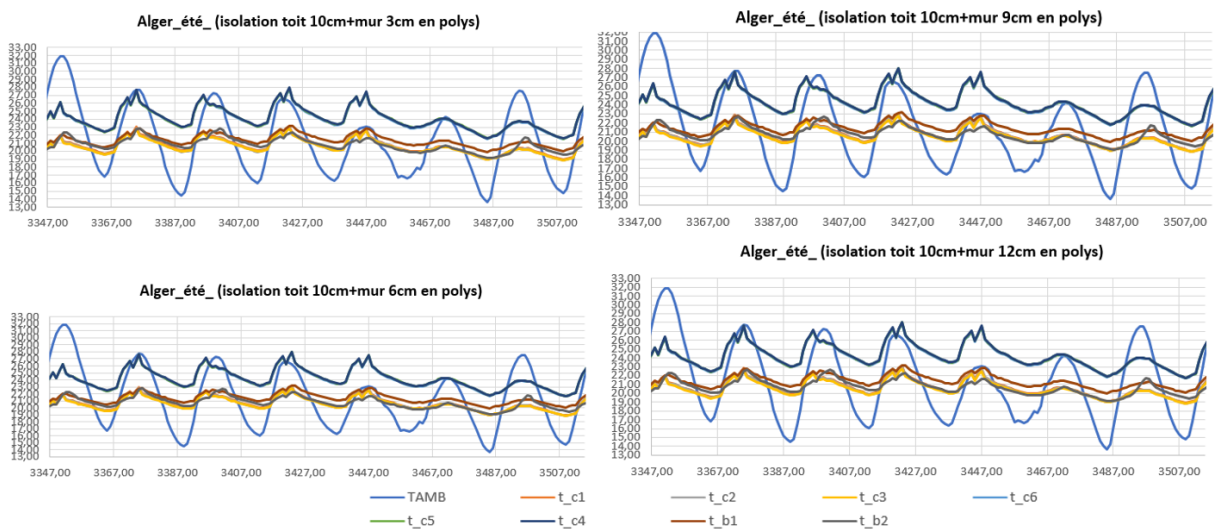


Figure 99 : Evaluation des températures intérieures de l'école selon l'isolation de l'enveloppe en polystyrène pour la ville d'Alger, pendant la semaine estivale la plus défavorable.

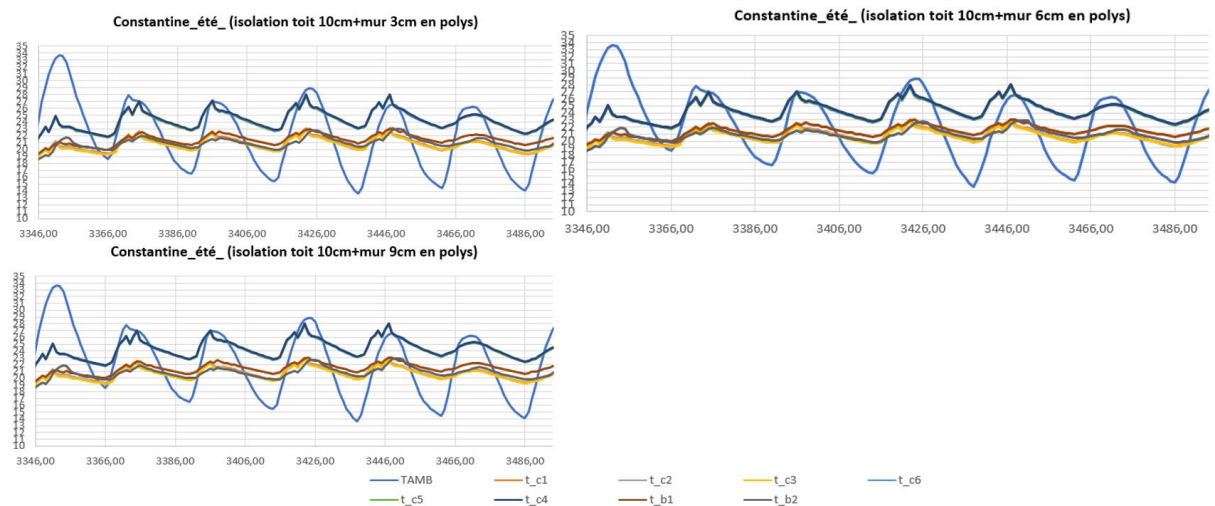


Figure 100 : Evaluation des températures intérieures de l'école selon l'isolation de l'enveloppe en polystyrène pour la ville de Constantine, pendant la semaine estivale la plus défavorable.

CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

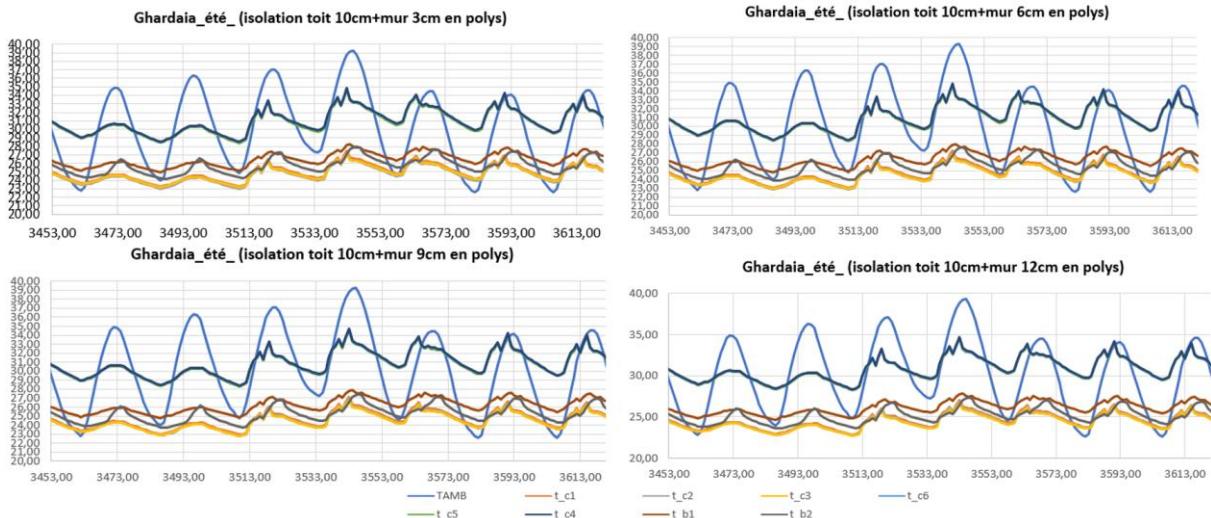


Figure 101 : Evaluation des températures intérieures de l'école selon l'isolation de l'enveloppe en polystyrène pour la ville de Ghardaïa, pendant la semaine estivale la plus défavorable.

En analysant les températures maximales et minimales pour les trois salles au rez-de-chaussée (C1, C2, C3), les trois salles à l'étage (C4, C5, C6) ainsi que les deux bureaux (B1, B2) pour chaque zone climatique (Alger, Ghardaïa, Constantine) et pour différentes épaisseurs d'isolants thermiques (3 cm, 6 cm, 9 cm, 12 cm) pendant la saison estivale, les résultats montrent que l'isolation thermique engendre une surchauffe dans toutes les pièces de l'école pour les différentes zones climatiques.

Alger

- Températures extérieures : 14-32°C
- Températures minimales : Augmentent de 3°C.
- Températures maximales : Réduites de 4°C à 5°C en passant de 3 cm à 12 cm d'épaisseur.

Tableau 65 : Evaluation des températures intérieures de l'école selon l'isolation de l'enveloppe en polystyrène pour la ville d'Alger, pendant la semaine estivale la plus défavorable.

Emplacement	3 cm	6 cm	9 cm	12 cm
Salles RDC (C1, C2, C3)	19.5-28.5°C	20.5-26.5°C	21.5-25.5°C	22.5-24.5°C
Salles étage (C4, C5, C6)	18-30°C	19-28°C	20-27°C	21-26°C
Bureaux (B1, B2)	21-27°C	22-25°C	23-24°C	24-23°C

Constantine

- Températures extérieures : 14-33.5°C
- Températures minimales : Augmentent de 3°C.

CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

- Températures maximales : Réduites de 4°C.

Tableau 66 : Evaluation des températures intérieurs de l'école selon l'isolation de l'enveloppe en polystyrène pour la ville de Ghardaïa, pendant la semaine estivale la plus défavorable.

Emplacement	3 cm	6 cm	9 cm	12 cm
Salles RDC (C1, C2, C3)	18.5-27.5°C	19.5-25.5°C	20.5-24.5°C	21.5-23.5°C
Salles étage (C4, C5, C6)	17-29°C	18-27°C	19-26°C	20-25°C
Bureaux (B1, B2)	20-26°C	21-24°C	22-23°C	23-22°C

En augmentant l'épaisseur de l'isolant, les températures minimales augmentent dans toutes les pièces des trois villes étudiées. À Alger, les températures minimales augmentent de 3°C, à Constantine de 3°C, et à Ghardaïa de 3°C. Les températures maximales montrent une légère augmentation ou restent stables, indiquant que l'isolation contribue principalement à réduire les pertes de chaleur. Les salles au rez-de-chaussée bénéficient de températures plus stables par rapport aux salles à l'étage, ce qui peut être attribué à l'influence du sol et à une exposition moindre au soleil direct. Les salles à l'étage, avec une toiture isolée à 10 cm de polystyrène, montrent une amélioration des températures minimales. Les bureaux, en raison de leur faible occupation, restent plus froids même avec une isolation accrue.

En comparaison avec les températures extérieures (Constantine : 14-33.5°C, Ghardaïa : 23-39°C), les pièces de l'école montrent une surchauffe due à l'isolation thermique accrue. La stabilité thermique dans les salles au rez-de-chaussée et l'amélioration des températures minimales dans les salles à l'étage soulignent l'importance de l'isolation efficace pour maintenir un confort thermique. Toutefois, l'isolation thermique engendre une surchauffe, surtout en l'absence d'une ventilation adéquate ou d'autres mesures de refroidissement passif. La ventilation nocturne est une solution passive efficace pour réduire la surchauffe dans les bâtiments bien isolés. En permettant l'évacuation de l'air chaud accumulé pendant la journée et en introduisant de l'air frais pendant la nuit, la ventilation nocturne peut aider à maintenir des températures intérieures plus confortables. Cette méthode est particulièrement utile dans les climats chauds et arides, comme ceux de Ghardaïa et Constantine, où les températures nocturnes sont plus fraîches que les températures diurnes.

3.3.3.2 Besoins énergétiques :

- Besoin en chauffage :

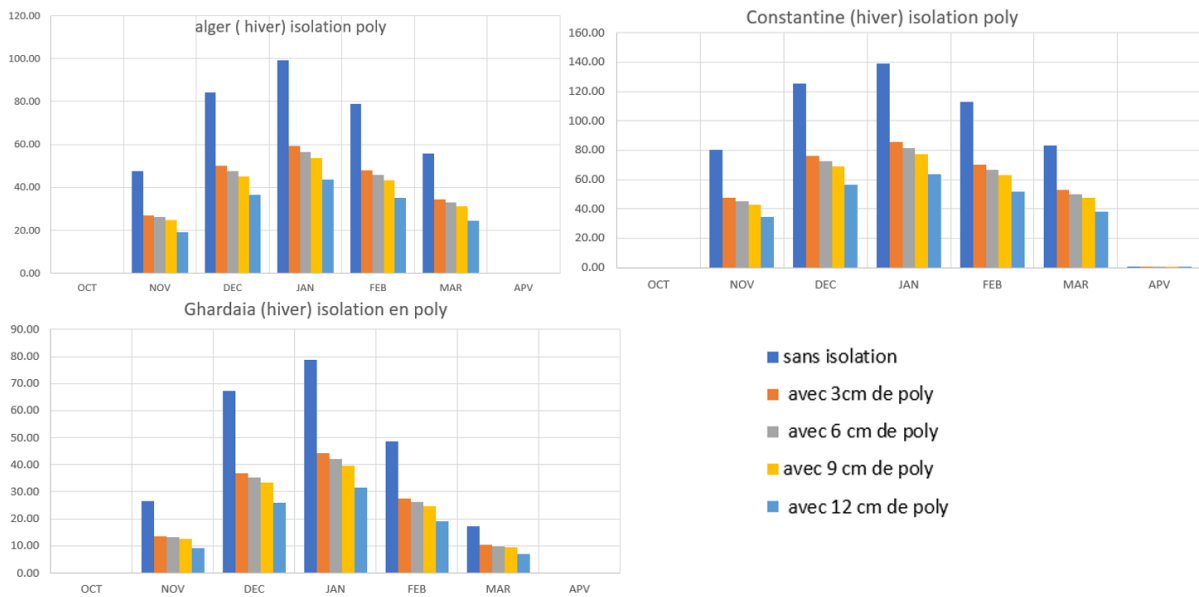


Figure 102 : L'évolution des besoins en énergie pour le chauffage de l'école avec isolation des murs et de la toiture pour les régions (Alger, Ghardaïa et Constantine).

Tableau 67 : L'évolution des besoins en énergie pour le chauffage de l'école avec isolation des murs et de la toiture pour les régions (Alger, Ghardaïa et Constantine).

Zone	Cas standard (kWh)	Avec 12 cm (kWh)	Réduction (kWh)	Réduction (%)
Alger	36 200	15 800	20 400	56 %
Constantine	54 000	24 400	29 600	54 %
Ghardaïa	23 200	8 900	14 300	61 %

Nous avons analysé l'évolution des besoins en énergie pour le chauffage et avons constaté que, pour les trois premières épaisseurs de 3 cm, 6 cm et 9 cm, les besoins en chauffage sont très proches. Cependant, pour l'épaisseur de 12 cm, les besoins en chauffage ont significativement diminué. En effet, avec une épaisseur de 12 cm, à Ghardaïa, les besoins en chauffage ont diminué de 61 %, ce qui correspond à une économie de 14 300 kWh par rapport au cas standard de 23 200 kWh. À Alger, la réduction est de 56 %, soit une économie de 20 400 kWh par rapport au cas standard de 36 200 kWh. À Constantine, les besoins en chauffage ont diminué de 54 %, représentant une économie de 29 600 kWh par rapport au cas standard de 54 000 kWh. Ces résultats montrent l'impact de l'épaisseur de l'isolant sur les besoins en énergie pour le chauffage.

CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

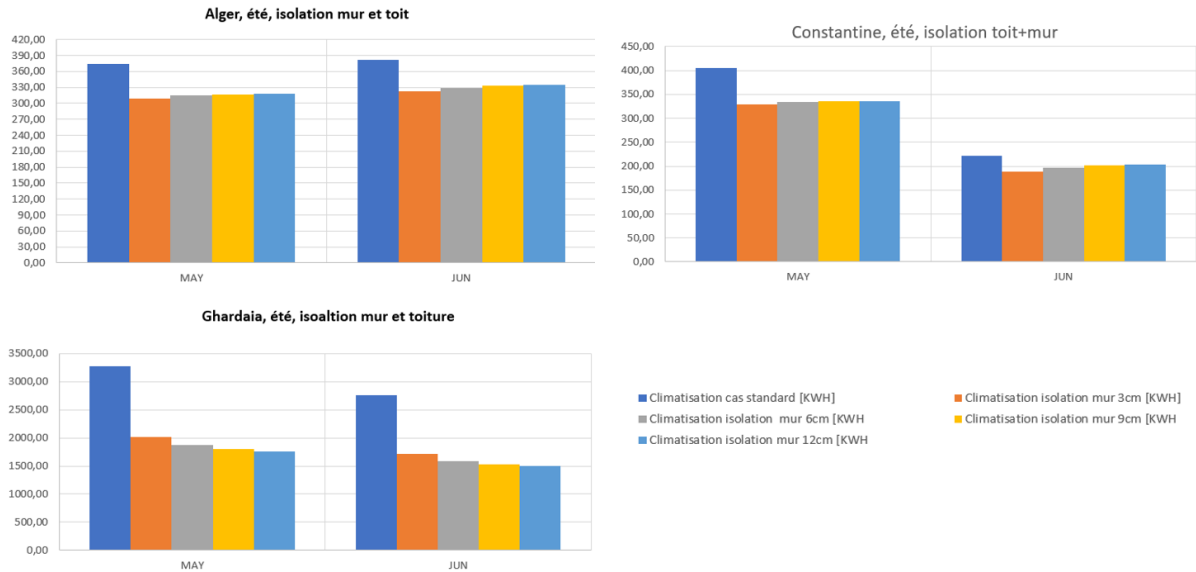


Figure 103 : L'évolution des besoins en énergie pour la climatisation de l'école avec isolation des murs et de la toiture pour les régions (Alger, Ghardaïa et Constantine).

Tableau 68 : L'évolution des besoins en énergie pour la climatisation de l'école avec isolation des murs et de la toiture pour les régions (Alger, Ghardaïa et Constantine).

Zone Climatique	Cas Standard (kWh)	Épaisseur de l'Isolant (12 cm)	Économie d'Énergie (kWh)	Réduction (%)
Ghardaïa	5 900	3 200	2 700	45 %
Alger	750	657	93	12,4 %
Constantine	635	530	105	16 %

Nous avons également analysé l'évolution des besoins en énergie pour la climatisation pendant la saison estivale et avons constaté des résultats intéressants pour une épaisseur de 12 cm. À Ghardaïa, où l'isolation est particulièrement importante en raison des températures élevées, nous avons réalisé des économies de 45 %, soit 2 700 kWh par rapport au cas standard de 5 900 kWh. Pour Alger, la réduction est de 12,4 %, ce qui représente une économie de 93 kWh par rapport au cas standard de 750 kWh. À Constantine, les besoins en climatisation ont diminué de 16 %, soit une économie de 105 kWh par rapport au cas standard de 635 kWh. Ces résultats montrent clairement que l'augmentation de l'épaisseur de l'isolant à 12 cm entraîne des réductions significatives des besoins en énergie pour la climatisation pendant la saison estivale. L'amélioration de l'isolation thermique, particulièrement à cette épaisseur, permet de réaliser des économies d'énergie substantielles. Cela souligne l'importance de choisir une épaisseur d'isolant optimale pour maximiser l'efficacité énergétique et minimiser les coûts de climatisation, tout comme pour le chauffage. De plus, étant donné que l'école est

principalement occupée pendant la saison hivernale, l'isolation en polystyrène de la toiture à 10 cm et des murs à 12 cm pour les trois zones étudiées se révèle être une solution optimale. En optimisant l'épaisseur de l'isolant, on obtient une performance énergétique accrue, ce qui contribue à une réduction des coûts énergétiques et à une meilleure efficacité énergétique globale des bâtiments.

3.3.4. *Effet des matériaux de construction sur l'évolution des températures intérieures ainsi que les besoins en chauffage et en climatisation :*

Cette partie se concentre sur l'impact des matériaux de construction sur les conditions thermiques et les besoins en climatisation d'une école située à Alger, Constantine et Ghardaïa. Nous avons évalué deux configurations principales : le parpaing de 20 cm et les voiles en béton de 16 cm pour Alger et Constantine, avec et sans isolation de la toiture à 10 cm de polystyrène, ainsi que l'adobe de 50 cm d'épaisseur et le BTS (bloc de terre stabilisée) de 50 cm pour Ghardaïa. L'objectif est de comprendre comment ces choix de matériaux influencent la température intérieure et les besoins énergétiques pour le chauffage et la climatisation dans des contextes climatiques variés.

- **Pour la région d'Alger et Constantine :**

Pour rappel, nous avons évalué l'effet de parpaing, voiles en béton ainsi que la brique Monomur sur les températures intérieures et les besoins d'énergie pour le chauffage et la climatisation. Toutes les interprétations ont été faites en comparant les résultats avec le cas standard de l'école pour la température et les besoins en énergie pour le chauffage et la climatisation.

3.3.5. Parpaing :

- Saison hivernale :
- Températures intérieurs :

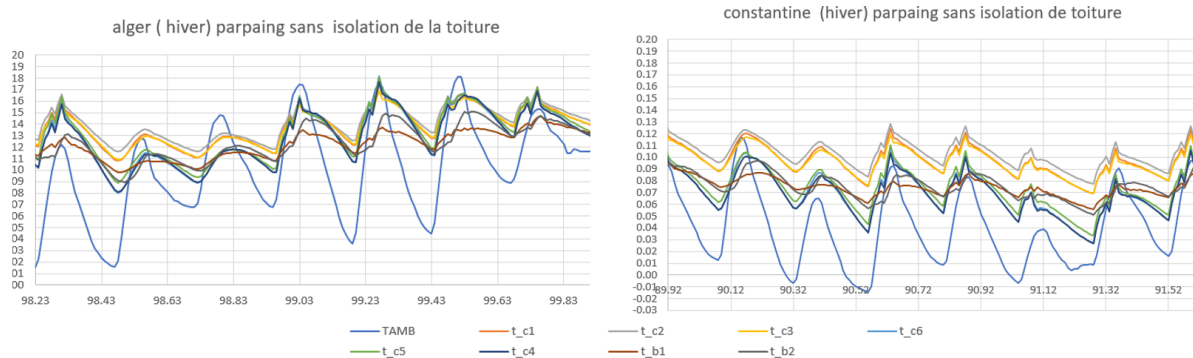


Figure 104 : Variation de la température intérieure des pièces de l'école avec parpaing en saison hivernale pour les deux régions (Alger et Constantine).

D'après la figure ci-dessus, nous avons constaté que le profil des températures est instable pour les différentes zones thermiques et c'est dû à l'absence de l'isolation thermique. L'utilisation de parpaing a permis de diminuer les températures dans les différents espaces de l'école dans la région d'Alger, les températures ont pu variés entre 10°C et 18°C dans les salles de rez de chaussé, les salles de l'étage et les bureaux pour le cas de référence alors que pour la variante dont les murs sont en parpaing les températures ont varié entre 8 °C et 17.5°C pour les mêmes espaces ce qui a permis d'atteindre des écarts de températures qui varient de 0.5 à 2°C. Pour Constantine, les températures ont pu variés entre 6°C et 13.5°C dans les salles de rez de chaussé, les salles de l'étage et les bureaux pour le cas de référence alors que pour la variante dont les murs sont en parpaing, les températures ont varié entre 4 °C et 13°C pour les mêmes espaces ce qui a permis d'atteindre des écarts de températures qui varient de 0.5 à 2°C. Nous constatons que le parpaing diminue la température à l'intérieure des espaces et l'ajout de l'isolation dans la toiture a permis d'obtenir un profil stable.

- Besoins en chauffage :

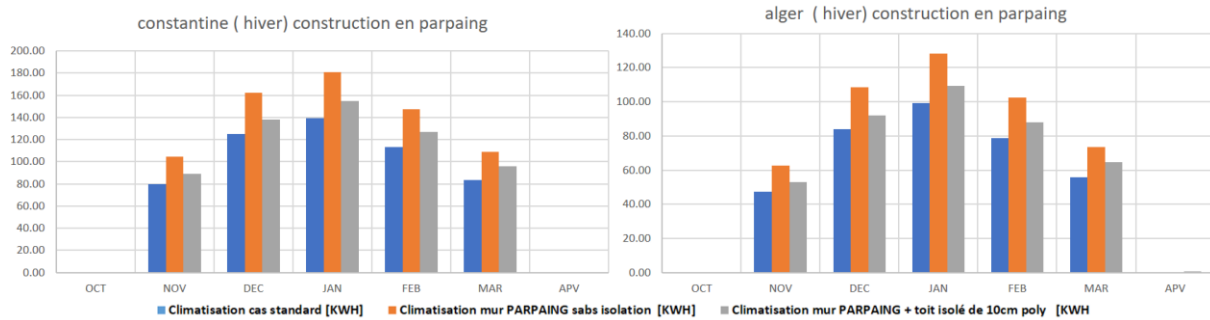


Figure 105 : L'évolution des besoins en énergie pour le chauffage de l'école pour le cas standard, avec murs en parpaing et avec murs en parpaing et isolation à 10 cm de la toiture pour les régions (Alger et Constantine).

La comparaison des résultats des simulations effectuées avec une consigne de thermostat durant la période hivernale pour les différentes variantes a révélé que le cas de référence (double cloison en brique) est le plus performant par rapport aux variantes avec les murs en parpaing, avec et sans isolation, pour les deux régions d'Alger et de Constantine.

Pour le cas d'Alger, les besoins en chauffage ont été estimés à 36 100 kWh, 45300 kWh et 38000 kWh respectivement pour les variantes suivantes : cas de référence, variante avec murs en parpaing, et variante avec murs en parpaing et toiture isolée avec 10 cm de polystyrène.

Pour le cas de Constantine, les besoins en chauffage ont été estimés à 54 000 kWh, 68300 kWh et 58500 kWh respectivement pour les variantes suivantes : cas de référence, variante avec murs en parpaing, et variante avec murs en parpaing et toiture isolée avec 10 cm de polystyrène. Ces résultats mettent en évidence que l'utilisation de parpaing, avec ou sans isolation, est déconseillée dans la construction des écoles en région d'Alger et Constantine, par rapport au cas standard. Le parpaing se révèle particulièrement défavorable durant la saison hivernale dans ces deux régions, entraînant une augmentation significative des besoins en chauffage de l'ordre de 9 200 kWh pour Alger et de 14 300 kWh pour Constantine, comparé au cas de référence.

- **Saison estivale**
- **Températures intérieures :**

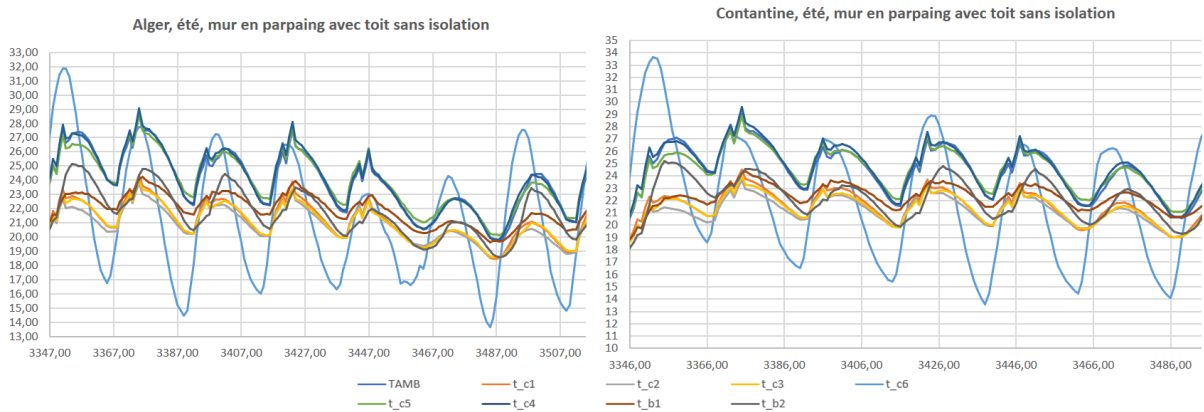


Figure 106 : Variation de la température intérieure des pièces de l'école avec les murs en parpaing en saison estivale pour les deux régions (Alger et Constantine).

Après comparaison des résultats obtenus des différentes variantes étudiées adaptées au contexte climatique des deux villes d'Alger et Constantine, par rapport au cas de référence (Voir Figures 11), nous avons constaté que le profil des températures est instable pour les différentes zones thermiques et c'est dû à l'absence de l'isolation thermique.

L'utilisation de parpaing a permis d'augmenter les températures dans les différents espaces de l'école dans la région d'Alger, les températures ont pu varier entre 20°C et 29°C dans les salles de rez de chaussé, les salles de l'étage et les bureaux pour le cas de référence alors que pour la variante dont les murs sont en parpaing les températures ont varié entre 21.5 °C et 29.5°C pour les mêmes espaces ce qui a permis d'atteindre des écarts de températures qui varient de 1°C. Pour Constantine, les températures ont pu varier entre 28.5°C et 20.5°C dans les salles de rez de chaussé, les salles de l'étage et les bureaux pour le cas de référence alors que pour la variante dont les murs sont en parpaing les températures ont varié entre 21 °C et 30°C pour les mêmes espaces ce qui a permis d'atteindre des écarts de températures qui varient de 1.5°C. Nous constatons que le parpaing augmente la température à l'intérieure des espaces et l'ajout de l'isolation dans la toiture a permis d'obtenir un profil stable.

- Besoin en climatisation :

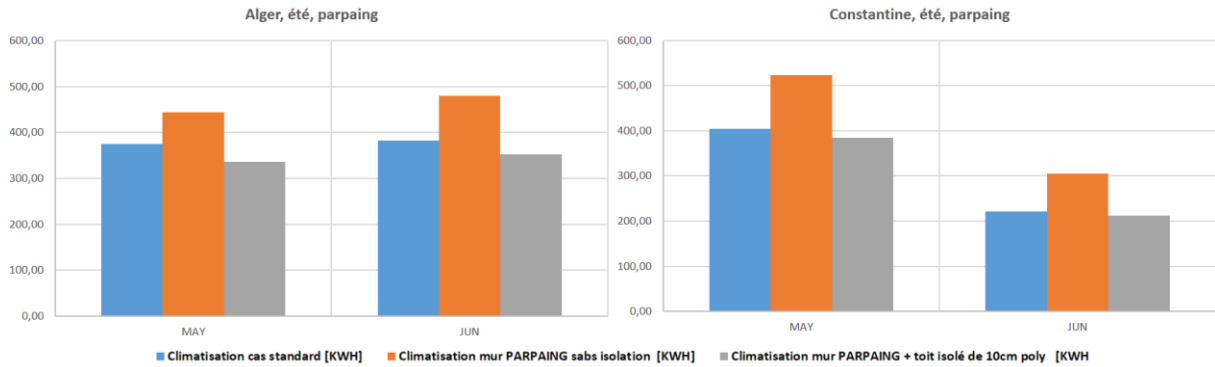


Figure 107 : L'évolution des besoins en énergie pour la climatisation de l'école pour le cas standard, avec murs en parpaing et avec murs en parpaing et isolation à 10 cm de la toiture pour les régions (Alger et Constantine).

La figure montre que pour le cas d'Alger, les besoins en climatisation ont été estimés à 740 KWH, 910 KWH et 680 KWH respectivement pour les variantes : Cas de référence, variante dont les murs sont en parpaing et variante dont les murs sont en parpaing et la toiture isolée à 10 cm de polystyrène. Pour le cas de Constantine, les besoins en climatisation ont été estimés à 620 KWH, 810 KWH et 580 KWH respectivement pour les variantes : Cas de référence, variante dont les murs sont en parpaing et variante dont les murs sont en parpaing et la toiture isolée à 10 cm de polystyrène. Les briques en double cloison se révèlent plus efficaces que les le parpaing sans isolation. En conclusion, la construction en parpaing avec et sans isolation n'est pas une solution favorable en saison estivale pour les régions d'Alger et Constantine.

3.3.6. Voile en béton :

- Saison hivernale :
- Températures intérieures :

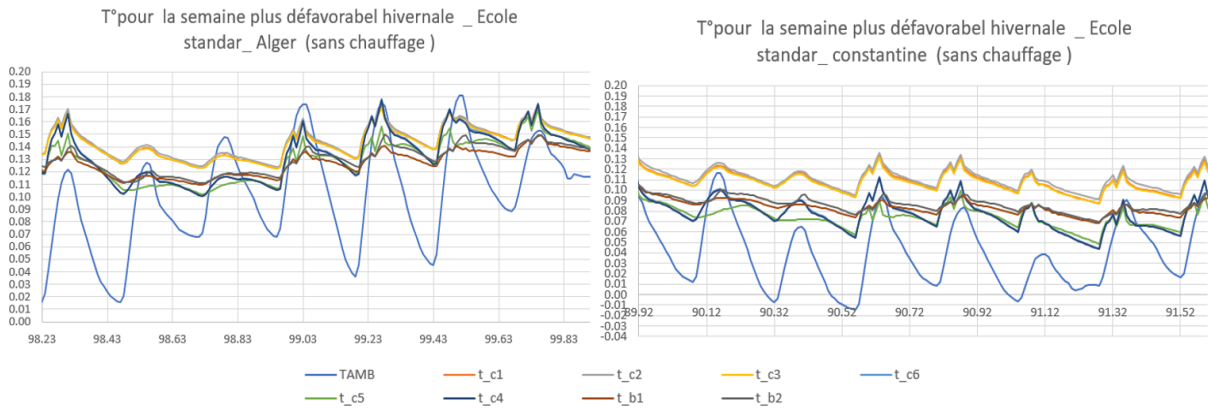


Figure 108 : Variation de la température intérieure des pièces de l'école (cas standard) en saison hivernale pour les deux régions (Alger et Constantine).

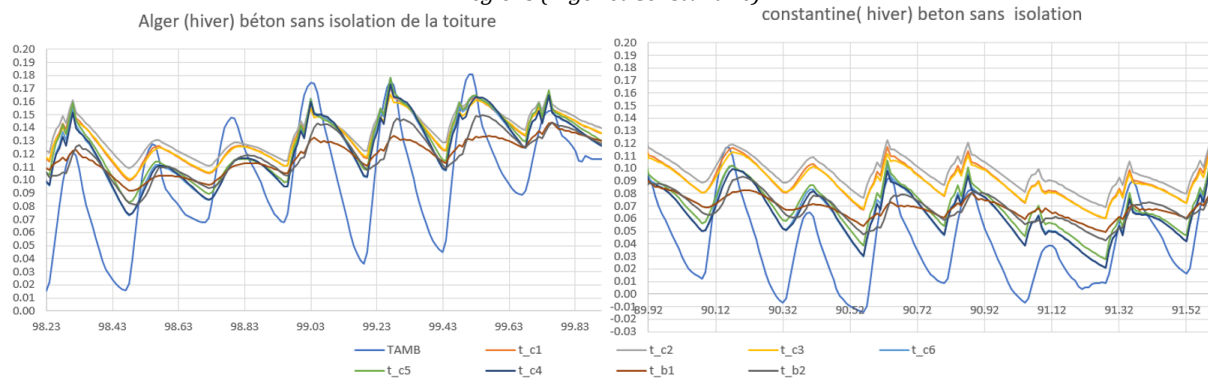


Figure 109 : Variation de la température intérieure des pièces de l'école avec voiles en béton en saison hivernale pour les deux régions (Alger et Constantine).

D'après la figure 5, nous avons constaté que le profil des températures est instable pour les différentes zones thermiques et ça est dû à l'absence de l'isolation thermique. L'utilisation des voiles en béton a permis de diminuer les températures dans les différents espaces de l'école dans la région d'Alger, les températures ont pu variés entre 10°C et 18°C dans les salles de rez de chaussé, les salles de l'étage et les bureaux pour le cas de référence alors que pour la variante dont les murs sont en béton les températures ont variées entre 8 °C et 18.5°C pour les mêmes espaces ce qui a permis d'atteindre des écarts de températures qui varient de 0.5 à 2°C. Pour Constantine, les températures ont pu variés entre 6°C et 13.5°C dans les salles de rez de chaussé, les salles de l'étage et les bureaux pour le cas de référence alors que pour la variante dont les murs sont en béton les températures ont variées entre 3.5 °C et 12°C pour les mêmes espaces ce qui a permis d'atteindre des écarts de températures qui varient de 1.5 à 2.5°C. Nous constatons que le

béton diminue la température à l'intérieure des espaces et l'ajout de l'isolation dans la toiture a permis d'obtenir un profil stable.

- Besoin en chauffage :

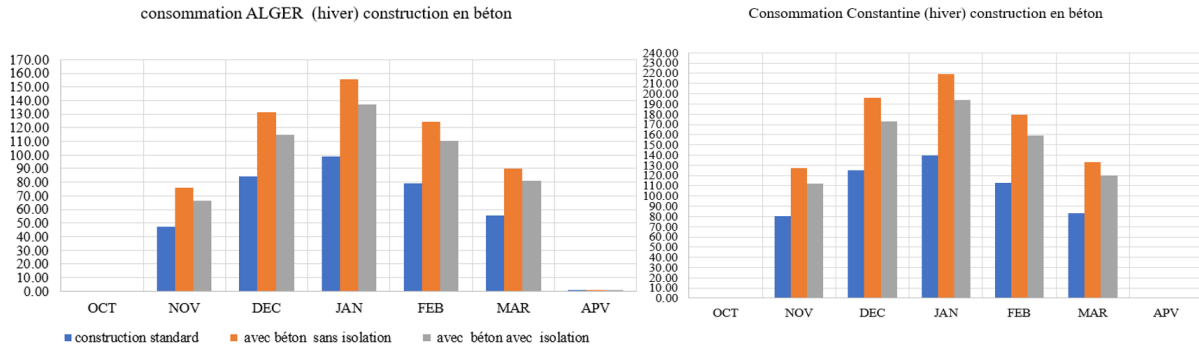


Figure 110 : L'évolution des besoins en énergie pour le chauffage de l'école pour le cas standard, avec murs en béton et avec murs en béton avec isolation de la toiture à 10 cm pour les régions (Alger et Constantine).

La comparaison des résultats des simulations effectuées avec une consigne de thermostat durant la période hivernale pour les différentes variantes (figure 6) a révélé que le cas de référence (double cloison en brique) est le plus performant par rapport aux variantes avec les murs en béton, avec et sans isolation, pour les deux régions d'Alger et de Constantine.

Pour le cas d'Alger, les besoins en chauffage ont été estimés à 36 100 kWh, 57 100 kWh et 50 200 kWh respectivement pour les variantes suivantes : cas de référence, variante avec murs en béton, et variante avec murs en béton et toiture isolée avec 10 cm de polystyrène.

Pour le cas de Constantine, les besoins en chauffage ont été estimés à 54 000 kWh, 84 700 kWh et 75 000 kWh respectivement pour les variantes suivantes : cas de référence, variante avec murs en béton, et variante avec murs en béton et toiture isolée avec 10 cm de polystyrène.

Ces résultats indiquent que l'utilisation de béton, avec ou sans isolation, est déconseillée dans la construction des écoles en région d'Alger et constantine. Le béton est particulièrement défavorable durant la saison hivernale dans les deux régions d'Alger et Constantine, car il augmente les besoins en chauffage de l'ordre de 21 000 kWh pour Alger et de 30 700 kWh pour Constantine.

- Saison estivale :
- Températures intérieures :

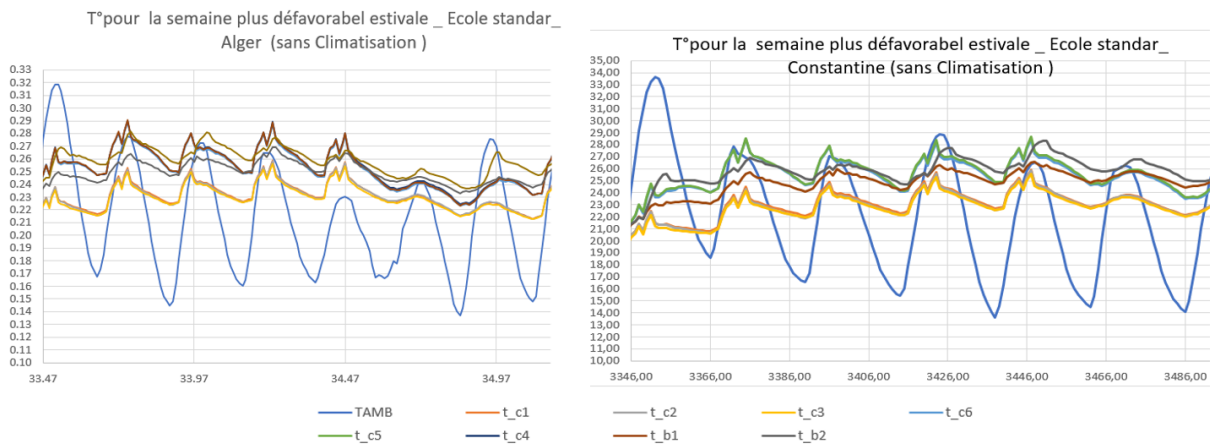


Figure 111 : Variation de la température intérieure des pièces de l'école (cas standard) en saison estivale pour les deux régions (Alger et Constantine).

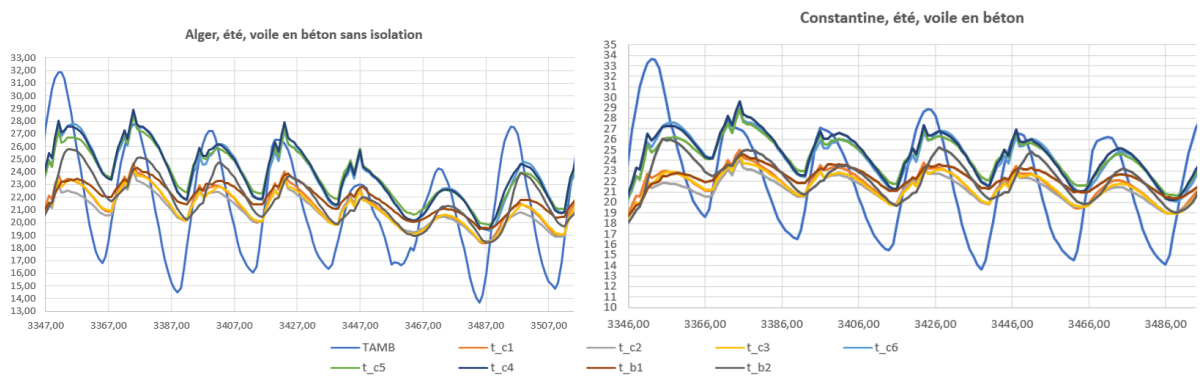


Figure 112 : Variation de la température intérieure des pièces de l'école en voiles en béton en saison estivale pour les deux régions (Alger et Constantine).

Après comparaison des résultats obtenus des différentes variantes étudiées adaptées au contexte climatique des deux villes d'Alger et Constantine, par rapport au cas de référence (Voir Figures 1, nous avons constaté que le profil des températures est instable pour les différentes zones thermiques et c'est dû à l'absence de l'isolation thermique. Nous avons remarqué que les pics de température à l'intérieur de l'école ont tendance à se décaler légèrement par rapport aux pics extérieurs et cela est due à l'inertie thermique de béton.

L'utilisation des voiles en béton a permis d'augmenter légèrement les températures dans les différents espaces de l'école dans la région d'Alger, les températures ont pu variés entre 20°C et 29°C dans les salles de rez de chaussé, les salles de l'étage et les bureaux pour le cas de référence alors que pour la variante dont les murs sont en béton les

températures ont variées entre 21 °C et 29.5°C pour les mêmes espaces ce qui a permis d'atteindre des écarts de températures qui varient de 1°C. Pour Constantine, les températures ont pu variés entre 20.5°C et 28.5°C dans les salles de rez de chaussé, les salles de l'étage et les bureaux pour le cas de référence alors que pour la variante dont les murs sont en béton les températures ont variées entre 21 °C et 30°C pour les mêmes espaces ce qui a permis d'atteindre des écarts de températures qui varient de 1.5°C. Nous constatons que le béton augmente la température à l'intérieure des espaces et l'ajout de l'isolation dans la toiture a permis d'obtenir un profil stable.

- Besoin en climatisation :

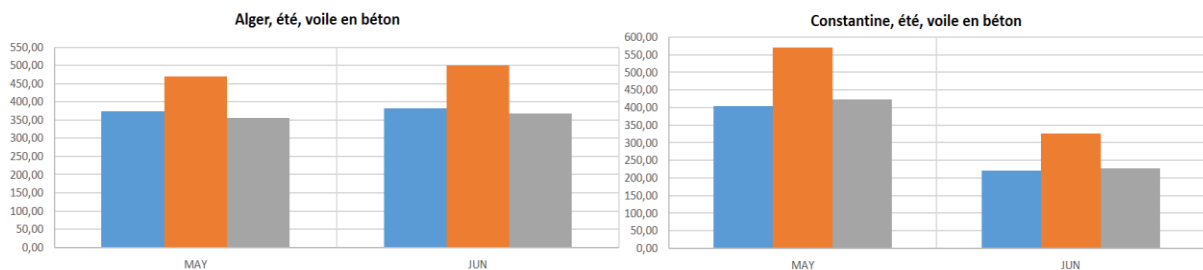


Figure 113 : L'évolution des besoins en énergie pour la climatisation de l'école en voiles en béton pour les deux régions (Alger et Constantine).

Pour une école située à Alger et Constantine, le choix des matériaux de construction impacte considérablement les besoins en climatisation et le confort thermique. La comparaison des résultats des simulations effectuées avec une consigne de thermostat pour les différentes variantes (figure 3) a révélé que le cas de référence (double cloison en brique) est le plus performant par rapport aux variantes avec les murs en béton, avec et sans isolation, pour les deux régions d'Alger et de Constantine.

Pour le cas d'Alger, les besoins en climatisation ont été estimés à 740 Kwh, 950 Kwh et 710 Kwh respectivement pour les variantes : Cas de référence, variante dont les murs sont en Mono-mur et variante dont les murs sont en Mono-mur et la toiture isolée à 10 cm de polystyrène. Pour le cas de Constantine, les besoins en climatisation ont été estimés à 620 Kwh, 850 Kwh et 630 Kwh respectivement pour les variantes : Cas de référence, variante dont les murs sont en Mono-mur et variante dont les murs sont en Mono-mur et la toiture isolée à 10 cm de polystyrène. les briques en double cloison se révèlent plus efficaces que les voiles en béton, avec des économies d'énergie atteignant 21% à Alger et 30% à Constantine. L'ajout d'isolation de 10 cm de polystyrène aux voiles en béton améliore significativement leur performance

énergétique, réduisant la consommation d'énergie de 26% à Alger et de 25% à Constantine par rapport aux voiles en béton sans isolation. Comparativement aux voiles en béton avec isolation, les briques en double cloison maintiennent une réduction notable des besoins en climatisation, avec des économies supplémentaires de 7% à Alger et de 5% à Constantine pour ces mêmes mois. En conclusion, le béton avec et sans isolation n'est pas une solution favorable en saison estivale pour les régions d'Alger et Constantine.

3.3.7. La brique Mono-mur :

- Saison hivernale :
- Températures intérieurs

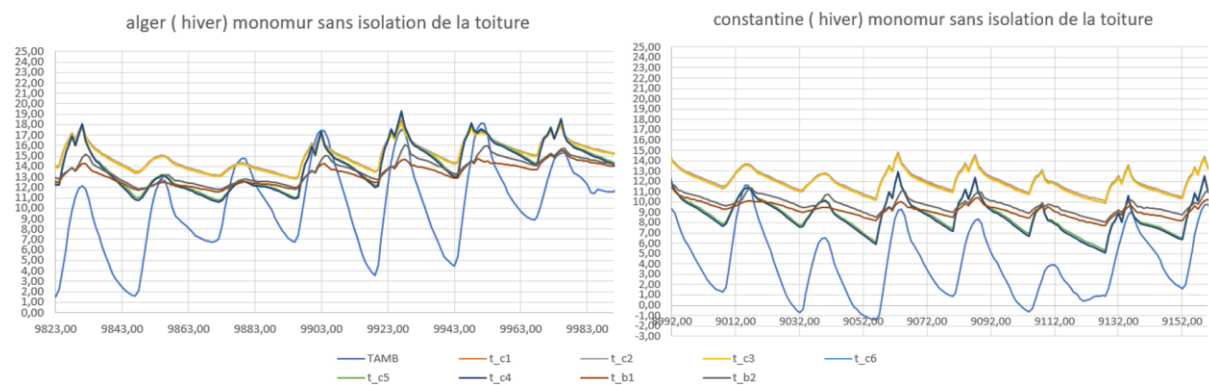


Figure 114 : Variation de la température intérieure des pièces de l'école avec brique Mono-mur en saison hivernale pour les deux régions (Alger et Constantine).

D'après la figure ci-dessus, nous avons constaté que les températures intérieures sont légèrement montées et leur profil est stable pour les différentes zones thermiques et c'est dû à l'inertie thermique que possède les briques Mono-mur. L'utilisation des briques Mono-mur a permis de diminuer les températures dans les différents espaces de l'école dans la région d'Alger, les températures ont pu varier entre 10°C et 18°C dans les salles de rez de chaussé, les salles de l'étage et les bureaux pour le cas de référence alors que pour la variante dont les murs sont en béton les températures ont variées entre 11 °C et 19°C pour les mêmes espaces ce qui a permis d'atteindre des écarts de températures de 1°C. Pour Constantine, les températures ont pu variées entre 6°C et 13.5°C dans les salles de rez de chaussé, les salles de l'étage et les bureaux pour le cas de référence alors que pour la variante dont les murs sont en béton les températures ont variées entre 3.5 °C et 12°C pour les mêmes espaces ce qui a permis d'atteindre des écarts de températures qui varient de 5 à 14°C. Nous constatons que la brique Mono-mur avec son pouvoir d'auto-

isolation à permet de maintenir un profil stable de température et de diminuer les températures à l'intérieure des espaces d'une moyenne de 2 °C pour les deux régions d'Alger et Constantine et l'ajout de l'isolation dans la toiture a permis d'obtenir un profil stable.

- Besoin en chauffage :

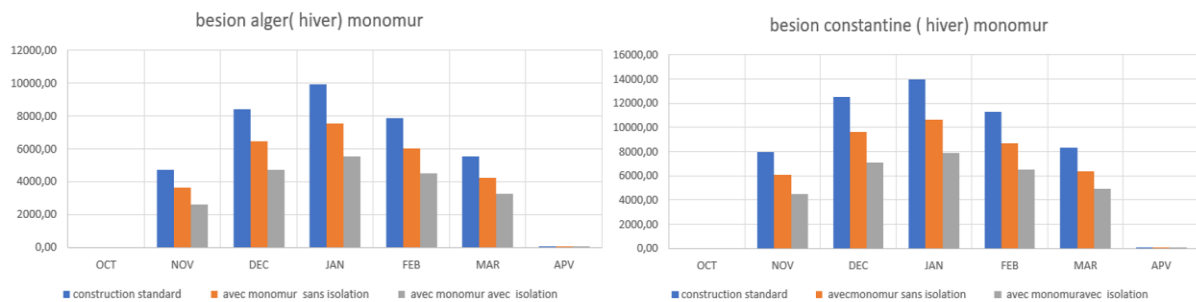


Figure 115 : L'évolution des besoins en énergie pour le chauffage de l'école pour le cas standard, avec murs en briques Mono-mur et avec murs en briques Mono-mur avec isolation de la toiture à 10 cm pour les régions (Alger et Constantine).

La comparaison des résultats des simulations effectuées avec une consigne de thermostat durant la période hivernale pour les différentes variantes (figure 10) a révélé que le cas des briques Mono-mur avec isolation de la toiture est le plus performant par rapport aux variantes standard et la variante des briques Mono-mur seule et cela pour les deux régions d'Alger et de Constantine.

Pour le cas d'Alger, les besoins en chauffage ont été estimés à 36 100 kWh, 25800 kWh et 17800 kWh respectivement pour les variantes suivantes : cas de référence, variante avec murs en Mono-mur, et variante avec murs en Mono-mur et toiture isolée avec 10 cm de polystyrène.

Pour le cas de Constantine, les besoins en chauffage ont été estimés à 54 000 kWh, 38100 kWh et 29600 kWh respectivement pour les variantes suivantes : cas de référence, variante avec murs en Mono-mur, et variante avec murs en Mono-mur et toiture isolée avec 10 cm de polystyrène.

Ces résultats indiquent que l'utilisation de la brique Mono-mur avec ou sans isolation est une solution prometteuse pour la construction des écoles en région d'Alger et Constantine. La brique Mono-mur offre des gains en énergie pour le chauffage de l'ordre de 18300 kWh pour Alger et 24400 kWh pour Constantine.

- Saison estivale :
- Températures intérieurs :

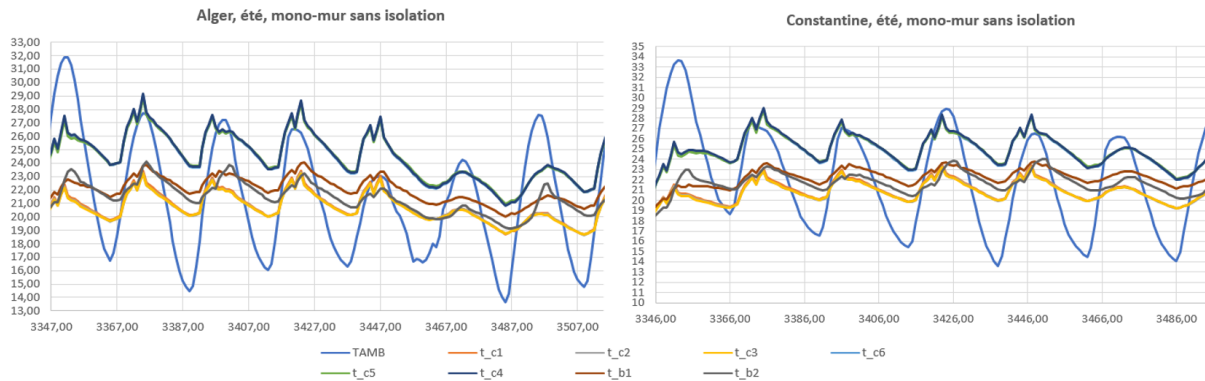


Figure 116 : Variation de la température intérieure des pièces de l'école en briques Mono-mur en saison estivale pour les deux régions (Alger et Constantine).

Après comparaison des résultats obtenus des différentes variantes étudiées adaptées au contexte climatique des deux villes d'Alger et Constantine, par rapport au cas de référence (Voir Figures 1), nous avons constaté que le profil des températures est plus stable pour les différentes zones thermiques et Nous avons remarqué aussi que les pics de température à l'intérieur de l'école ont tendance à se décaler légèrement par rapport aux pics extérieurs et cela est due à l'inertie thermique des briques Mono-mur.

L'utilisation des briques Mono-mur a permis d'augmenter légèrement les températures dans les différents espaces de l'école dans la région d'Alger, les températures ont pu variés entre 20°C et 29°C dans les salles de rez de chaussé, les salles de l'étage et les bureaux pour le cas de référence alors que pour la variante dont les murs sont en briques Mono-mur, les températures ont variées entre 20.5 °C et 29.5°C pour les mêmes espaces ce qui a permis d'atteindre des écarts de températures qui varient de 0.5 °C. Pour Constantine, les températures ont pu variés entre 20.5°C et 28.5°C dans les salles de rez de chaussé, les salles de l'étage et les bureaux pour le cas de référence alors que pour la variante des brique Mono-mur les températures ont variées entre 20 °C et 29°C pour les mêmes espaces ce qui a permis d'atteindre des écarts de températures qui varient de 0.5°C. Nous constatons que les briques Mono-mur augmente légèrement la température à l'intérieure des espaces et l'ajout de l'isolation dans la toiture a permis d'obtenir un profil stable.

- Besoins en climatisation :

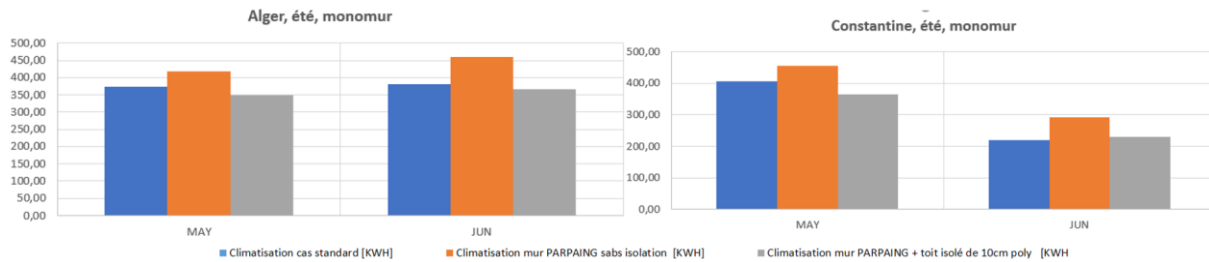


Figure 117 : L'évolution des besoins en énergie pour la climatisation de l'école en briques Mono-mur pour les deux régions (Alger et Constantine).

La comparaison des résultats des simulations effectuées avec consigne de thermostat durant la période estivale, Pour les différentes variantes (Figure 8) a révélé que le cas de Mono-mur avec isolation de la toiture à 10 cm est le plus performant par rapport au cas de la variante avec les murs en Mono-mur et par rapport au cas de référence pour les deux régions d'Alger et de Constantine. Pour le cas d'Alger, les besoins en climatisation ont été estimés à 740 Kwh, 860 Kwh et 700 Kwh respectivement pour les variantes : Cas de référence, variante dont les murs sont en Mono-mur et variante dont les murs sont en Mono-mur et la toiture isolée à 10 cm de polystyrène.

Pour le cas de Constantine, les besoins en climatisation ont été estimés à 620 Kwh, 740 Kwh et 570 Kwh respectivement pour les variantes : Cas de référence, variante dont les murs sont en Mono-mur et variante dont les murs sont en Mono-mur et la toiture isolée à 10 cm de polystyrène.

A travers ces résultats nous avons déduit que les briques Mono-mur sans isolation engendre un besoin supplémentaire en climatisation de l'ordre de 120 KWh par rapport au cas de référence pour les deux régions d'Alger et Constantine, par contre l'ajout de l'isolation à la toiture des murs en Mono-mur à permet des gains en Energie d'environ 50 KWh par rapport au cas standard. La variante des murs en brique Mono-mur avec isolation de la toiture est défavorable pour la saison estivale dans les deux régions d'Alger et Constantine.

- **Conclusion :**

En conclusion, les études comparatives (figure 15) menées dans les écoles des régions d'Alger et Constantine en utilisant les matériaux de construction les plus utilisés dans ces

deux régions indiquent clairement que la brique Mono-mur, grâce à son pouvoir d'auto-isolation et à son inertie thermique supérieure, offre des performances thermiques plus avantageuses que les alternatives telles que les voiles en béton et le parpaing, même avec isolation. Ces briques auto-isolante permettent de maintenir des températures intérieures stables et confortables, essentielles surtout pendant la saison hivernale où les besoins en chauffage sont critiques. Ainsi, la brique Mono-mur se positionne comme une solution préférable pour assurer un environnement thermiquement confortable et économe en énergie dans les écoles des climats méditerranéens comme Alger et Constantine.

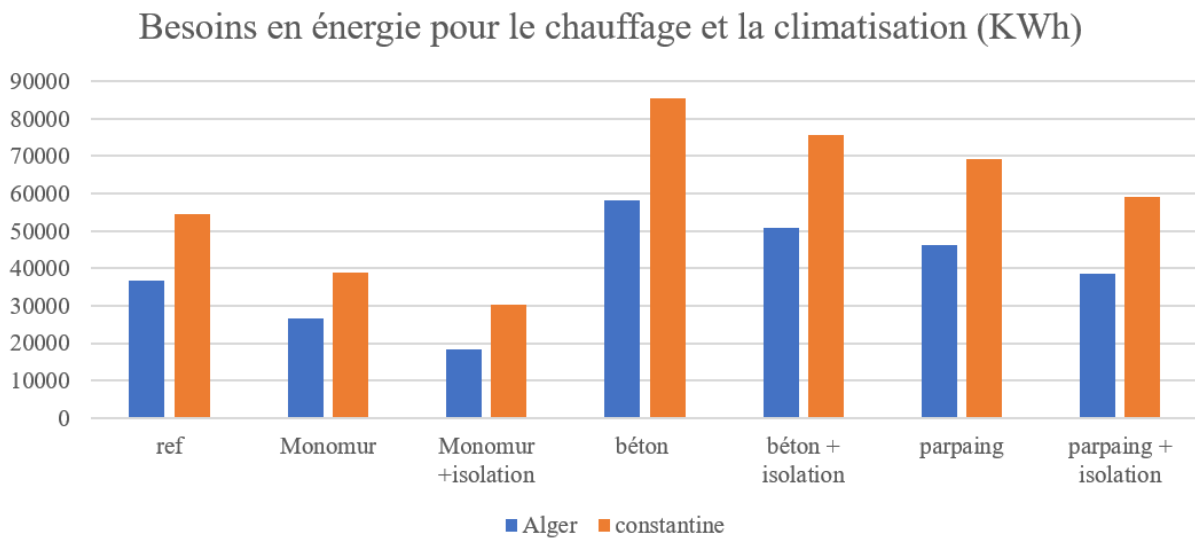


Figure 118 : Comparaison des besoins en énergie pour le chauffage et la climatisation des matériaux étudiés (brique creuse en double cloison, voiles en béton, parpaing, briques Mono-mur).

- Pour la région de Ghardaïa :

3.3.7.1 Adobe :

- Saison hivernale :
- Températures intérieures :

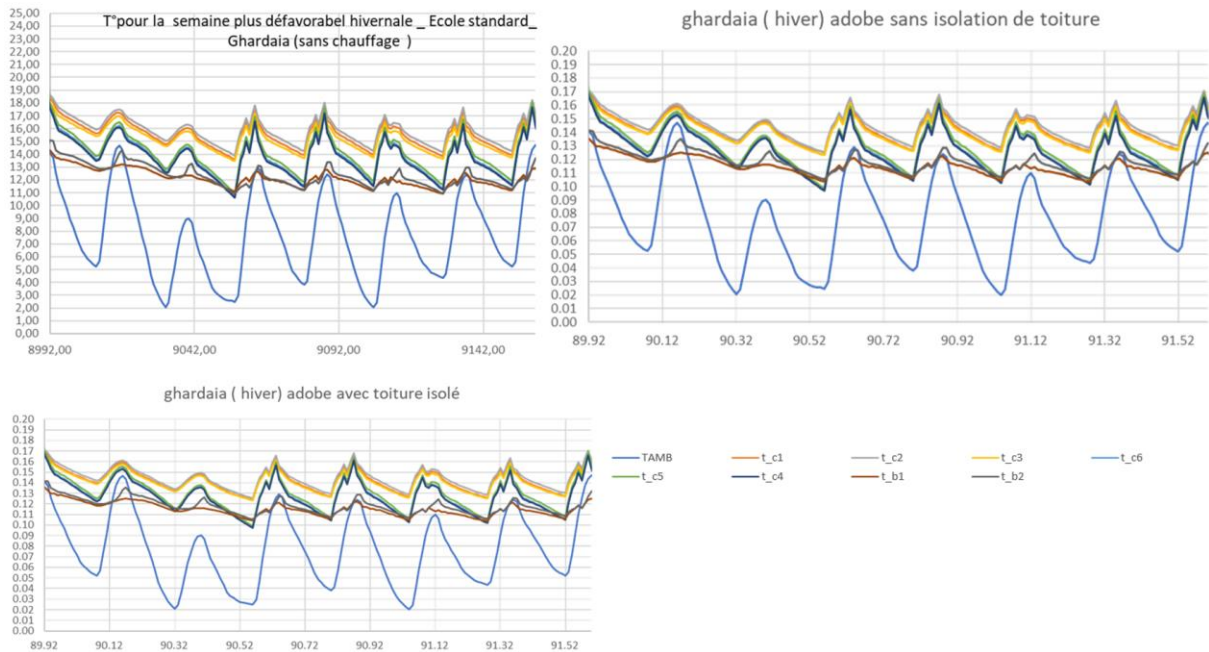


Figure 119 : Variation de la température intérieure des pièces de l'école en briques adobe en saison hivernale pour la région de Ghardaïa.

Après comparaison des résultats obtenus durant la période hivernale des différentes variantes étudiées (Voir Figure ci-dessus), nous avons remarqué que les températures intérieures dans le cas de référence suivent les fluctuations des températures extérieures. En revanche, pour le cas des murs en adobe, nous avons observé une diminution des fluctuations due à la forte inertie de l'adobe. Par ailleurs, dans le cas des murs en adobe avec une toiture isolée de 10 cm de polystyrène, le profil des températures est presque stable. Nous avons aussi constaté pour les différentes variantes étudiées que les températures dans les espaces du RDC sont supérieures à celles des espaces de l'étage dû à la forte compacité de ces volumes thermiques ce qui a permis de réduire les pertes thermiques dans ces espaces par rapport à ceux de l'étage.

- Besoin en chauffage :

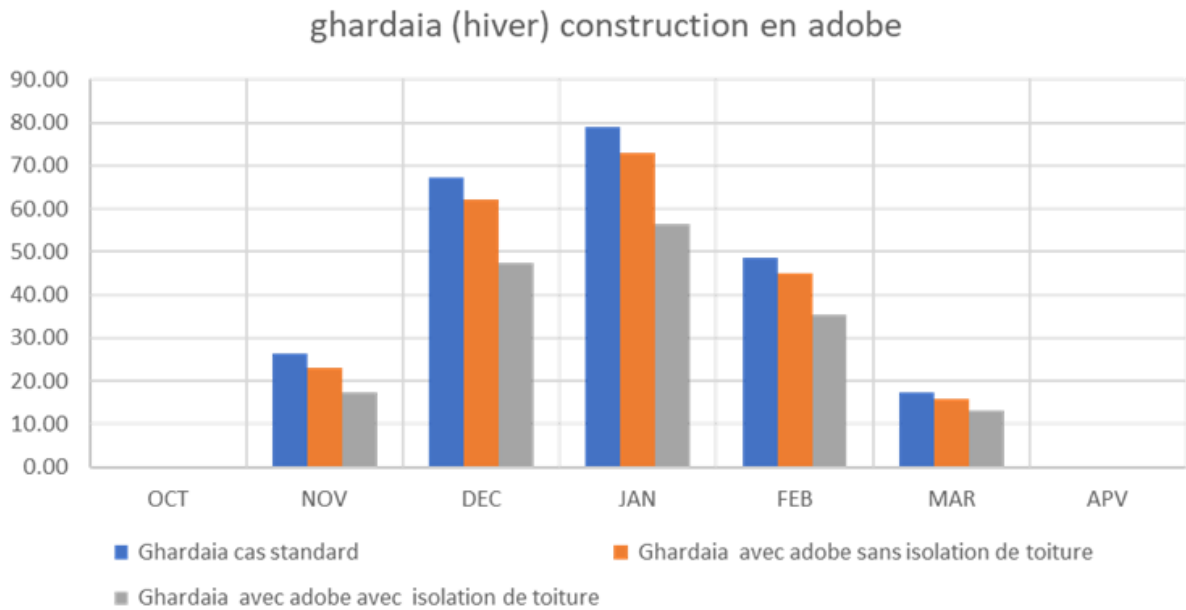


Figure 120 : Evaluation de besoin de chauffage de l'école en briques adobe en saison hivernale pour la région de Ghardaia.

- Saison estivale :
- Température intérieurs :

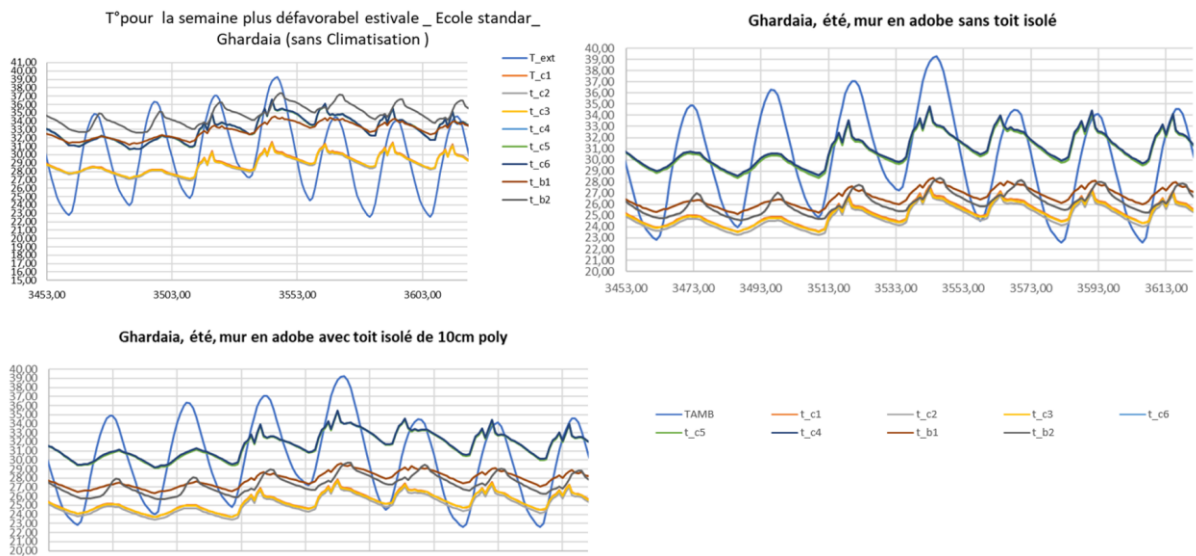


Figure 121 : Variation de la température intérieure des pièces de l'école en briques adobe en saison estivale pour la région de Ghardaia.

CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

Après comparaison des résultats obtenus des différentes variantes étudiées adaptées au contexte climatique de la ville de Ghardaïa par rapport au cas de référence, nous avons constaté que le profil des températures est devenu plus stable par rapport au cas de référence pour les différentes zones thermiques et c'est dû à la forte inertie thermique des murs massifs en adobe. L'utilisation de l'adobe a permis de diminuer les températures dans les différents espaces par exemple les températures ont pu atteindre respectivement 30°C ,33°C et 35°C dans les espaces c3, b1 et c6 pour le cas de référence alors que pour la variante dont les murs sont en adobe les températures ont atteint respectivement 27°C ,28,33°C pour les mêmes espaces ce qui a permis d'atteindre des écarts de températures qui varient de 2°C à 4°C.

Nous avons aussi constaté une légère augmentation de températures dans les différents espaces de la variante où les murs sont en adobe et la toiture est isolée avec 10cm ce qui nécessite d'adapter une ventilation nocturne qui va permettre d'évacuer la chaleur emmagasinée dans les éléments constructifs (voir figure de la variante 03).

- Besoin en climatisation :

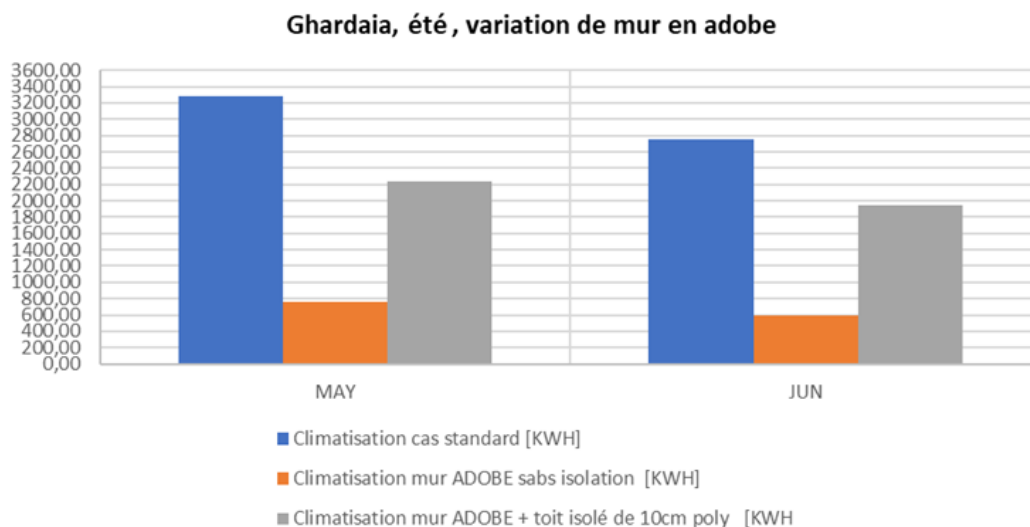


Figure 122 : Evaluation de besoin de climatisation de l'école en briques adobe en saison estivale pour la région de Ghardaïa.

La comparaison des résultats des simulations effectuées avec consigne de thermostat durant la période estivale Pour les différentes variantes a révélé que le cas dont les murs sont en adobe est plus performant par rapport au cas de référence et même par rapport au cas où la toiture est isolée avec 10 cm de polystyrène ,les besoins en climatisation ont été estimés à 6000KWh,1400 KWh et 4100Kwh respectivement pour les variantes : Cas

de référence, variante dont les murs sont en adobe et variante dont les murs sont en adobe et la toiture isolée. A travers ces résultats nous avons déduit qu'on doit diminuer l'épaisseur de l'isolant ou bien remplacer l'isolant polystyrène par un isolant qui s'adapte mieux aux conditions climatiques de la région de Ghardaïa.

3.3.7.2 BTS :

- Saison hivernale :

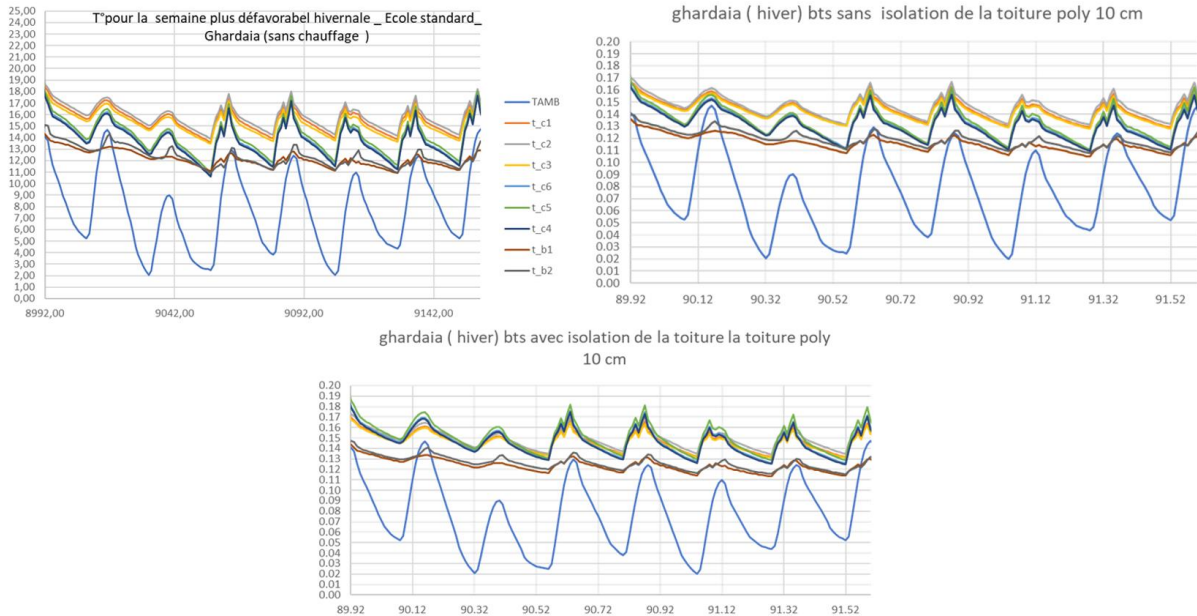


Figure 123 : on de la température intérieure des pièces de l'école en BTS en saison hivernale pour la région de Ghardaïa.

Après comparaison des résultats obtenus durant la période hivernale des différentes variantes étudiées, nous avons remarqué que les températures intérieures dans le cas de référence suivent les fluctuations des températures extérieures par exemple les températures baissent jusqu'à 13° à atteindre 19°C dans l'espace classe 4 (c4) alors que pour la variante dont les murs sont en BTS et la toiture isolée avec 10 cm de polystyrène le profil est devenu plus stable de polystyrène d'ailleurs il a été constaté dans le même espace que les températures varient de 15°C à 18°C .

- Besoin en chauffage :

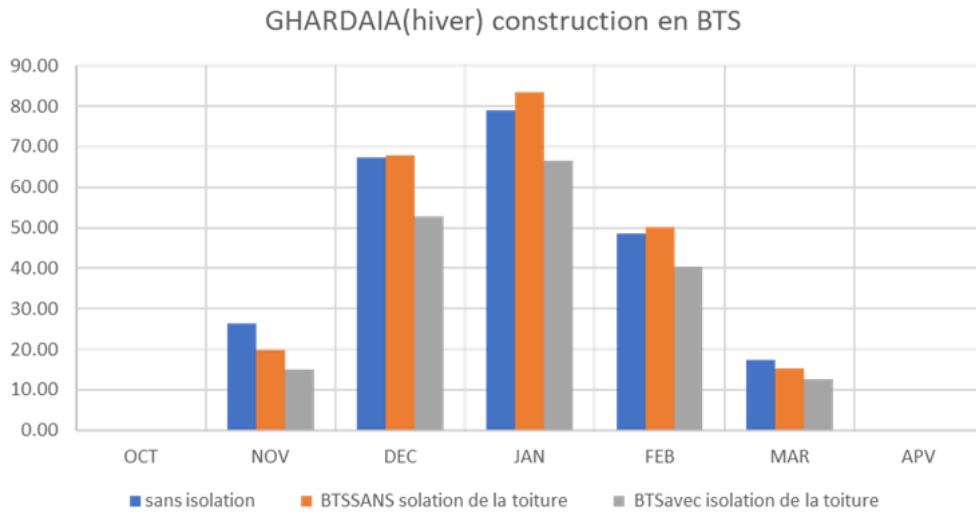


Figure 124 : Evaluation de besoin de chauffage de l'école en BTS en saison hivernale pour la région de Gharidaïa.

D'après les résultats obtenus, nous avons déduit que le cas le plus performant est celui où les murs sont en BTS et la toiture isolée avec, les besoins en chauffage ont été respectivement estimés à 238 KWh, 235 KWh et 183 KWh pour les variantes cas de référence, variante dont les murs sont en BTS et la variante dont les murs sont en BTS et la toiture est isolée. D'après ces résultats nous avons déduit que l'isolation de la toiture permet de réduire la consommation énergétique durant la période hivernale ce qui a été aussi constaté lors des résultats de la variante dont les murs sont en adobe et la toiture est isolée.

- Saison estivale :

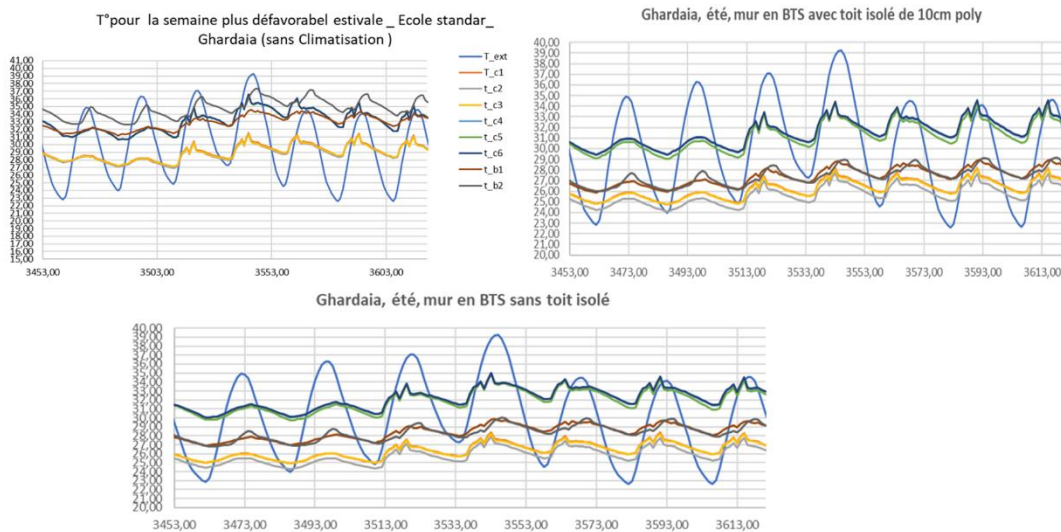


Figure 125 : Variation de la température intérieure des pièces de l'école en BTS en saison estivale pour la région de Gharidaïa.

Afin d'évaluer l'impact de l'utilisation de la brique de terre stabilisée dans la construction dans le contexte aride, nous avons comparé le comportement thermique de trois variantes : variante de référence dont les murs sont en brique creuse, deuxième variante dont les murs sont en BTS et troisième variante dont les murs sont en BTS et la toiture isolée avec 10 cm de polystyrène. Les résultats ont révélé que l'utilisation de la brique de terre stabilisée dans la construction des murs permet de stabiliser le profil de températures par rapport au cas de référence, les écarts de températures ont été respectivement estimés à 3°C, 5° et 2°C pour les espaces C3,b1 et C6 et ça est due à la forte inertie thermique de la BTS et que ce matériau s'adapte mieux aux conditions climatiques de la région de Ghardaïa par rapport à la brique creuse. Nous avons aussi constaté que l'intégration de l'isolation dans la toiture a permis de stabiliser le profil de températures même par rapport à la variante 02.

- **Conclusion :**

Les études comparatives réalisées dans les écoles des régions d'Alger, Constantine, et Ghardaïa, en utilisant les matériaux de construction les plus courants dans ces régions, montrent que certains matériaux offrent des performances thermiques supérieures. Dans les régions d'Alger et de Constantine, la brique Mono-mur, grâce à son pouvoir d'auto-isolation et à son inertie thermique élevée, surpasse des alternatives telles que les voiles en béton et le parpaing, même avec isolation. Elle permet de maintenir des températures intérieures stables et confortables, particulièrement importantes pendant la saison hivernale où les besoins en chauffage sont élevés. De même, dans la région de Ghardaïa, l'adobe, avec ses propriétés d'auto-isolation et son inertie thermique, se révèle plus performante que les briques de terre stabilisée (BTS), garantissant des températures intérieures confortables, cruciales durant la saison estivale où les besoins en climatisation sont importants. Par conséquent, la brique Mono-mur et l'adobe se présentent comme des solutions idéales pour garantir un environnement thermiquement confortable et économe en énergie dans les écoles des climats méditerranéens et arides respectivement.

3.3.8. Effet de couleur des parois sur l'évolution des températures intérieures ainsi que les besoins en chauffage et en climatisation :

3.3.8.1 Alger :

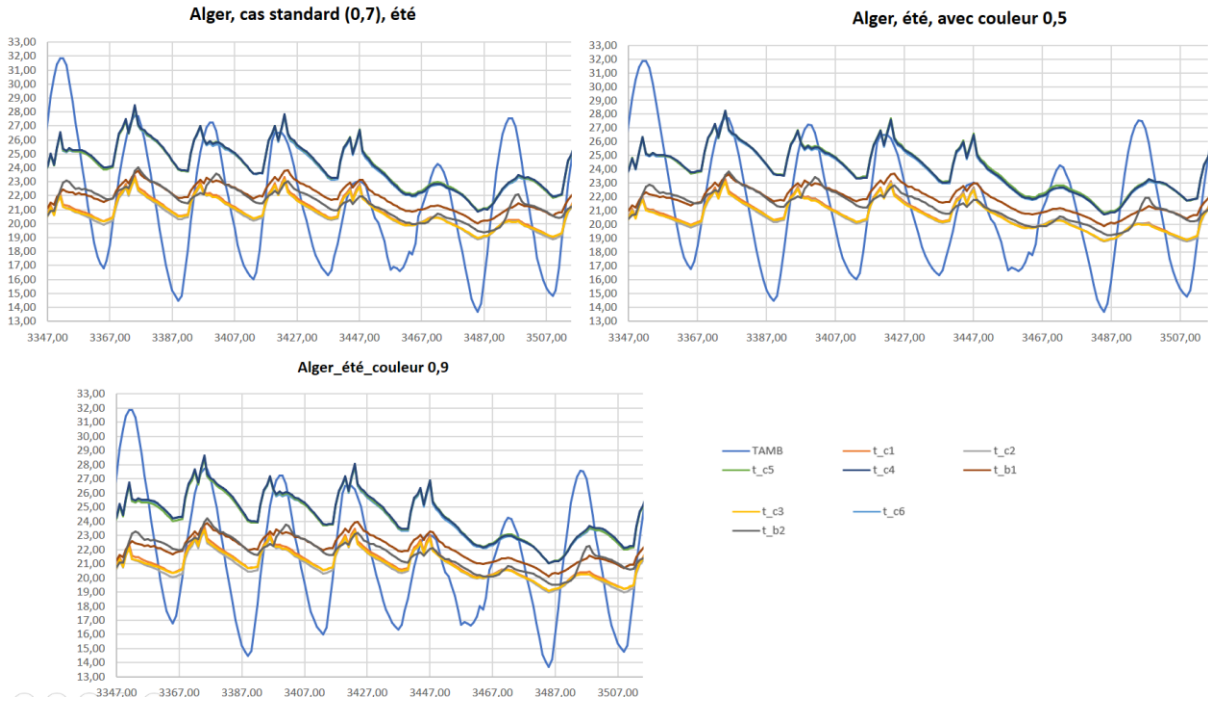


Figure 126 : Evaluation des températures intérieures de l'école selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour la ville d'Alger, pendant la semaine estivale la plus défavorable.

Tableau 69 : Evaluation des températures intérieures de l'école selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour la ville d'Alger, pendant la semaine estivale la plus défavorable.

T-ext : 20°C à 39°C			
Emplacement	Couleur avec coef 0,7	Couleur avec coef 0,5	Couleur avec coef 0,9
Salles RDC (C1, C2, C3)	19-23°C	18-23°C	19-24,5°C
Salles étage (C4, C5, C6)	21-28,5°C	20,5-28°C	21-29°C
Bureaux (B1, B2)	20-24°C	19-23,5°C	20,5-24

CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

Tableau 70 : Evaluation des températures intérieures de l'école selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour la ville d'Alger, pendant la semaine hivernale la plus défavorable.

T-ext : 1,54°C à 18°C			
Emplacement	Couleur avec coef 0,7	Couleur avec coef 0,5	Couleur avec coef 0,9
Salles RDC (C1, C2, C3)	12,5-17°C	12-17°C	12,5-18°C
Salles étage (C4, C5, C6)	10-17,5°C	10-17°C	10,5-18°C
Bureaux (B1, B2)	11-15°C	10,5-15°C	11-15,5°C

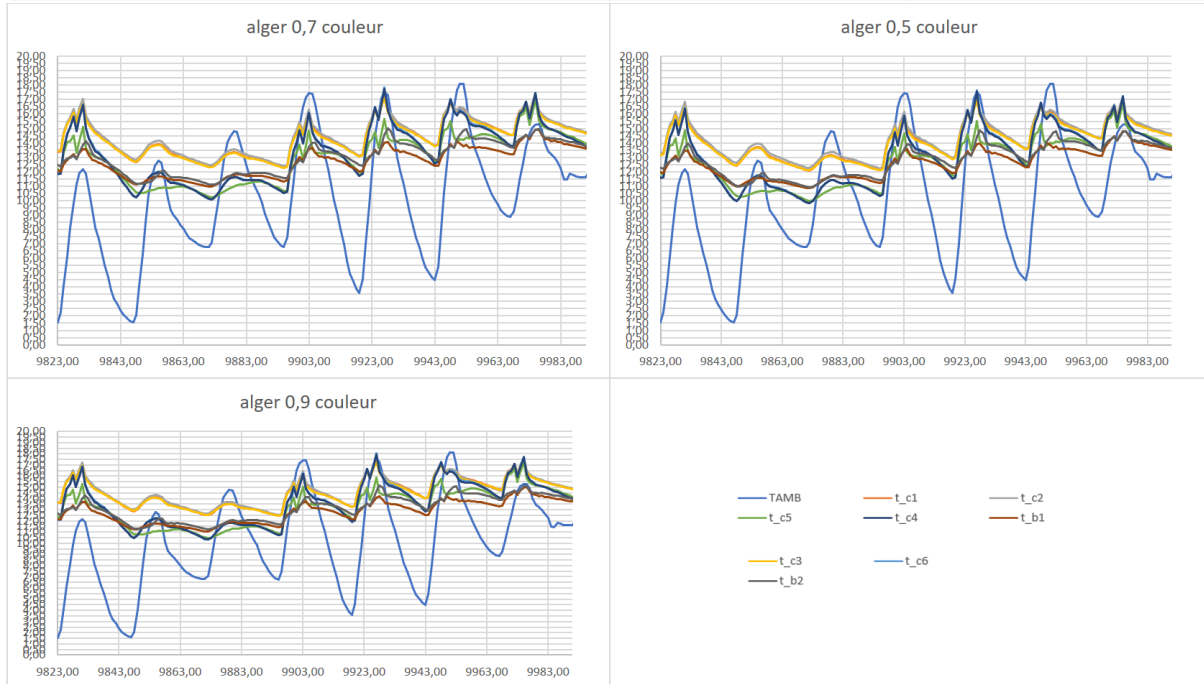


Figure 127 : Evaluation des températures intérieures de l'école selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour la ville d'Alger, pendant la semaine hivernale la plus défavorable.

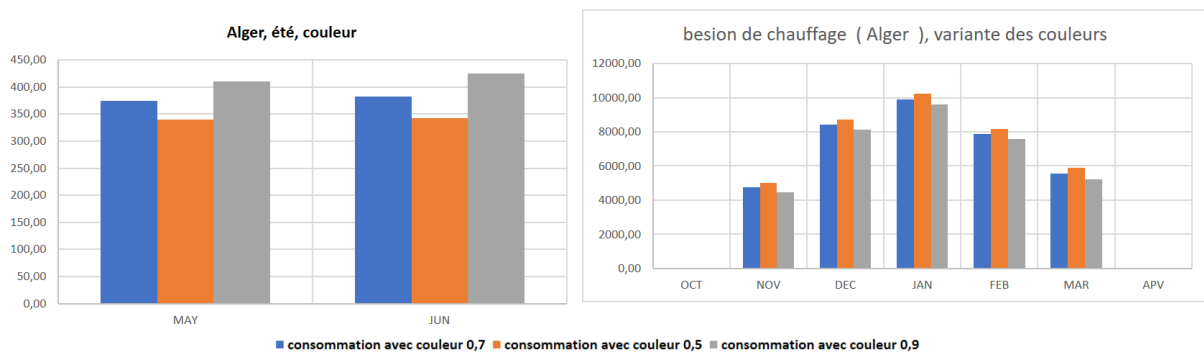


Figure 128 : Evaluation des besoins énergétiques de l'école selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour la ville d'Alger.

3.3.8.2 Constantine :

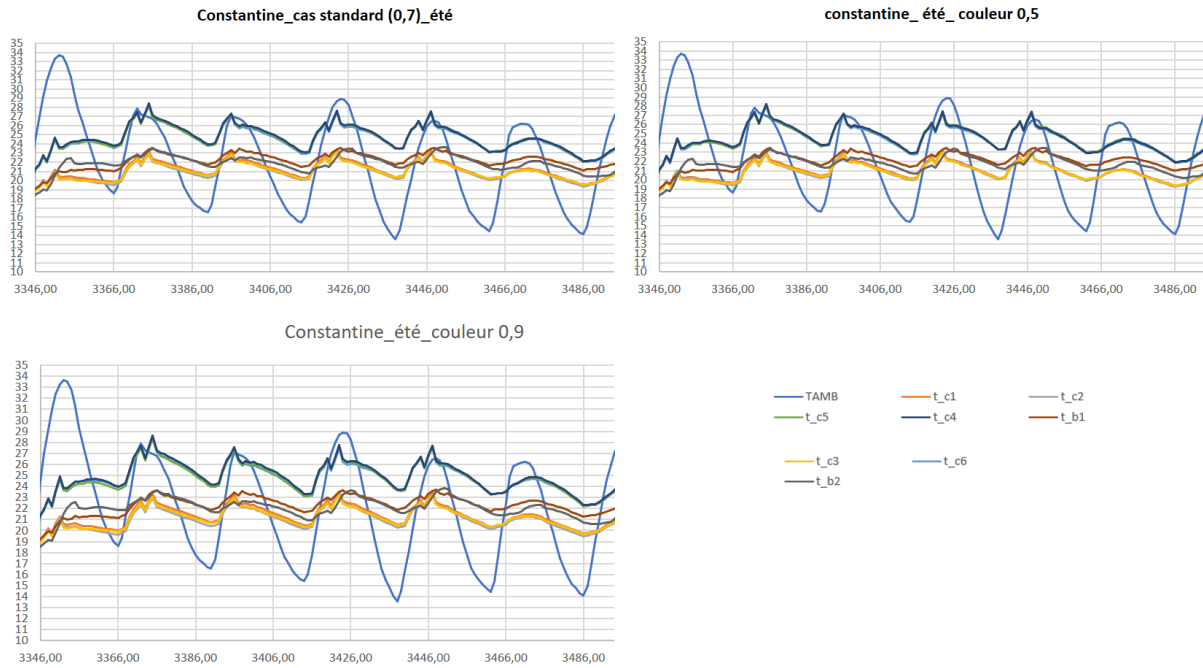


Figure 129 : Evaluation des températures intérieurs de l'école selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour la ville de Constantine, pendant la semaine estivale la plus défavorable.

Tableau 71 : Evaluation des températures intérieurs de l'école selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour la ville de Constantine, pendant la semaine estivale la plus défavorable.

T ext : 19-41,5			
Emplacement	Couleur avec coef 0,7	Couleur avec coef 0,5	Couleur avec coef 0,9
Salles RDC (C1, C2, C3)	19-23,5°C	19-23°C	19-24°C
Salles étage (C4, C5, C6)	21-28,5	21,5-28,5°C	21,5-29°C
Bureaux (B1, B2)	18,5-24	18,5-23,5	21,5-29°C

Tableau 72 : Evaluation des températures intérieurs de l'école selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour la ville de Constantine, pendant la semaine hivernale la plus défavorable.

T ext : -1,43°C à 12°C			
Emplacement	Couleur avec coef 0,7	Couleur avec coef 0,5	Couleur avec coef 0,9
Salles RDC (C1, C2, C3)	09,5-13,5°C	9-13,5°C	10-14°C
Salles étage (C4, C5, C6)	05-11,5°C	4,5-11°C	5-11,5°C
Bureaux (B1, B2)	07,5-10°C	7-9,5°C	7-10,5°C

CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

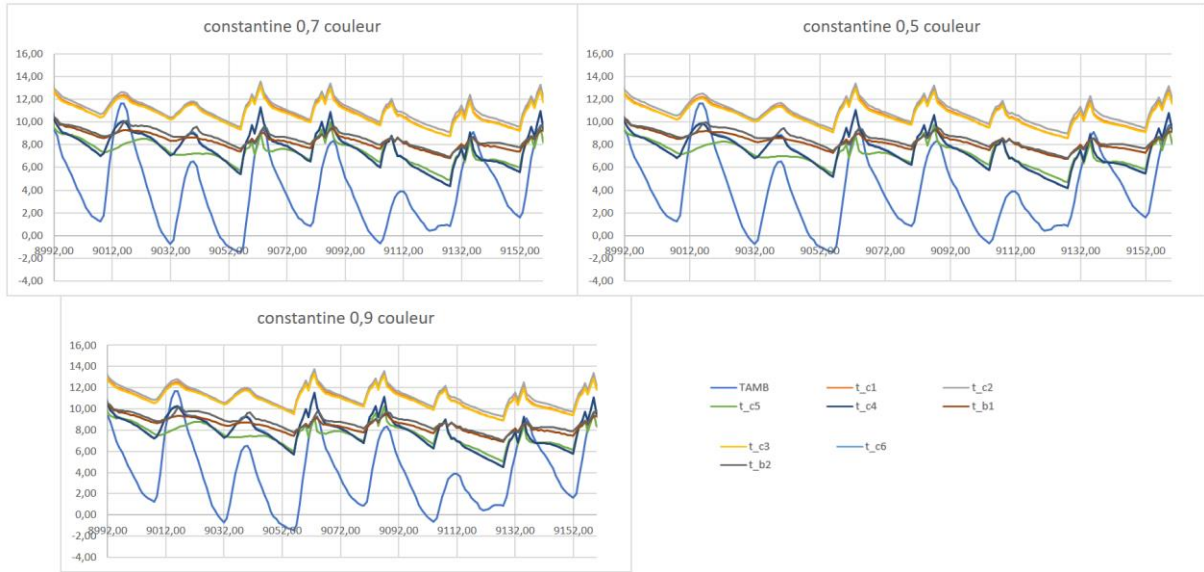


Figure 130 : Evaluation des températures intérieures de l'école selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour la ville de Constantine, pendant la semaine hivernale la plus défavorable.

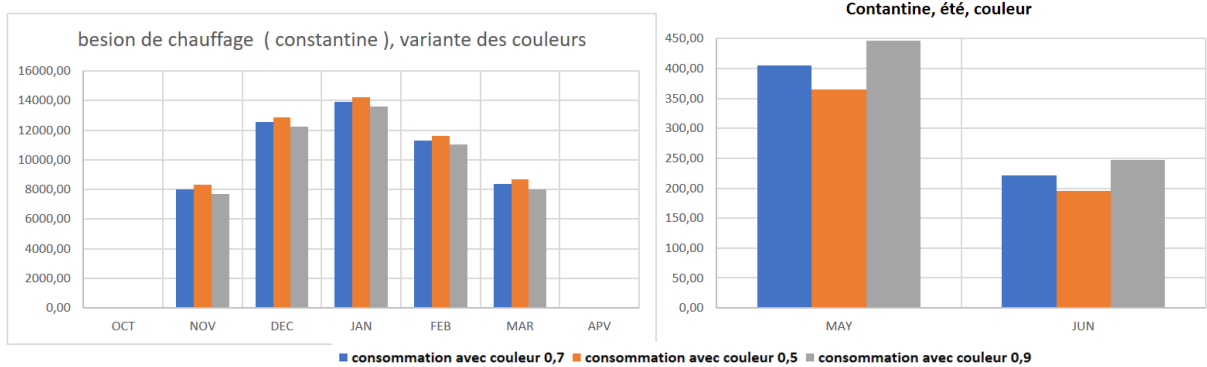


Figure 131 : Evaluation des besoins énergétiques de l'école selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour la ville de Constantine.

3.3.8.3 Ghardaïa :

Tableau 73 : Evaluation des températures intérieures de l'école selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour la ville de Ghardaïa, pendant la semaine estivale la plus défavorable.

T ext : 30-46,5 °			
Emplacement	Couleur avec coef 0,7	Couleur avec coef 0,5	Couleur avec coef 0,9
Salles RDC (C1, C2, C3)	23-28°C	23,5-28,5°C	23,5-29°C
Salles étage (C4, C5, C6)	24-35,5°C	25-36°C	29,5-36
Bureaux (B1, B2)	25,5-30°C	25-30,5°C	26-30,5°C

CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

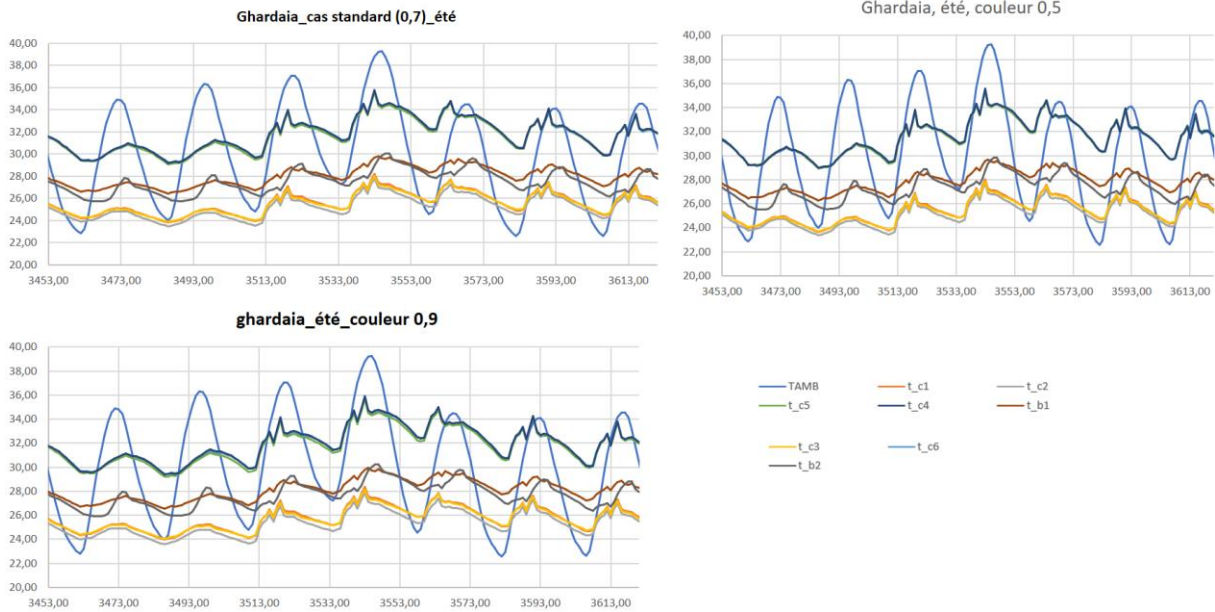


Figure 132 : Evaluation des températures intérieures de l'école selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour la ville de Ghardaïa, pendant la semaine estivale la plus défavorable.

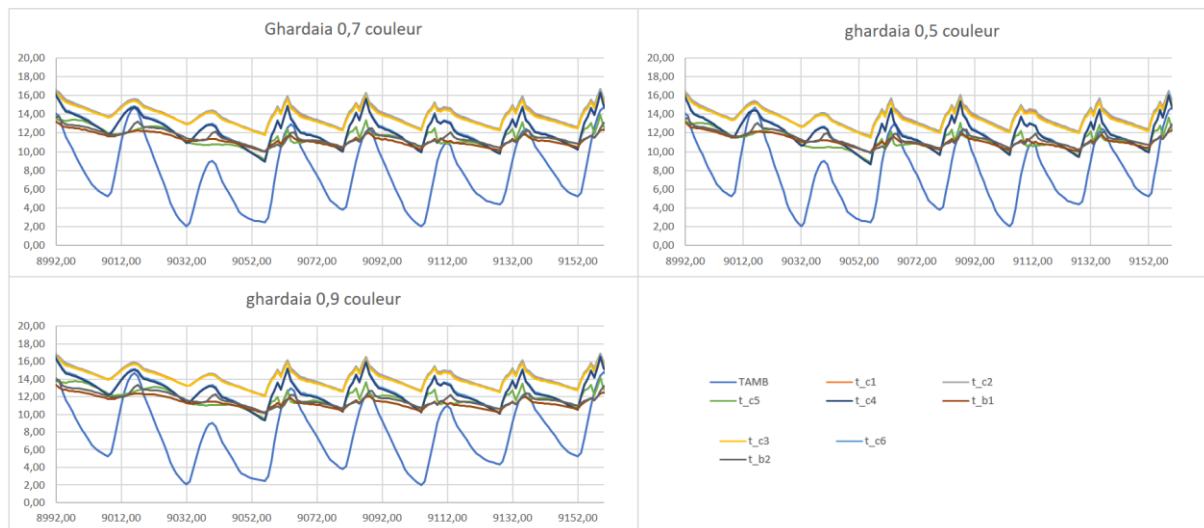


Figure 133 : Evaluation des températures intérieures de l'école selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour la ville de Ghardaïa, pendant la semaine hivernale la plus défavorable.

Tableau 74 : Evaluation des températures intérieures de l'école selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour la ville de Ghardaïa, pendant la semaine hivernale la plus défavorable.

T ext : 2,03Cà 15°C			
Emplacement	Couleur avec coef 0,7	Couleur avec coef 0,5	Couleur avec coef 0,9
Salles RDC (C1, C2, C3)	12-16°C	11,5-16°C	12-17°C
Salles étage (C4, C5, C6)	9-16°C	8,5-15,5°C	9,5-16,5°C
Bureaux (B1, B2)	10-13,5	10-12,5°C	10,5-14°C

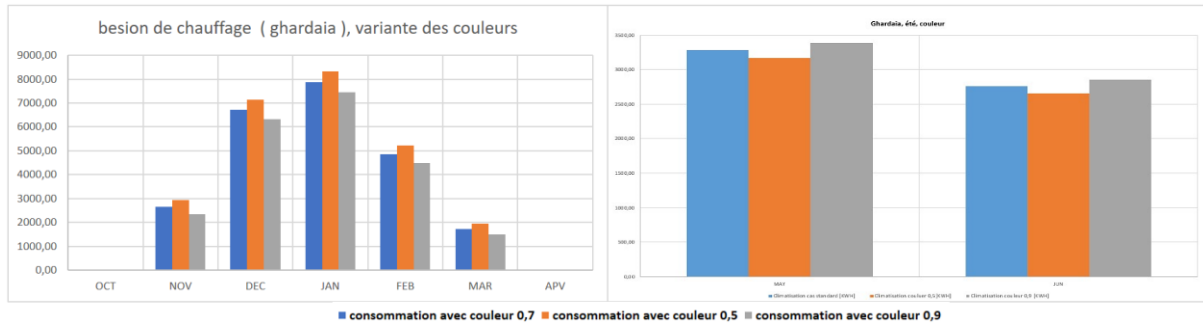


Figure 134 : Evaluation des besoins énergétiques de l'école selon la couleur (moyenne, claire, sombre) de la paroi pour la ville de Ghardaïa.

Nous avons entrepris une étude pour analyser l'impact des couleurs sur la température intérieure et la consommation énergétique en chauffage et climatisation dans trois villes : Alger, Constantine et Ghardaïa. Les couleurs analysées étaient les couleurs claires et foncées, avec des coefficients de réflexion respectifs de 0,5 et 0,9. Les couleurs claires, avec un coefficient de réflexion de 0,5, réfléchissent une grande partie de l'énergie solaire incidente, ce qui réduit l'absorption de chaleur et maintient des températures plus basses à l'intérieur des bâtiments. Cela diminue le besoin de climatisation, entraînant une réduction de la consommation énergétique pour le refroidissement des espaces intérieurs et contribuant à un confort thermique optimal pendant les mois chauds. En revanche, les couleurs foncées, avec un coefficient de réflexion de 0,9, absorbent l'énergie solaire, augmentant ainsi la température intérieure car la chaleur est stockée dans les matériaux de construction. Cela réduit le besoin de chauffage, diminuant la consommation énergétique pour le chauffage des espaces intérieurs et contribuant à un confort thermique optimal pendant les mois froids.

Dans les trois villes étudiées, les résultats ont montré des avantages distincts selon les saisons. À Alger, une ville côtière avec un climat méditerranéen, les couleurs claires en été permettent de maintenir une température intérieure confortable et réduisent la consommation d'énergie liée à la climatisation, tandis qu'en hiver, les couleurs foncées aident à augmenter la température intérieure, diminuant le besoin de chauffage. À Constantine, une ville avec un climat continental, les bâtiments peints en couleurs claires nécessitent moins de climatisation en été, réduisant ainsi la consommation énergétique, et en hiver, les couleurs foncées aident à maintenir des températures intérieures plus élevées, réduisant la demande de chauffage. À Ghardaïa, une ville dans une région désertique avec un climat aride, les couleurs claires sont particulièrement efficaces en été

CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

pour réfléchir la chaleur intense du soleil, minimisant le besoin de climatisation, tandis qu'en hiver, malgré les températures plus douces, les couleurs foncées contribuent à conserver la chaleur, réduisant le besoin de chauffage.

Cette étude montre clairement que l'utilisation stratégique des couleurs des bâtiments peut avoir un impact significatif sur le confort thermique et la consommation énergétique. Les couleurs claires sont optimales pour les périodes estivales, réduisant la dépendance à la climatisation, tandis que les couleurs foncées sont plus adaptées aux périodes hivernales, réduisant la nécessité de chauffage. Ces résultats peuvent guider les choix de conception architecturale et de rénovation pour améliorer l'efficacité énergétique dans différentes régions climatiques.

3.3.9. Effet de type du vitrage sur l'évolution des températures intérieures ainsi que les besoins en chauffage et en climatisation :

3.3.9.1 Alger :

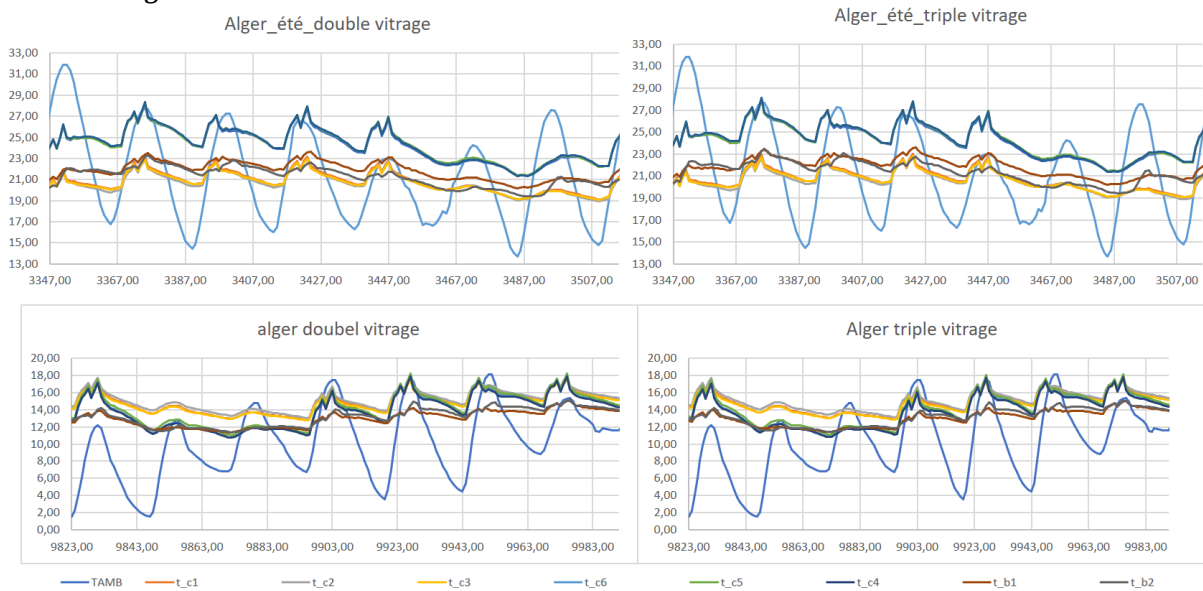


Figure 135 : Evaluation des températures intérieures de l'école selon le type de fenêtre de la paroi pour la ville d'Alger.

Tableau 75 : Evaluation des températures intérieures de l'école selon le type de fenêtre de la paroi pour la ville d'Alger, période estivale.

Emplacement	Simple vitrage	Double vitrage	Triple vitrage
Salles RDC (C1, C2, C3)	19-23,5°C	19-23°C	19,5-23°C
Salles étage (C4, C5, C6)	21-28,5°C	21-28°C	19,5-27,5°C
Bureaux (B1, B2)	20-24°C	20,3-23,5°C	19,5-23°C

CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

Tableau 76 : Evaluation des températures intérieures de l'école selon le type de fenêtre de la paroi pour la ville d'Alger, période hivernale.

Emplacement	Simple vitrage	Double vitrage	Triple vitrage
Salles RDC (C1, C2, C3)	12,5-17°C	13-17,5°C	13-18°C
Salles étage (C4, C5, C6)	10-17,5°C	11-18°C	11-18,5°C
Bureaux (B1, B2)	11-15°C	11,5-15°C	12,5-15,5°C

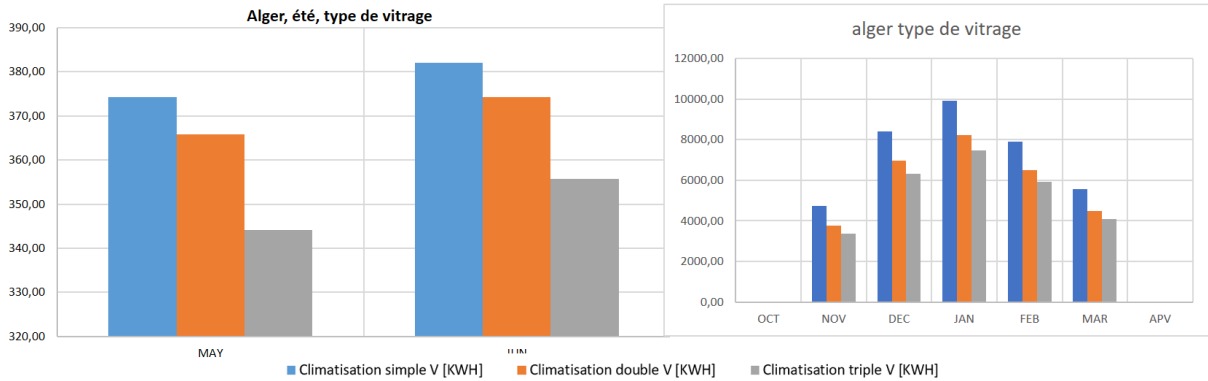


Figure 136 : Evaluation des besoins énergétiques de l'école selon le type de fenêtre de la paroi pour la ville d'Alger.

3.3.9.2 Constantine :

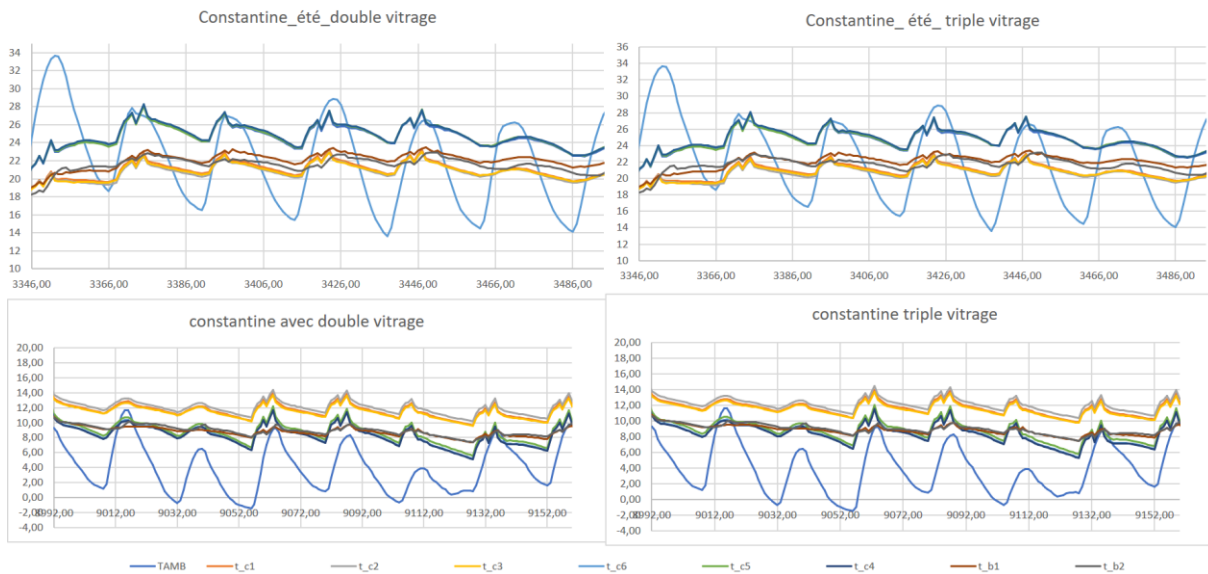


Figure 137 : Evaluation des températures intérieures de l'école selon le type de fenêtre de la paroi pour la ville de Constantine.

CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

Tableau 77 : Evaluation des températures intérieures de l'école selon le type de fenêtre de la paroi pour la ville de Constantine, période estivale.

Emplacement	Simple vitrage	Double vitrage	Triple vitrage
Salles RDC (C1, C2, C3)	19-23,5°C	19-23°C	19-22,5°C
Salles étage (C4, C5, C6)	21-28,5	21-28°C	21-27,5°C
Bureaux (B1, B2)	18,5-24	19-23,5°C	19-23°C

Tableau 78 : Evaluation des températures intérieures de l'école selon le type de fenêtre de la paroi pour la ville de Constantine, période hivernale.

Emplacement	Simple vitrage	Double vitrage	Triple vitrage
Salles RDC (C1, C2, C3)	09,5-13,5°C	10-14,5°C	10,5-15°C
Salles étage (C4, C5, C6)	05-11,5°C	05-12°C	05,5-12,5°C
Bureaux (B1, B2)	07,5-10°C	8-10,5°C	8,5-11°C

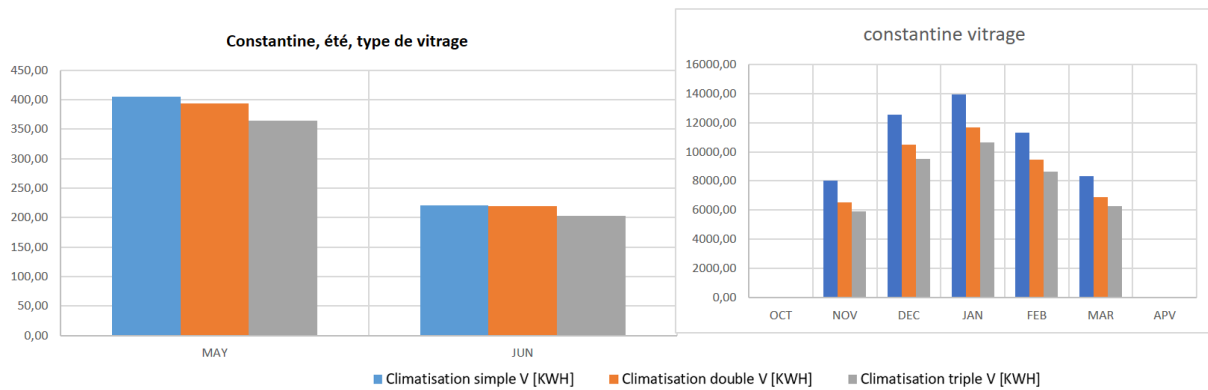


Figure 138 : Evaluation des besoins énergétiques de l'école selon le type de fenêtre de la paroi pour la ville de Constantine.

3.3.9.3 Ghardaïa :

Tableau 79 : Evaluation des températures intérieures de l'école selon le type de fenêtre de la paroi pour la ville de Ghardaïa, période estivale.

Emplacement	Simple vitrage	Double vitrage	Triple vitrage
Salles RDC (C1, C2, C3)	23-28°C	23,5-27,5°C	23-27°C
Salles étage (C4, C5, C6)	24-35,5°C	23,5-35°C	23-34,5
Bureaux (B1, B2)	25,5-30°C	25,5-29°C	25-29°C

CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

Tableau 80 : Evaluation des températures intérieures de l'école selon le type de fenêtre de la paroi pour la ville de Ghardaïa, période hivernale.

Emplacement	Simple vitrage	Double vitrage	Triple vitrage
Salles RDC (C1, C2, C3)	12-16°C	12,5-17°C	13-17°C
Salles étage (C4, C5, C6)	9-16°C	10-16°C	10-15,5°C
Bureaux (B1, B2)	10-13,5°C	11-13,5°C	11-14°C

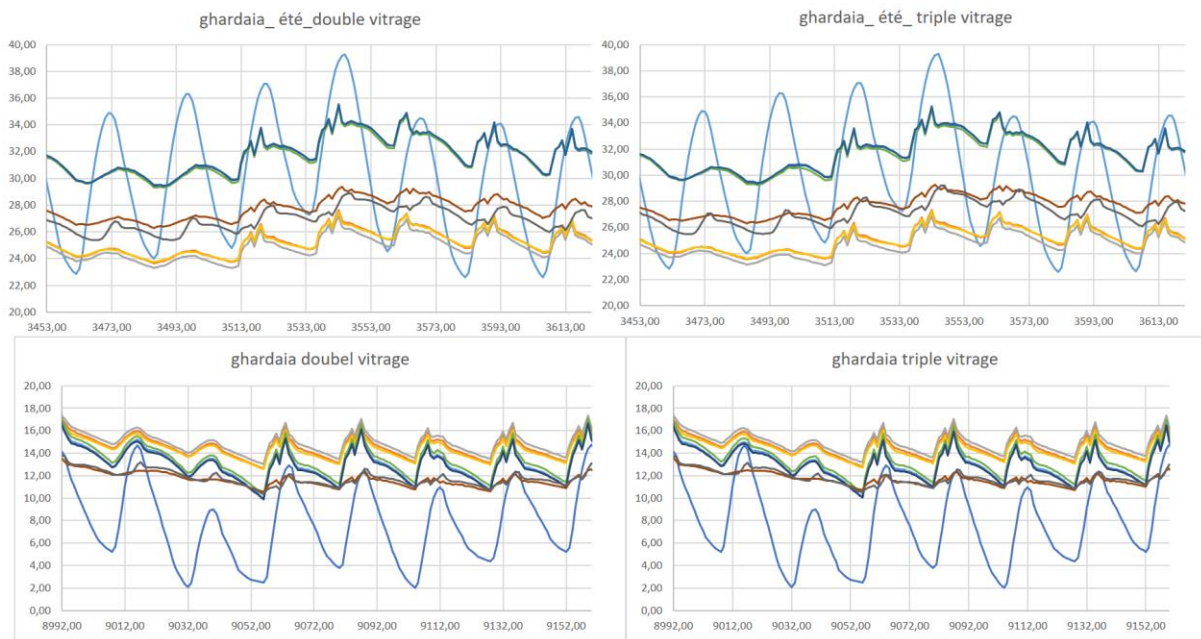


Figure 139 : Evaluation des températures intérieures de l'école selon le type de fenêtre de la paroi pour la ville de Ghardaïa.

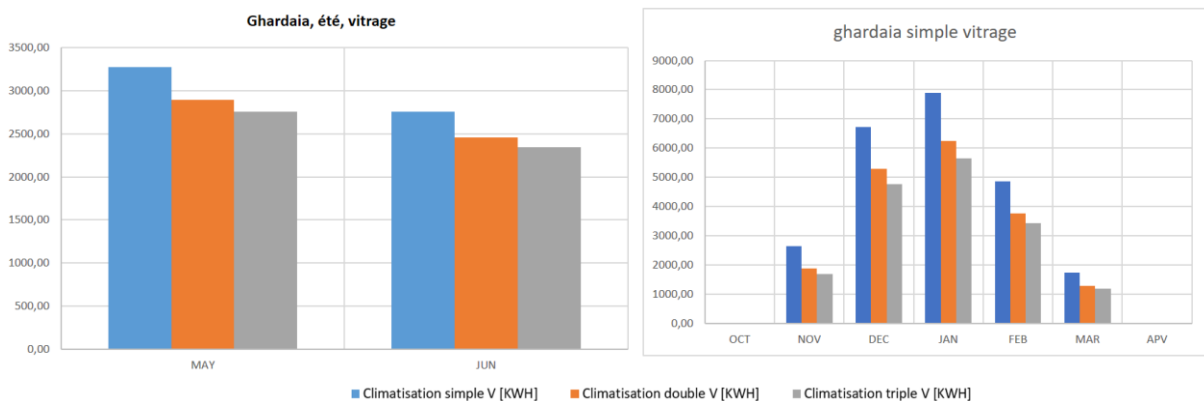


Figure 140 : Evaluation des besoins énergétiques de l'école selon le type de fenêtre de la paroi pour la ville de Ghardaïa.

Nous avons entrepris une étude pour analyser l'impact du type de vitrage sur la température intérieure et la consommation énergétique en chauffage et climatisation dans trois villes : Alger, Constantine et Ghardaïa. Les types de vitrage évalués étaient le simple vitrage, le double vitrage et le triple vitrage.

Le triple vitrage a été identifié comme la meilleure configuration pour les trois villes étudiées en raison de son isolation thermique supérieure par rapport au simple et au double vitrage. En été, le triple vitrage réduit la transmission de la chaleur extérieure vers l'intérieur, aidant ainsi à maintenir des températures plus fraîches et diminuant le recours à la climatisation. En hiver, il conserve plus efficacement la chaleur à l'intérieur des bâtiments, réduisant le besoin de chauffage. Cette efficacité accrue en termes d'isolation thermique conduit à une réduction significative de la consommation énergétique tout au long de l'année.

Dans les trois villes étudiées, les résultats ont montré des avantages distincts selon les saisons et le type de vitrage utilisé. À Alger, une ville côtière avec un climat méditerranéen, le triple vitrage permet de maintenir une température intérieure confortable en été et réduit la consommation d'énergie liée à la climatisation. En hiver, il aide à augmenter la température intérieure, diminuant le besoin de chauffage. À Constantine, une ville avec un climat continental, les bâtiments équipés de triple vitrage nécessitent moins de climatisation en été, réduisant ainsi la consommation énergétique. En hiver, le triple vitrage aide à maintenir des températures intérieures plus élevées, réduisant la demande de chauffage. À Ghardaïa, une ville dans une région désertique avec un climat aride, le triple vitrage est particulièrement efficace en été pour minimiser la transmission de la chaleur intense du soleil, réduisant le besoin de climatisation. En hiver, malgré des températures plus douces, le triple vitrage contribue à conserver la chaleur, réduisant le besoin de chauffage.

Cette étude montre clairement que l'utilisation du triple vitrage peut avoir un impact significatif sur le confort thermique et la consommation énergétique. Le triple vitrage est optimal pour les périodes estivales, réduisant la dépendance à la climatisation, et il est également avantageux pour les périodes hivernales, réduisant la nécessité de chauffage. Ces résultats peuvent guider les choix de conception architecturale et de rénovation pour améliorer l'efficacité énergétique dans différentes régions climatiques.

3.4. SYNTHÈSE :

Dans le cadre de cette recherche sur l'efficacité thermique des bâtiments, nous avons réalisé une simulation thermique en intégrant différentes épaisseurs de polystyrène (05, 10, 15, et 20 cm) dans la toiture de bâtiments situés dans trois zones climatiques distinctes en Algérie : Alger, Constantine et Ghardaïa. Cette démarche vise à déterminer la meilleure épaisseur à intégrer dans la toiture, car cette dernière est devenue obligatoire selon la réglementation algérienne. Les résultats de ces simulations ont montré que l'épaisseur de 10 cm de polystyrène offre la meilleure performance thermique pour l'ensemble des zones étudiées. En contrepartie, on sait que le polystyrène présente une série d'inconvénients, à savoir sa faible résistance au feu, sa vulnérabilité aux solvants et son impact environnemental élevé dû à sa non-biodégradabilité. De plus, sa production est énergivore et peut libérer des composés organiques volatils. Cela nous a conduit à chercher d'autres isolants qui remplissent le même rôle tout en ayant moins d'inconvénients, tels que :

- **Liège** : Présente une excellente isolation thermique et acoustique, une résistance naturelle au feu, et est un matériau durable et renouvelable avec un faible impact environnemental.
- **Fibres de palmier** : Matériau naturel et écologique, offrant une bonne capacité d'isolation thermique, et utilisant des ressources locales, ce qui réduit l'empreinte carbone.
- **Laine de verre** : Haute performance thermique et acoustique, non combustible, et souvent fabriquée à partir de matériaux recyclés, réduisant ainsi l'impact environnemental.

Suite à ces observations, nous avons développé un tableau d'équivalence permettant de fixer la résistance thermique obtenue avec 10 cm de polystyrène et de déterminer les épaisseurs nécessaires pour d'autres matériaux isolants tels que la laine de verre, les fibres de palmier et le liège. Ce tableau d'équivalence facilite la comparaison et le choix des matériaux en fonction de leurs propriétés isolantes, tout en garantissant une excellente résistance thermique et en offrant ainsi des solutions optimisées pour améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments dans différentes conditions climatiques.

CHAPITRE 3 : Résultats obtenus et discussion

Tableau 81 : Tableau d'équivalence des isolants.

Source : CNERIB. (2016). Document technique règlementaire, C 3.2/4. p. 185-160. Traité par auteurs, 2024.

L'isolant	Epaisseur (cm)	Conductivité (W/mk)	Densité (Kg/m ³)	Capacité thermique (J/kg·K)	Résistance (m ² . K/W)
polystyrène	10	0,039	25	1380	2,56
Liège	10	0,04	120	1390	2,56
Laine de verre	9	0,034	50	612	2,56
Palmier	15	0,058	1,168	173	2,56
Laine de mouton	10	0,039	35	1720	2,56
Laine de roche	10	0,039	50	157	2,56

CHAPITRE 4 : ESTIMATION DU TEMPS DE RETOUR SUR L'INVESTISSEMENT SUPPLEMENTAIRE

4.1. INTRODUCTION :

Le retour sur investissement (RSI), aussi appelé ROI (Return on Investment), est un indicateur financier permettant de mesurer et de comparer le rendement d'un investissement. Généralement, le retour sur investissement se base sur le calcul du ratio bénéfices de l'investissement/coût de l'investissement. Le retour sur investissement est un indicateur essentiel pour choisir entre plusieurs projets et déterminer celui qui rapportera le plus d'argent par rapport aux sommes initiales investies. L'objectif de cette partie d'étude consiste à analyser principalement la rentabilité de l'isolation thermique d'une habitation. Pour une vision strictement économique, la rentabilité d'un système d'isolation est fonction à la fois du coût de l'investissement et des économies réalisées grâce à une consommation d'énergie moindre. De même, la diminution de la consommation d'énergie offre une rentabilité plus rapide au projet d'isolation thermique, d'où l'importance d'une analyse financière adaptée à un système d'isolation thermique donné.

4.2. COUT DE L'INVESTISSEMENT SUR L'ISOLATION THERMIQUE :

Le coût de l'investissement (projet de l'installation de l'isolation thermique) découle essentiellement de deux éléments : - le coût de l'isolant, - le coût de l'installation de l'isolant.

Dans notre cadre d'analyse et quel que soit les travaux d'isolation réalisés, il est supposé qu'un professionnel a pris en charge ces travaux. Les coûts totaux (incluant le transport et la main-d'œuvre) pour la réalisation de ces travaux sont présentés dans le tableau suivant.

CHAPITRE 4 : Estimation du temps de retour sur l'investissement

Tableau 82 : Données nécessaires pour le calcul de TRI.

Régions	Prix du polystyrène (DA/m ²)	Surface à isolée (m ²)	Les coûts totaux de l'isolation
Ecole	400	377,4	301920
Maison		182.84	146272

Charges de chauffage et de climatisation :

Les consommations énergétiques de la maison et l'école avant et après isolation thermique en utilisant les différents isolants thermiques est présentée dans le tableau suivant :

Tableau 83 : Les consommations d'énergie en kWh pour l'isolation en polystyrène.

	Régions	Gains en Energie pour le chauffage (Gaz naturel)	Gains en Energie pour la climatisation (Electricité)
La maison individuelle	Alger	847	571
	Constantine	2683	577
	Ghardaïa	704	1796
L'école	Alger	20400	93
	Constantine	29600	105
	Ghardaïa	14300	2700

4.3. TYPES ET PRIX DE L'ENERGIE EN ALGERIE ET DANS LE MONDE :

Chaque source d'énergie utilisée est mesurée et tarifée différemment. L'énergie la plus rentable est l'énergie qui a le meilleur rapport capacité calorifique/prix. Trois types d'énergie sont utilisés dans cette partie d'étude économique : l'électricité et le gaz naturel. Pour les prix de l'énergie, l'actualisation des prix des énergies utilisées pour le chauffage et la climatisation en Algérie (en vigueur durant l'année 2019), nous permettra de calculer les économies réalisées pour fournir la quantité d'énergie. Le tableau III.2 présente une comparaison des prix d'achat pour les énergies conventionnelles utilisées en Algérie et dans le monde pour le chauffage et la climatisation. Les prix moyens internationaux de l'énergie dans le monde sont présentés sur le tableau suivant.

CHAPITRE 4 : Estimation du temps de retour sur l'investissement

Tableau 84 : Prix des énergies conventionnelles utilisées pour le chauffage et la climatisation en Algérie (Prix de 2019).

Type d'énergie	Unité	Prix HT (DA)	TVA (%)	Prix TTC (DA)
Electricité (3 ^{ième} tranche)	DA/kWh	4,18	19	5,72
Gaz naturel (3 ^{ième} tranche)	DA/Thermie*	0,4025	19	0,4589
*1 kWh = 0,86 thermie.				

Tableau 85 : Prix moyens internationaux des énergies conventionnelles utilisées pour le chauffage et la climatisation (Prix de 2019).

Type d'énergie	Unité	Prix TTC (Euro)	Prix converti (DA)
Electricité	DA/kWh	0,25	33,44
Gaz naturel	DA/Thermie*	0,06	8,03

4.4. DETERMINATION DES INDICATEURS FINANCIERS :

Comme nous ne pouvons pas connaître les valeurs précises du prix de l'énergie dans les prochaines années pour déterminer le temps de retour sur investissement et les bénéfices réalisés, nous supposons le scénario suivant :

Les prix de l'isolation thermique et de l'énergie utilisée sont supposés fixes.

4.4.1. Temps d'amortissement (retour sur investissement) :

Le temps d'amortissement (TA) pour d'isolation thermique en polystyrène a été déterminé pour le scénario supposé pour l'école et la maison individuelle situées dans différentes zones climatiques.

4.4.2. Temps d'amortissement selon notre scénario :

Pour simplifier le calcul du temps d'amortissement, le prix de l'installation de l'isolation thermique ainsi que les prix des énergies conventionnelles utilisées sont supposés constants.

Le temps d'amortissement est donné par la formule suivante :

$$\text{Temps d'amortissement} = \frac{\text{Coût d'installation (DA)}}{\text{Gains d'énergie (DA/an)}} \quad (\text{Années})$$

$$\text{Gains d'énergie (DA/an)} = \text{Économies annuelles en (chauffage + climatisation) kWh} \times \text{Prix du l'énergie (DA/kWh TTC)}$$

4.5. RESULTATS ET DISCUSSION :

4.5.1. Pour l'école :

Les résultats de la détermination du temps d'amortissement pour l'école sont présentés dans la figure suivante.

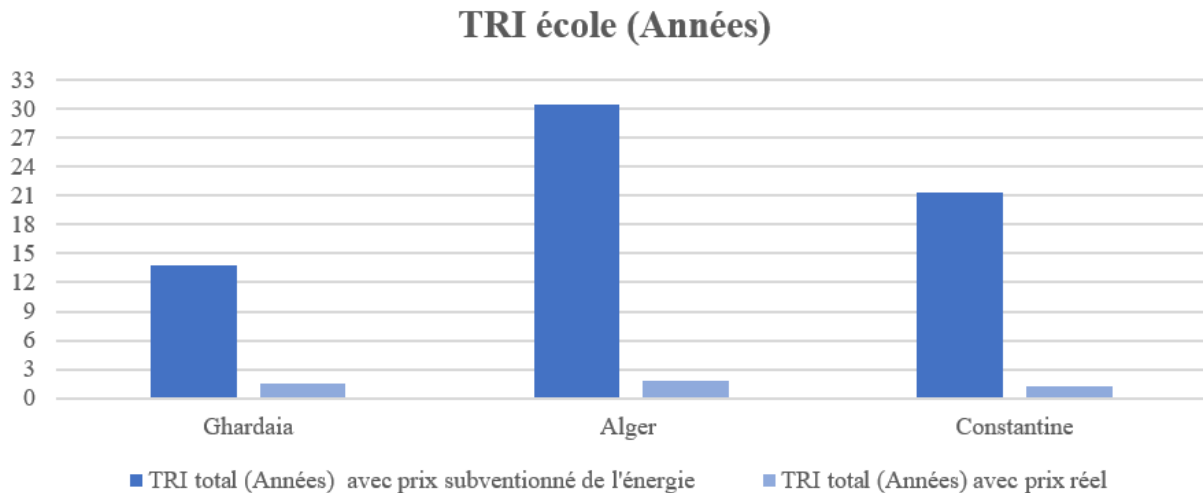


Figure 141 : Temps de retour sur l'investissement de l'isolation thermique en polystyrène de l'école.

- **Pour Ghardaïa :**

TRI avec prix subventionné de l'énergie : 13,72 ans

TRI avec prix réel de l'énergie : 1,47 ans

Ghardaïa, avec un climat aride, nécessite une consommation d'énergie plus élevée pour le refroidissement des bâtiments. Les économies réalisées (environ 17 000 kWh) sont significatives et contribuent à la réduction des coûts d'exploitation. Sous des prix réels, ces économies permettent un TRI extrêmement favorable (1,47 ans), rendant les investissements très attractifs.

- **Pour Alger :**

TRI avec prix subventionné de l'énergie : 30,52 ans

TRI avec prix réel de l'énergie : 1,60 ans

Alger bénéficie d'un climat méditerranéen, ce qui peut impliquer une demande énergétique plus modérée en comparaison à un climat aride ou semi-aride. Les économies réalisées (environ 20 000 kWh) sont substantielles. Sous des prix réels, le TRI (1,60 ans) est très favorable. Cependant, sous des prix subventionnés, le TRI (30,52 ans) dépasse la durée de vie du bâtiment.

- **Pour Constantine :**

TRI avec prix subventionné de l'énergie : 21,29 ans

TRI avec prix réel de l'énergie : 1.25 ans

Constantine, avec un climat semi-aride, pourrait nécessiter une gestion énergétique efficace pour le chauffage et le refroidissement. Les économies d'énergie les plus élevées (29 000 kWh) parmi les trois régions montrent un potentiel de réduction significatif des coûts d'exploitation. Le TRI avec des prix subventionnés (21,29 ans) est acceptable.

4.5.2. Pour la maison :

Les résultats de la détermination du temps d'amortissement pour la maison sont présentés dans la figure suivante.

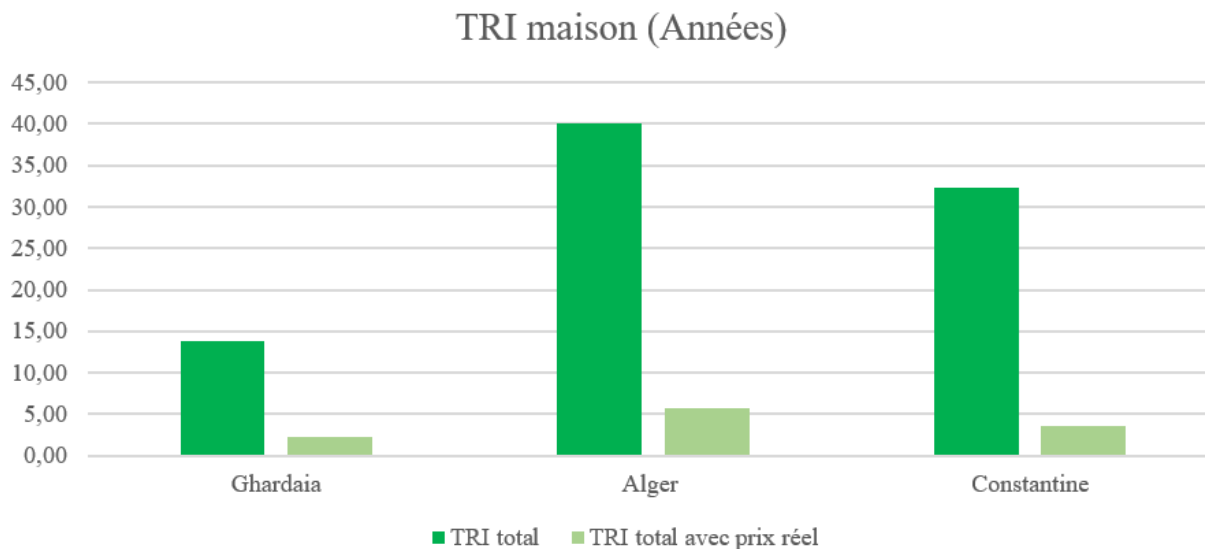


Figure 142 : Temps de retour sur l'investissement de l'isolation thermique en polystyrène de la maison.

- **Pour Ghardaïa :**

TRI total (prix subventionné) : 13,8 ans

TRI total avec prix réel : 2,23 ans

Pour Ghardaïa, le TRI **total avec le prix subventionné de l'énergie** pour la maison individuelle est de 13,8 ans. Cependant, le TRI total avec le prix réel de l'énergie est beaucoup plus favorable à 2,23 ans.

- **Pour Alger :**

TRI total (prix subventionné) : 40 ans

TRI total avec prix réel : 5,65 ans

Pour Alger, le **TRI total avec le prix subventionné de l'énergie** pour la maison est de 40 ans.

Le TRI total avec le prix réel de l'énergie est de 5,6 ans.

- **Pour Constantine :**

TRI total (prix subventionné) : 32,2 ans

TRI total avec prix réel : 2,5 ans

Pour Constantine, le **TRI total avec le prix subventionné de l'énergie** pour la maison est de 32,2 ans.

Cependant, le TRI total avec le prix réel de l'énergie est de 2,5 ans.

4.6. CONCLUSION :

Pour la Maison :

Pour Ghardaïa

- **TRI total (prix subventionné) :** 13,7 ans
- **TRI total avec prix réel :** 1,47 ans

Pour Alger

- **TRI total (prix subventionné) :** 30,52 ans
- **TRI total avec prix réel :** 1,60 ans

Pour Constantine

- **TRI total (prix subventionné) :** 21,29 ans
- **TRI total avec prix réel :** 1.25 ans

Pour l'École :

Pour Ghardaïa :

- **TRI total (prix subventionné) :** 13,8 ans
- **TRI total avec prix réel :** 2,23 ans

Pour Alger :

- **TRI total (prix subventionné) : 40 ans**
- **TRI total avec prix réel : 5,65 ans**

Pour Constantine :

- **TRI total (prix subventionné) : 32,2 ans**
 - **TRI total avec prix réel : 2,5 ans**
-
- Le type d'énergie utilisée est un facteur très important et décisif pour la rentabilité d'un système d'isolation.
 - Plus le prix de l'énergie augmente, plus le système d'isolation thermique est rapidement rentable.
 - Les conditions climatiques influencent directement la demande énergétique et les économies potentielles, rendant les investissements dans les régions arides et semi-arides plus attractifs sous les prix réels de l'énergie.

CHAPITRE 5 : CONCLUSION GENERALE :

Dans ce travail, nous avons abordé la problématique de l'impact de la diversité climatique en Algérie sur l'efficacité énergétique des bâtiments, en explorant les stratégies de conception et de gestion énergétique adaptées à des conditions climatiques variées. Cette étude s'inscrit dans le cadre de la thématique « Étude de l'impact de la diversité climatique sur l'efficacité énergétique des bâtiments en Algérie ».

Notre recherche a adopté une approche en deux volets : d'une part, une analyse détaillée de la diversité climatique dans les zones d'étude d'Alger, Constantine et Ghardaïa ; d'autre part, une évaluation comparative de deux types de bâtiments, résidentiels et tertiaires, utilisant l'outil de simulation TRNSYS. Plusieurs variantes et scénarios ont été étudiés, basés sur des données collectées par questionnaires et enquêtes.

Nous avons examiné la performance énergétique d'une maison individuelle (cas résidentiel) et d'une école primaire (cas tertiaire) dans ces trois régions climatiques distinctes. Les résultats ont mis en lumière l'influence significative de la conception des matériaux d'enveloppe, du type de vitrage, de la couleur de la façade, du choix et de l'épaisseur des isolants, ainsi que d'autres variables sur le confort thermique des occupants et la consommation énergétique saisonnière.

Nous avons atteint plusieurs objectifs de recherche, notamment en identifiant le comportement thermique dynamique des cas étudiés avec le logiciel STD TRNSYS. Cette approche nous a permis de cerner les besoins nécessaires pour assurer le confort thermique optimal et réduire la consommation énergétique des bâtiments. De plus, nous avons comparé les performances énergétiques et thermiques des bâtiments résidentiels et tertiaires dans divers contextes climatiques.

Cette étude montre clairement que chaque région climatique en Algérie a ses propres exigences pour l'isolation de l'enveloppe des bâtiments quel que soit l'usage. Les résultats obtenus à l'aide de simulations numériques ont montré qu'à :

Alger, il est recommandé d'installer une isolation thermique adéquate en polystyrène ou en laine de verre, avec une épaisseur variante entre **3 et 6 cm**, ainsi que d'utiliser du triple vitrage. Il est également conseillé d'ajuster le coefficient de couleur de la façade à **0,7**, ce qui correspond à une façade de couleur moyenne. En outre, l'intégration de masses

thermiques, telles que des murs **en béton ou en Mono-mur** avec **isolation de la toiture**, est préconisée.

Alors que pour la région de Constantine, il est crucial de favoriser une isolation renforcée avec une épaisseur variant entre **6 et 9 cm**, accompagnée d'une isolation **de 10 cm pour la toiture**. L'utilisation de vitrages performants, tels que le triple vitrage, et l'intégration de masses thermiques sont également recommandées pour stabiliser les variations de température. On prévoit des façades de couleur sombre, ce qui correspond à un coefficient de couleur de **0,9**.

Concernant la ville de Ghardaïa, représentative d'un climat du sud, une isolation plus importante d'environ **12 cm** est recommandée, l'utilisation de matériaux locaux à haute capacité thermique comme l'adobe et la brique de terre stabilisée (BTS), est essentielle pour minimiser les gains de chaleur et assurer un confort thermique optimal.

Ces variations sont dues aux différences dans les conditions climatiques locales, comme les températures moyennes hivernales et estivales, les écarts de température. En ajustant l'épaisseur de l'isolation à ces paramètres spécifiques, on peut non seulement améliorer l'efficacité énergétique et réduire les dépenses en chauffage et en climatisation, mais également diminuer l'impact environnemental en réduisant les émissions de gaz à effet de serre. De plus, un choix approprié de l'épaisseur de l'isolation contribue à créer un espace intérieur confortable qui respecte les conditions climatiques locales de façon durable et efficace.

Pour enrichir davantage nos recherches futures, nous proposons plusieurs pistes prometteuses :

1. Énergies Actives :

Intégrer les panneaux photovoltaïques (PV) et thermiques (PVT) pour des solutions énergétiques renouvelables.

2. Diversité des Ressources :

Étudier la variabilité des ressources énergétiques selon les régions nord et sud de l'Algérie, notamment pour le gaz et d'autres sources locales.

3. Systèmes de Climatisation Alternatifs :

Explorer des alternatives aux systèmes traditionnels pour réduire les émissions de gaz à effet de serre.

4. Isolation Passive :

Approfondir l'étude de l'emplacement optimal de l'isolation pour améliorer l'efficacité thermique des bâtiments.

5. Coefficient de Couleur de Façade :

Continuer à investiguer l'impact du coefficient de couleur de la façade sur les performances énergétiques saisonnières.

En conclusion, cette étude souligne l'importance cruciale de tenir compte de la diversité climatique pour améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments en Algérie. L'adoption de solutions passives adaptées à chaque climat contribuera non seulement à réduire la consommation énergétique, mais également à garantir un confort thermique optimal pour les occupants. Pour l'avenir, nous encourageons la poursuite de la recherche dans ces domaines pour optimiser encore davantage les performances énergétiques des bâtiments dans des environnements climatiques variés.

BIBLIOGRAPHIE

Rapport & Document :

- APPRUE. (2017). *La consommation énergétique finale*. 16 p. [Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie \(aprue.org.dz\)](http://aprue.org.dz)
- CNERIB. (2016). *Document technique réglementaire, C 3.2/4*. 151 p. + 55 p. annexes.
- Davenport J., Wayth N. (2023). *Statistical Review of World Energy, 23th Edition*. Londres (Royaume-Un) : Energy Institute. 64 p. [EI Stat Review PDF single 3.pdf \(energyinst.org\)](http://energyinst.org)
- KHARCHI R. (2013). *L'efficacité énergétique dans le bâtiment*. p. 9. [bulletin 028 05.pdf \(cder.dz\)](http://cder.dz)
- Klein S.A., Duffie J.A., Mitchell J.C. (2005). *TRNSYS 16, Volume 01, Getting Started*. Madison (USA): The Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin-Madison. 82 p.
- Marsh McLennan. (2024). *The global risks report 2024, 19th Edition*. Genève (Suisse) : World Economic Forum. 124 p. [WEF The Global Risks Report 2024.pdf \(weforum.org\)](http://weforum.org)
- PAEREE. (2022). *Rapport d'évaluation de la filière des matériaux pour l'isolation thermique de l'enveloppe (planchers, fenêtres et portes extérieures)*. 58 p.

Articles :

- Banaez M. O. O., Akkoyunlu M. T. (2023). A Study of Energy Efficiency Simulation Programs and Energy Saving Optimization Analysis of Building Envelopment Parameters in Turkey. *Journal of Ecological Engineering*, vol. 24, n. 9, p. 202-217. <https://doi.org/10.12911/22998993/169178>
- Benharchache, H., Khaldi, F., & Hanfer, M. (2023). The Effect of External Walls on Energy Performance of Algerian Rural Building in Different Climatic Zones. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, vol. 107, n. 2, p. 171-190. <https://doi.org/10.37934/arfmts.107.2.171190>

- Benharkat S., Telilani I. (2020). Impact of thermal insulation strategies on energy consumption of residential buildings in constantine. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, vol. 12, n. 2, p. 866-877. [\(PDF\) IMPACT OF THERMAL INSULATION STRATEGIES ON ENERGY CONSUMPTION OF RESIDENTIAL BUILDINGS IN CONSTANTINE \(researchgate.net\)](#)
- Benoudjafer I., Ghomari F., Mokhtari A. (2012). Etude comparative relative à l'efficacité énergétique de deux appartements situés à Béchar, Algérie. *Revue des Energies Renouvelables*, vol. 15, n. 1, p. 1-12. <https://www.asjp.cerist.dz/en/article/120542>
- Benoudjafer I., Zemmouri N. (2022). Vers une amélioration de la performance énergétique des habitations : cas de la ville de Bechar. *Revue d'architecture*, vol. 2, n. 1, p. 1-16. [VERS UNE AMELIORATION DE LA PERFORMANCE ENERGETIQUE DES HABITATIONS : CAS DE LA VILLE DE BECHAR | ASJP \(cerist.dz\)](#)
- Benoudjafer I., zemmouri N., benoudjafer I. (2018). Étude de l'amélioration de la performance énergétique de bâtiments résidentiels à climat sec et chaud improving the buildings envelopes energy performance in hot dry climate. *Courrier du Savoir*, n. 26, p. 245-258. <https://revues.univ-biskra.dz/index.php/cds/article/view/3939/3562>
- Elbeltagi E., Wefki H. (2021). Predicting energy consumption for residential buildings using ANN through parametric modeling. *Energy Reports*, vol. 7, n. 6, p 2534-2545. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.04.053>
- Fezzioui N., Draoui B., Benyamine M., Larbi S. (2008). Influence des caractéristiques dynamiques de l'enveloppe d'un bâtiment sur le confort thermique au sud Algérien. *Revue des Energies Renouvelables*, vol. 11, n. 1, p. 25-34. <https://doi.org/10.54966/jreen.v11i1.53>

- Foura S., Zerouala M. S. (2007). SIMULATION DES PARAMETRES ARCHITECTURAUX DU CONFORT D'HIVER EN ALGERIE. *Sciences & Technologie. D, Sciences de la terre*, n. 26, p. 85-94. [SIMULATION DES PARAMETRES ARCHITECTURAUX DU CONFORT D'HIVER EN ALGERIE | Sciences & Technologie. D, Sciences de la terre \(umc.edu.dz\)](#)
- Guechchati R., Moussaoui M. A., Mezrhab, A. (2010). Simulation de l'effet de l'isolation thermique des bâtiments Cas du centre psychopédagogique SAFAA à Oujda. *Revue des Energies Renouvelables*, vol. 13, n. 2, p. 223-232. <https://www.asjp.cerist.dz/en/article/119871>
- Khledj S., Bencheikh H. (2019). Impact of a Retrofitting Project on Thermal Comfort and Energy Efficiency of a Historic School in Miliana, Algeria. *International Journal of Architectural Heritage*, vol. 15, n. 3, p. 407-425. <https://doi.org/10.1080/15583058.2019.1621960>
- Matari N., MAHI A., LACHI, M. (s. d.). Effet de l'enveloppe du bâtiment sur le confort thermique. Application au climat aride. https://www.sft.asso.fr/Local/sft/dir/user-3775/documents/actes/Congres_2015/Communications/45397-fichier4.pdf
- Semahi S., Zemmouri N., Singh M. K., Attia S. (2019). Comparative bioclimatic approach for comfort and passive heating and cooling strategies in Algeria. *Building and Environment*, vol. 161. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106271>

Thèse & Mémoire :

- Abderrahmane B., Zinelabidine M. (2013). *Etude de l'efficacité énergétique d'un bâtiment d'habitation à l'aide d'un logiciel de simulation*. Mémoire de Magister : Université Constantine 1, Constantine (Algérie). 125 p. <http://depot.umc.edu.dz/handle/123456789/6359>
- Allek, T. (2019). *L'architecture scolaire en Algérie, quelle prise en charge climatique ?*. Mémoire de Master : Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou (Algérie). 83 p. <https://dspace.ummtto.dz/handle/ummtto/10587>
- Belkacem, N. (2017). *Contribution à l'évaluation des performances énergétiques et environnementales d'un habitat individuel bioclimatique : Cas de la maison*

pilote de Souidania – Alger- (Algérie). Thèse de Doctorat : Université Hassiba Ben Bouali, Chlef (Algérie). 112 p.
<https://www.ccdz.cerist.dz/admin/notice.php?id=0000000000000813748000071>

- Bennadji B., Sahli M. (2016). *Evaluation du confort thermique et son impact sur l'habitat collectif*. Mémoire de Master en Architecture : Université d'El Arbi Ben M'Hidi, Oum El Bouagi (Algérie). 116 p. + 10 p. annexes. [Evaluation Du Confort Thermique Et Son Impact Sur L'habitat Collectif \(theses-algerie.com\)](#)
- Benoudjafer I. (2018). *Vers une amélioration de la performance énergétique des habitations : la certification énergétique comme une stratégie durable. Cas de la ville de Bechar*. Thèse en Science en Architecture : Université de Mohamed Kheider, Biskra (Algérie). 168 p. + 38 p. annexes. [Vers Une Amélioration De La Performance Énergétique Des Habitations : La Certification Énergétique Comme Une Stratégie Durable. Cas De La Ville De Bechar \(theses-algerie.com\)](#)
- Berghout, B. (2012). *Effet de l'implantation d'un bâtiment collectif sur le confort hygrothermique intérieur cas de Biskra, Algérie*. Mémoire de Master : École de technologie supérieure, Québec (Canada). 214 p.
<https://espace.etsmtl.ca/id/eprint/1007/>
- BOURAS A. (2017). *Évaluation de la performance énergétique d'un bâtiment social. Cas d'étude : la cité 100 logement à Bendjerrah*. Mémoire de Master en Architecture : Université de 08 Mai 1945, Guelma (Algérie). 98 p.
<http://dspace.univ-guelma.dz:8080/xmlui/handle/123456789/2342>
- Ferhi A. L., Mahrez M. A. B. (2022). *Amélioration de l'efficacité la performance énergétique d'une maison moderne à Touggourt*. Mémoire de Master : Université Saâd Dahleb, Blida (Algérie). 64 p. <https://di.univ-blida.dz/jspui/handle/123456789/20574>
- Ferhi A.L., Mahrez M.A.B. (2022). *Amélioration de l'efficacité la performance énergétique d'une maison moderne à Touggourt*. Mémoire de Master en Energies Renouvelables : Université de Saad Dahleb Blida 01, Blida (Algérie). 65 p.
[Mémoire Abdellaoui Zahira.pdf \(univ-mosta.dz\)](#)
- Hadji, L. (2022). *Amélioration de la performance énergétique d'un habitat individuel (cas d'étude batna)*. Mémoire de Master : Université Saâd Dahleb,

BLIDA (Algérie). 72 p. <https://di.univ-blida.dz/jspui/handle/123456789/20568>

- Hammouche, H. (2016). *Etude de l'influence de quelques paramètres sur le bilan Thermique Habitat : Cas de la maison expérimentale de SOUIDANIA*. Mémoire de Master, Université de Saâd Dahleb, Blida (Algérie). <https://di.univ-blida.dz/jspui/handle/123456789/14824>
- Houda B. (2016). *Impact de l'orientation sur la consommation énergétique dans le bâtiment. -Cas des zones arides et chaudes-*. Mémoire de Master en Architecture : Université Mohamed Khider, Biskra (Algérie). 229 p. + 18 p. annexes. <http://archives.univ-biskra.dz:80/handle/123456789/23762>
- Khelfa B., Rabah H. (2017). *Etude de l'efficacité énergétique des bâtiments à usage d'habitation en Algérie*. Mémoire de Master en Génie Civil : Université de Saida_Dr Moulay Tahar, Annaba (Algérie). 48 p.
- KHELIF A. (2017). *L'impact de l'enveloppe du bâtiment sur le confort thermique -Cas d'étude habitat collectif à Tébessa-*. Mémoire de Master : Université Larbi Tébessi, Tébessa (Algérie). 74 p. <https://www.theses-algerie.com>
- Mazari M. (2012). *Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public : Cas du département d'Architecture de Tamda (Tizi-Ouzou)*. Mémoire de Master en Architecture : Université de Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou (Algérie). 126 p. + 5 p. annexes. <https://dspace.ummtto.dz/bitstreams/134b88f0-3ecc-45b4-a00f-66d274575d62/download>
- Medah S. (2016). *Contribution à l'étude des performances thermique d'une maison solaire*. Mémoire de Master : Université de Saâd Dahleb Blida 01, Blida (Algérie). 87 p. <https://di.univ-blida.dz/jspui/handle/123456789/6642>
- Medjelekh D. (2006). *Impact de l'inertie thermique sur le confort hygrothermique et la consommation énergétique du bâtiment Cas de l'habitation de l'époque coloniale à Guelma*. Mémoire de Master en Architecture, Université de Montouri, Constantine (Algérie). 259 p. + 28 p. annexes. <https://doi.org/10.54966/jreen.v11i3.84>
- Rahmouni S. (2020). *Evaluation et Amélioration Energétiques de Bâtiments dans le cadre du Programme National d'Efficacité Energétique*. Thèse de Doctorat en Sciences : Université de Mostepha Ben Boulais_ Batna 2, Batna (Algérie). 114 p.

- + 5 p. annexes. <https://dspace.univ-batna2.dz/bitstreams/801783e0-30e0-403a-a173-3d957a6ac78d/download>
- Raoui H., Saidi A. (2020). *Amélioration de la performance énergétique d'une maison moderne dans wilaya de Oued_Souf*. Mémoire de Master en Energies Renouvelables : Université de Saad Dahleb Blida 01, Blida (Algérie). 54 p. [Amélioration de la performance énergétique d'une maison moderne dans la wilaya de Oued Souf \(123dok.net\)](#)
 - Rezzag M., Ouladsaid H. (2022). *Effet du choix des matériaux sur les caractéristiques thermiques de l'habitat cas d'une habitation dans la région de Ghardaïa*. Mémoire de Master en Génie Civil : Université de Ghardaïa, Ghardaïa (Algérie). 92 p. [Un problème a été détecté lors de l'analyse du certificat \(univ-ghardaia.dz\)](#)
 - SAMI S. (2018). *Contribution à l'intégration de composants solaires dans la structure bâtie. Applications au site algériens*. Thèse de Doctorat en Génie Mécanique : Université de Saad Dahleb Blida 01, Blida (Algérie). 157 p. <http://di.univ-blida.dz:8080/jspui/handle/123456789/9673>
 - Semahi S. (2021). *Development of a decision-support model based on fuzzy logic for optimizing of High Energy Performance (HPE) housing design in Algeria*. Thèse de Doctorate en Architecture : Université de Saad Dahleb Blida 01, Blida (Algérie). 123 p. + 13 p. annexes. <http://archives.univ-biskra.dz/bitstream/123456789/23346/1/Semahi%20samir%20PhD%20the sis.pdf>
 - Torki A., Aoun Allah, M. (2015). *Conception d'un projet architectural à usage d'habitat vers une haute performance énergétique. Cas d'étude : Ville d'Ain Beida*. Mémoire De Master : L'arbi Ben M'hidi, OUM EL BOUAGHI (Algérie). 133 p. <https://www.theses-algerie.com>
 - Zekri L., Hafiane N., Boulifa M.L. (2022). *Contribution à l'amélioration du confort thermique dans les bâtiments : cas des régions du sud algérien*. Mémoire de Master en Energies Renouvelables : Université de Saad Dahleb Blida 01, Blida (Algérie). 46 p. [Contribution À L'amélioration Du Confort Thermique Dans Les Bâtiments : Cas Des Régions Du Sud Algérien \(theses-algerie.com\)](#)
 - Zekroui D. (2017). *L'impact de l'ouverture de la façade sur la consommation de l'énergie dans les bâtiments à usage de bureau sous un climat chaud et sec*.

Mémoire de Master en Architecture : Université de Mohamed Kheider, Biskra (Algérie). 156 p. + 24 p. annexes. [Thèses-Algérie \(theses-algerie.com\)](http://theses-algerie.com)

Sites web :

- Connaissances des énergies. (2023). Qu'est-ce qu'une énergie fossile ?. <https://www.connaissancedesenergies.org/questions-et-reponses-energies/quest-ce-quune-energie-fossile>
- Ministère de l'Education Nationale. (s. d.). *Système Educatif Algérien*. <https://www.education.gov.dz/fr/systeme-educatif-algerien/presentation/>
- Ministère de la transition écologique. (2019). *Le changement climatique*. https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/ONERC_Panneaux_expo_CCC_MAJ-2019_800x1100_DEFweb.pdf
- Office National des Statistiques – ONS (2019). *Les principaux indicateurs du secteur de l'Education Nationale. Année scolaire 2018-2019*. http://www.ons.dz/IMG/pdf/education_nat2018-2019.pdf
- United Nations. (2022). *La perception erronée des risques par l'humanité renverse les progrès mondiaux dans une « spirale d'autodestruction », selon un nouveau rapport de l'ONU*. <https://unfccc.int/fr/news/la-perception-erronee-des-risques-par-l-humanite-renverse-les-progres-mondiaux-dans-une-spirale-d>
- Urbanisme. (2021). *Philippe Rahm : « La forme suit le climat »*. <https://www.urbanisme.fr/invite/philippe-rahm/>
- World Economic Forum. (2024). *Global Risks Report 2024*. <https://www.weforum.org/publications/global-risks-report-2024/>

Chaines YouTube :

- WocomoDOCS. (2015). *L'ère de l'Homme*. [Documentaire]. <https://www.youtube.com/watch?v=l1Hgbz8Cf-k>

Dictionnaire :

- Atlas Encyclopédie. (S. d.). *Algérie*. Dans Dictionnaire en ligne. <https://www.universalis.fr/atlas/afrique/algerie/>

Annexes I

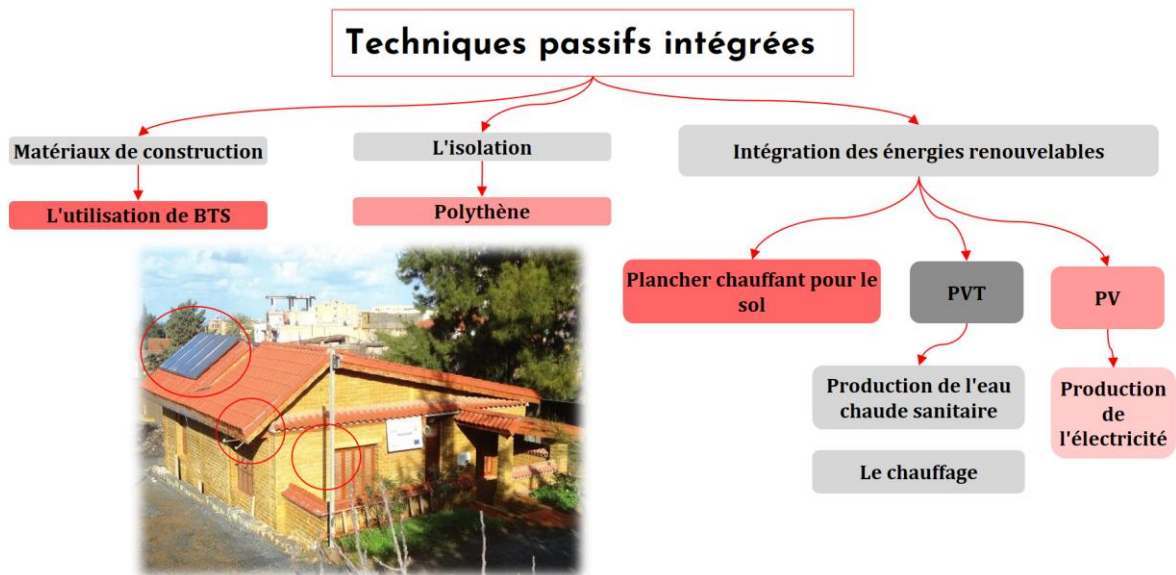


Figure 1 : Techniques passives et actives intégrées dans la maison.

Tableau 1 : Etude comparative entre différentes écoles situées dans différentes régions climatiques.





Ecoles				
	LAARBI TBESSI	Thighozal	Ben Tahar KADDOUR	BAKHOUCHE Mohammed
Paramètres liés aux conditions climatiques				
climat	Méditerranéen (litoral)	Méditerranéen (montagne)	Hauts plateaux	désertique
Paramètres liés au cadre bâti				
Orientation	double orientation Nord-Ouest/ Sud-Est Nord-Est/ Sud-Ouest	double orientation Nord/Sud Est/Ouest	double orientation Nord/Sud Est/Ouest	double orientation Nord/Sud Est/Ouest
Forme	Le projet est implanté en forme de « U »	Quatre blocs rectangulaires dispersés	Le projet est implanté en forme de « L »	Le projet est implanté en forme de « L »
La configuration spatiale	Typologie du plan à coursive	Typologie du plan à coursive	Typologie du plan à corridor central	Typologie du plan à coursive
Matériaux de construction des parois opaques.	Brique creuse, à faible inertie thermique.	Brique creuse, à faible inertie thermique.	Brique creuse, à faible inertie thermique.	Brique creuse, à faible inertie thermique.
Matériaux de construction des parois vitrées	Simple vitrage	Simple vitrage	Simple vitrage	Simple vitrage
Couleurs des surfaces extérieures	Utilisation des couleurs claires qui se caractérisent par des facteurs d'absorption faible.	Utilisation des couleurs claires qui se caractérisent par des facteurs d'absorption faible.	Utilisation des couleurs claires qui se caractérisent par des facteurs d'absorption faible.	Utilisation des couleurs claires qui se caractérisent par des facteurs d'absorption faible.

Tableau 2 : Résistances thermiques d'échanges superficiels. (DTR, C 3.2/4)


$\frac{1}{h}$ en m ² .°C/W 	Pari en contact avec : - l'extérieur, - un passage ouvert, - un local ouvert.			Pari en contact avec : - un autre local, chauffé ou non chauffé, - un comble, - un vide sanitaire.		
	1/hi	1/he	1/hi + 1/he	1/hi	1/he	1/hi + 1/he
Latéral (Mur) $\alpha > 60^\circ$	0,11	0,06	0,17	0,11	0,11	0,22
Ascendant (toiture) $\alpha \leq 60^\circ$	0,09	0,05	0,14	0,09	0,09	0,18
Descendant (plancher) $\alpha \leq 60^\circ$	0,17	0,05	0,22	0,17	0,17	0,34

Tableau 1.2 : Résistances thermiques d'échange superficiel en hiver

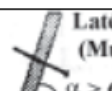
$\frac{1}{h}$ en m ² .°C/W 	Pari en contact avec : - l'extérieur, - un passage ouvert, - un local ouvert.			Pari en contact avec : - un autre local, chauffé ou non chauffé, - un comble, - un vide sanitaire.		
	1/hi	1/he	1/hi + 1/he	1/hi	1/he	1/hi + 1/he
Latéral (Mur) $\alpha > 60^\circ$	0,10	0,04	0,14	0,10	0,11	0,21
(toiture) $\alpha \leq 60^\circ$	0,16	0,04	0,20	0,17	0,17	0,33
(plancher)	0,08	0,04	0,12	0,08	0,09	0,17

Tableau 1.3 : Résistances thermiques d'échange superficiel en été

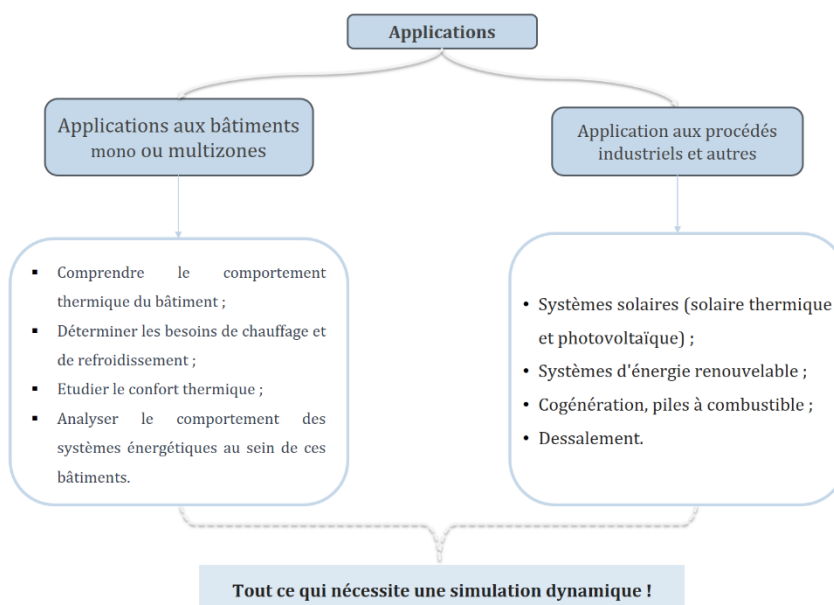


Figure 3 : Domaines d'application de TRNSYS.

Scénarios de fonctionnement

La maison (période hivernale) :

❖ Scénarios d'occupation :

Les chambres sont occupées par 2 personnes (chambre parentale par les parents ; chambre d'enfant par 2 enfants). Dans le tableau suivant, le nombre 0,5 indique une présence de 2 personnes, tandis que le nombre 0,25 indique que la chambre est occupée par une seule personne.

Chambre parentale									
Jour de semaines					Weekend				
00:00-07:00	07:00-16:00	16:00-18:00	18:00-21:00	21:00-24:00	00:00-10:00	10:00-13:00	13:00-16:00	16:00-21:00	21:00-24:00
0,5	00	0,5	00	0,5	0,5	00	0,5	00	0,5
4 * (Schedule de la semaine) + 0									

Chambre d'enfants									
Jour de semaines					Weekend				
00:00-07:00	07:00-16:00	16:00-18:00	18:00-21:00	21:00-24:00	00:00-10:00	10:00-13:00	13:00-16:00	16:00-21:00	21:00-24:00
0,5	00	0,5	00	0,5	0,5	00	0,5	00	0,5
4 * (Schedule de la semaine) + 0									

Dans le tableau suivant, le chiffre 1 indique que le salon et la cuisine sont occupés par les 4 personnes, tandis que le chiffre 0,75 indique la présence de 3 personnes, et la présence de 2 personnes est indiquée par le chiffre 0,25.

Salon														
Jour de semaines							Weekend							
00:00	12:00	13:00	18:00	20:00-20:30	20:30-21:00	21:00-00:00	00:00-10:30	10:30-11:00	11:00	16:30	18:00	20:00	20:30	21:00
-	-	-	-						-	-	-	-	-	-
12:00	13:00	18:00	20:00						16:30	18:00	20:00	20:30	21:00	24:00
00	0,75	00	0,75	00	01	00	00	0,75	00	01	0,75	00	01	00
4 * (Schedule de la semaine) + 0														

❖ Scénarios de ventilation :

Chambres													
Jour de semaines							Weekend						
00:00-07:00	07:00-07:15	07:15-17:00	17:00-17:15	17:15-20:00	20:00-20:15	20:15-00:00	00:00-10:00	10:00-10:15	10:15-16:00	16:00-16:15	16:15-20:00	20:00-20:15	20:15-00:00
00	0,6	00	0,6	00	0,6	00	00	0,6	00	0,6	00	0,6	00
1 * (Schedule de la semaine) + 0													

Salon													
Jour de semaines							Weekend						
00:00-06:00	06:00-06:15	06:15-17:00	17:00-17:15	17:15-20:30	20:30-20:45	20:45-00:00	00:00-10:00	10:00-10:15	10:15-17:00	17:00-17:15	17:15-20:30	20:30-20:45	20:45-00:00
00	0,6	00	0,6	00	0,6	00	00	0,6	00	0,6	00	0,6	00
1 * (Schedule de la semaine) + 0													

La maison (période evarnale) :

❖ Scénarios d'occupation :

Les chambres sont occupées par 2 personnes (chambre parentale par les parents ; chambre d'enfant par 2 enfants). Dans le tableau suivant, le nombre 0,5 indique une présence de 2 personnes, tandis que le nombre 0,25 indique que la chambre est occupée par une seule personne.

Chambre parentale									
Jour de semaines					Weekend				
00:00-07:00	07:00-16:00	16:00-18:00	18:00-22:00	22:00-24:00	00:00-10:00	10:00-13:00	13:00-16:00	16:00-22:00	22:00-24:00
0,5	00	0,5	00	0,5	0,5	00	0,5	00	0,5
4 * (Schedule de la semaine) + 0									

Chambre d'enfants									
Jour de semaines					Weekend				
00:00-07:00	07:00-16:00	16:00-18:00	18:00-22:00	22:00-24:00	00:00-10:00	10:00-13:00	13:00-16:00	16:00-22:00	22:00-24:00
0,5	00	0,5	00	0,5	0,5	00	0,5	00	0,5
4 * (Schedule de la semaine) + 0									

Salon														
Jour de semaines							Weekend							
00:00-12:00	12:00-13:00	13:00-18:00	18:00-20:00	20:00-20:30	20:30-22:00	22:00-00:00	00:00-10:30	10:30-11:00	11:00-16:30	16:30-18:00	18:00-20:00	20:00-20:30	20:30-22:00	22:00-24:00
00	0,75	00	0,75	00	01	00	00	0,75	00	01	0,75	00	01	00
4 * (Schedule de la semaine) + 0														

❖ Scénarios de ventilation :

Chambres													
Jour de semaines							Weekend						
00:00-07:00	07:00-07:30	7:30-17:00	17:00-18:00	18:00-20:00	20:00-22:00	22:00-00:00	00:00-10:00	10:00-12:00	12:00-16:00	16:00-17:00	17:00-19:00	19:00-22:00	22:00-00:00
00	0,6	00	0,6	00	0,6	00	00	0,6	00	0,6	00	0,6	00
1 * (Schedule de la semaine) + 0													

Salon													
Jour de semaines							Weekend						
00:00-06:00	06:00-07:30	7:30-17:00	17:00-19:00	19:00-20:00	20:00-21:00	21:00-00:00	00:00-10:00	10:00-11:00	11:00-17:00	17:00-29:00	19:00-20:30	20:30-22:00	22:00-00:00
000	0,6	00	0,6	00	0,6	00	00	0,6	00	0,6	00	0,60	
1 * (Schedule de la semaine) + 0													

La maison (puissance dissipée) :

Chambres															
Lampes	Jour de semaines							Weekend							
	00:00-07:00	07:00-07:30	07:30-16:00	16:00-18:00	18:00-21:00	21:00-21:30	21:30-00:00	00:00-10:00	10:00-10:30	10:30-13:00	13:00-15:30	15:30-16:00	16:00-21:00	21:00-21:30	21:30-00:00
	00	1	00	1	00	01	00	00	01	00	00	01	00	01	
33w * (Schedule de la semaine) + 0															
Pc	00:00-22:00		22:00-22:30		22:30-00:00			00:00-09:00	09:00-10:00	10:00-22:00	22:00-22:30		22:30-00:00		
	00		01		00			00	01	00	01		00		
	100w * (Schedule de la semaine) + 0														

Salon														
Lampes	Jour de semaines							Weekend						
	00:00-12:00	12:00-13:00	13:00-18:00	18:00-20:00	20:00-20:30	20:30-21:00	21:00-00:00	00:00-10:30	10:30-11:00	11:00-16:00	16:30-20:00	20:00-20:30	20:30-21:00	21:00-00:00
	00	1	00	1	00	01		00	1	00	1	00	1	00
33w * (Schedule de la semaine) + 0														
TV	100w * (Schedule de la semaine) + 0													
démodulateur	100w * (Schedule de la semaine) + 0													

L'école :

❖ Scénarios d'occupation des salles de classe :

Une salle de classe est occupée par 31 personnes (1 enseignant et 30 étudiants). Dans le tableau suivant, le nombre 1 indique une présence totale, tandis que le nombre 0 indique une absence totale. Il est à noter qu'il y a eu une absence totale le week-end.

Salles de classe					
-	00:00 - 08:00	08:00 - 12:00	12:00 -13:00	13:00 - 15:00	15:00-24:00
Jours de semaine	00	01	00	01	00
Mardi	00	01	00		
Scénario	31 * (Schedule de la semaine) + 0				

❖ Scénarios d'occupation des bureaux :

Une personne occupe chaque bureau, les horaires d'occupation étant illustrés dans le tableau ci-dessous. Sachant qu'il y a eu une absence totale le week-end.

Bureau									
Jour de semaines					mardi				
00:00- 08:00	08:00- 12:00	12:00-13:00	13:00- 16:00	16:00-24:00	00:00- 08:00	08:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-24:00
00	01	00	01	00	00	01	00	01	00
1 * (Schedule de la semaine) + 0									

❖ Scénarios de puissance dissipée des salles de classe :

Pour les puissances dissipées des salles d'étude, c'est uniquement de l'éclairage, avec cinq lampes néon de 25 W chacune. Le chiffre 1 indique que les cinq lampes sont allumées, tandis que le chiffre 0,6 indique que seulement trois lampes sont allumées.

Salles de classe						
-	00:00-07:00	07:00-08:00	08:00-12:00	12:00-13:00	13:00-16:00	16:00-24:00
Jours de semaine	00	1	0,6	00	0,6	00
Mardi	00	1	0,6	00		
Scénario	175w * (Schedule de la semaine) + 0					

Pour les puissances dissipées dans le bureau, nous avons les éléments suivants : l'éclairage avec une lampe néon de 25 W, un PC de 80 W, un écran de 40 W et des équipements auxiliaires de 30 W.

Bureau													
-	Jour de semaines						mardi						
	00:00-07:00	07:00-08:00	08:00-12:00	12:00-13:00	13:00-16:00	16:00-24:00	00:00-07:00	07:00-08:00	08:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-24:00	
Lampes	00	01	01	00	01	00	00	01	01	00	01	00	
	25w * (Schedule de la semaine) + 0												
-	00	01	00	01	00	00	01	01	00	01	00		
Pc	80w * (Schedule de la semaine) + 0												
Ecran	40w * (Schedule de la semaine) + 0												
Auxiliaire	30w * (Schedule de la semaine) + 0												

Hiver

Il est à noter que le taux de renouvellement d'air est égale à 0 le week-end.

❖ Scénarios de ventilation des salles de classe :

Salles de classe							
-	00:00 - 08:00	08:00-08:30	8:30- 10:00	10:00-10:30	10:30-13:00	13:00-13:30	13:30-24:00
Jours de semaine	00	0,6	00	0,6	00	0,6	00
Mardi	00	0,6	00	0,6	00		
Scénario	1 * (Schedule de la semaine) + 0						

❖ Scénarios de ventilation des bureaux :

Bureau									
00:00 -08:00	Jour de semaines				mardi				
	08:00-08:15	08:15-13:00	13:00-13:15	13:15-24:00	00:00-08:15	08:00-08:15	08:15-13:00	13:00-13:15	13:15-24:00
00	0,6	00	0,6	00	00	0,6	00	0,6	00
1 * (Schedule de la semaine) + 0									

Eté

❖ Scénarios de ventilation des salles de classe :

Ventilation des pièces de l'école			
-	00:00 - 08:00	08:00-09:30	09:30-00:00
Jours de semaine	00	0,6	00
Mardi	00	0,6	00
Scénario	1 * (Schedule de la semaine) + 0		