

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

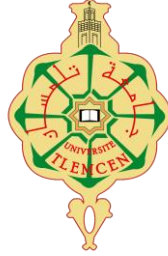
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبو بكر بلكايد - تلمسان

Université Abou Bekr Belkaïd – Tlemcen –

Faculté de TECHNOLOGIE



MÉMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de MASTER

En : Génie Civil

Spécialité : Structures, Efficacité Énergétique dans les Bâtiments de Construction

Thème

**Développement d'une application numérique pour  
la conception et control énergétique des bâtiments**

Présentée par :

- MORSLI Fatima Zohra

Le jury composé de :

Dr. CHEKROUN Abdennasser

Président

Université Abou Bekr Belkaïd Tlemcen

Dr. SELKA Ghouti

Examinateur

Université Abou Bekr Belkaïd Tlemcen

Dr. MAACHOU Omar

Encadrant

Université Abou Bekr Belkaïd Tlemcen

Dr. DAHHAOUI Hachimi

Encadrant

Université Abou Bekr Belkaïd Tlemcen

Dr. BELBACHIR Ahmed

Expert I2E

Université Abou Bekr Belkaïd Tlemcen

2024/2025

# Remerciements

*Avant tout, je rends grâce à Dieu, qui m'a accordé la patience, la force et le courage nécessaires pour réussir ce travail.*

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mes encadrants, **Monsieur MAACHOU Omar** et **Monsieur DAHHAOUI Hachimi**, pour leurs précieux conseils, leur disponibilité et leur accompagnement tout au long de cette étude. Leur expertise et leurs orientations ont grandement contribué à la réussite de ce travail.*

*Je remercie également **Monsieur BRAHMI Sofiane**, l'ingénieur en contrôle technique de construction à Saida, pour son soutien constant, ses conseils pertinents et son accompagnement tout au long de ma période de stage. Sa bienveillance et son professionnalisme m'ont été d'une aide précieuse.*

*Un grand merci aussi à **Monsieur REDOUANE Adel** pour ses remarques constructives et ses conseils avisés qui ont enrichi considérablement mon travail.*

*Je n'oublie pas de remercier tous les enseignants de cette année pour leur gentillesse, leur patience et la qualité des enseignements qu'ils nous ont dispensés. Leurs efforts et leur dévouement ont été essentiels à mon apprentissage.*

*J'adresse également mes sincères remerciements aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils portent à mes recherches, pour avoir accepté d'évaluer mon travail et pour les suggestions enrichissantes qu'ils ne manqueront pas d'apporter.*

*Enfin, je remercie toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce mémoire. Leur aide, leur soutien et leur encouragement m'ont été d'un grand réconfort tout au long de cette aventure.*

# Dédicaces

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

قال الله تعالى: ﴿وَأَنْ لَيْسَ لِلْإِنْسَانِ إِلَّا مَا سَعَى (39) وَأَنْ سَعْيُهُ سَوْفَ يُرَى (40) ثُمَّ يُجْزَاهُ الْجَزَاءَ الْأَوْفَى (41)﴾

À mon père bien-aimé **MORSLI Bensadek**, père dévoué, homme de cœur et de sacrifice. Tu as été le pilier de ma persévérance, celui qui a su croire en moi lorsque moi-même je doutais. Ta bienveillance, ton amour et ton soutien m'ont portée jusque-là.

Que cette réussite soit aussi la tienne.

À ma très chère mère, **CHEIKH Djamila**, Toi qui m'as transmis la force du cœur et l'espérance. Tes prières silencieuses, ton amour inconditionnel et ton regard plein de tendresse m'ont guidée dans l'ombre comme dans la lumière.

Aucune dédicace ne saurait exprimer la profondeur de mon respect et de ma gratitude.

À la mémoire de **ma grand-mère Yamina**, Que Dieu accueille son âme en sa paix infinie. Tu n'es plus là, mais ton amour vit en moi, et ta foi en mon avenir me suit à chaque étape. Ce projet est l'aboutissement de ton rêve pour moi, et je le réalise aujourd'hui avec fierté, en pensant à toi.

À celle qui m'a encouragée à devenir une femme forte et accomplie, **ma chère grand-mère Hlima**, reçois toute ma reconnaissance et ma gratitude. Ce travail t'est dédié, avec tout l'amour que je porte en mon cœur.

À la personne la plus précieuse dans ma vie, **TAOUACHE Kader**, Merci pour ta confiance inébranlable, pour tes mots justes dans les tempêtes et pour ton amour constant qui m'a tant soutenue. Je te dédie cette étape avec tout l'honneur que mérite ton rôle dans mon parcours. Je poursuivrai ce chemin avec fierté, pour que tu sois toujours fier de ta fille.

À mes sœurs, **Inès et Maisaa**, Votre soutien, vos encouragements et votre affection ont illuminé les moments sombres et renforcé mes pas.

Merci d'avoir cru en moi, toujours.

À mon petit ange, **Abd El Raouf**, tu n'as peut-être pas encore l'âge de comprendre, mais sache que tout ce que j'accomplis, je le fais aussi pour toi.

Ce travail t'est dédié avec tout l'amour que je porte en mon cœur.

À mes amies de cœur, **Cherifa, Chaimaa et Nesma**, Votre amitié sincère, vos mots reconfortants, et votre présence à mes côtés dans les instants de doute ont été un trésor inestimable. Merci pour votre affection et votre soutien sans faille.

## Sommaire

Remerciements .....	I
Sommaire.....	III
Liste des tableaux.....	V
Liste des figures.....	VI
Liste des symboles.....	VII
<b>RÉSUMÉ .....</b>	<b>IX</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>X</b>
<i>ملخص</i> .....	XI
<b>INTRODUCTION Général .....</b>	<b>1</b>
<b>I. CADRE THÉORIQUE ET CONCEPTUEL .....</b>	<b>0</b>
<i>I.1 Introduction :</i> .....	2
<i>I.2 Secteur de la construction en Algérie :</i> .....	2
<i>I.3 La consommation d'énergie dans le secteur du bâtiment :</i> .....	2
<i>I.4 Les normes de dimensionnement thermique des bâtiments :</i> .....	3
<i>I.4.1 Normes Nationales :</i> .....	3
<i>I.4.2 Normes internationales :</i> .....	4
<i>I.5 Comparaison des Normes Thermiques :</i> .....	10
<i>I.6 Conclusion :</i> .....	11
<b>II. Approche méthodologique .....</b>	<b>12</b>
<i>II.1 Introduction.....</i>	12
<i>II.2 Méthodologie de calcul.....</i>	12
<i>II.2.1 Document technique réglementaire (DTR-C3.2/4) .....</i>	12
<i>II.2.2 Expression générale des déperditions .....</i>	12
<i>II.2.3 Vérification et déperdition de référence.....</i>	19
<i>II.2.4 Calcul des déperditions de base .....</i>	20
<i>II.2.5 Puissance de chauffage.....</i>	21
<i>II.2.6 Calcul du réseau thermique .....</i>	22
<i>II.3 Méthodologie adoptée pour le développement de l'application .....</i>	24
<i>II.3.1 Le langage de développement adopté.....</i>	24
<i>II.3.2 Conception et réalisation de l'interface graphique.....</i>	25
<i>II.3.3 Transformation du programme Python en application Windows (exe).....</i>	26
<i>II.4 Conclusion.....</i>	26
<b>III. ETUDE DE CAS.....</b>	<b>27</b>

<i>III.1 Introduction</i> .....	27
<i>III.2 Présentation de L'application</i> .....	27
<i>III.3 Guide d'utilisation de l'application</i> .....	28
<i>III.3.1 Information de Projet</i> .....	28
<i>III.3.2 Création des parois</i> .....	28
<i>III.3.3 Saisie des dimensions des parois</i> .....	30
<i>III.3.4 Renouvellement d'Air</i> .....	30
<i>III.3.5 La Vérification</i> .....	31
<i>III.3.6 Évaluation des pertes thermiques et détermination de la puissance de chauffage</i> 31	
<i>III.3.7 Dimensionnement de l'installation</i> .....	32
<i>III.4 Présentation du projet étudiée</i> .....	34
<i>III.4.1 Situation géographique</i> .....	34
<i>III.4.2 Conditions climatiques intérieures</i> .....	34
<i>III.4.3 Conditions climatiques extérieures</i> .....	34
<i>III.4.4 Tuyauteries appliquées dans un réseau (multicouche)</i> .....	34
<i>III.4.5 Plan architectural</i> .....	35
<i>III.4.6 Données techniques relatives à la construction</i> .....	36
<i>III.4.7 Caractéristiques techniques de la construction</i> .....	39
<i>III.5 Intégration du projet dans l'application</i> .....	40
<i>III.5.1 Insertion des informations de projet</i> .....	40
<i>III.5.2 Les coefficients de transmission thermique (K)</i> .....	40
<i>III.5.3 Résultats globaux des déperditions pour la maison</i> .....	41
<i>III.6 Discussion des résultats</i> .....	42
<i>III.7 Synthèse</i> .....	46
<i>III.8 Conclusion</i> .....	46
<b>Conclusion Générale :</b> .....	<b>47</b>
<b>Business Model Canvas</b> .....	<b>48</b>

## Liste des tableaux

<b>Tableaux</b>	<b>Pages</b>
<b>Tableau (II.1)</b> : les coefficients K <sub>vn</sub> fonction du type de vitrage, de la nature du matériau, sa position et son épaisseur	14
<b>Tableau (II.2)</b> : Le coefficient K des portes	15
<b>Tableau (II.3)</b> : Le débit extrait minimal de référence	17
<b>Tableau (II.4)</b> : Le débit extrait maximal de référence	17
<b>Tableau (II.5)</b> : perméabilité surfacique à l'air de l'ouvrant	18
<b>Tableau (II.6)</b> : coefficient d'exposition au vent effectué aux parois	18
<b>Tableau (II.7)</b> : Les coefficients de référence	19
<b>Tableau (II.8)</b> : Température extérieure de base	21
<b>Tableau (III-1)</b> : Conditions climatiques intérieures	34
<b>Tableau (III-2)</b> : Conditions climatiques extérieures	34
<b>Tableau (III-3)</b> : Caractéristiques techniques de RDC	39
<b>Tableau (III-4)</b> : Caractéristiques techniques de 1er étage	39

## Liste des figures

Figures	Pages
<b>Figure (II -1)</b> : Exemple d'exécution du programme Python	25
<b>Figure (III-1)</b> : Logo de l'application	27
<b>Figure (III -2)</b> : écran pour entrer les Information de projet	28
<b>Figure (III-3)</b> : Interface de création des parois	29
<b>Figure (III -4)</b> : Interface de saisie les caractéristiques des parois	30
<b>Figure (III -5)</b> : Interface de Saisie les volumes	30
<b>Figure (III -6)</b> : Interface de saisie des données nécessaires à la vérification	31
<b>Figure (III -7)</b> : Interface de saisie des données nécessaires à la vérification	32
<b>Figure (III -8)</b> : Interface des résultats thermique et hydraulique	33
<b>Figure (III -9)</b> : Plan architectural de RDC	35
<b>Figure (III -10)</b> : Plan architectural ( 1 <sup>er</sup> étage)	35
<b>Figure (III -11)</b> : Coupe A-A	36
<b>Figure (III -11)</b> : Mur extérieur	36
<b>Figure (III -12)</b> : Mur intérieur (entre locaux)	36
<b>Figure (III -13)</b> : Mur intérieur (contact avec circulation)	37
<b>Figure (III -14)</b> : Plancher entre étage	37
<b>Figure (III -15)</b> : Toiture	37
<b>Figure (III -16)</b> : Les informations de projet	38
<b>Figure (III -17)</b> : Les valeurs calculé de coefficients de transmission thermique (K)	38
<b>Figure (III -18)</b> : la répartition des déperditions thermiques	40
<b>Figure (III -19)</b> : Tableau de résultats globaux des déperditions pour la maison	40
<b>Figure (III -20)</b> : L'exportation des résultats vers fichier Excel	41
<b>Figure (III -21)</b> : résultat de calcul hydraulique	41

## Liste des symboles

Symbole	Signification	Unité
$\lambda$	Coefficient de conductivité thermique	W/m <sup>2</sup> .°C
e	Épaisseur de couche de matériau	m
S	La surface de parois	m <sup>2</sup>
Rth	Résistance thermique de la paroi	W/m <sup>2</sup> .°C
K	Coefficient de transfert de chaleur	W/m <sup>2</sup> .°C
D	Déperditions thermiques totales	W/°C
DT	Déperditions thermiques par transmission	W/°C
DS	Déperditions surfaciques à travers les parties courantes des parois en contact avec l'extérieur	W/°C
Dli	Déperditions à travers les liaisons	W/°C
Dsol	Déperditions à travers les parois en contact avec le sol	W/°C
Dlnc	Déperditions à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés	W/°C
Dr	Déperditions thermiques par renouvellement	W/°C
Dréf	Déperditions par transmission de référence	W/°C
V	Volume	Litre
Tau	Coefficient de réduction de température	-
Qv	le débit volumique de ventilateur	m <sup>3</sup> /h
Qs	le débit supplémentaire par infiltration dans un ventilateur	m <sup>3</sup> /h
QVréf	le débit extrait de référence	m <sup>3</sup> /h
evi	coefficient d'exposition au vent effectue aux parois	-
Ppi	infiltration dues à l'air de la paroi	m/h
Poj	infiltration surfacique a l'air de l'ouvrant	m/h.m <sup>2</sup>

Qvmin	Le débit extrait minimal de référence	$m^3/h$
Qvmax	Le débit extrait maximal de référence	$m^3/h$
D	diamètre de la conduite parcourue	m
V	La vitesse parcours de fluide	m/s
Pc	La Puissance de chauffe	W
Pe	La puissance de l'élément	W
Pr	La puissance de radiateur	W
Pa	La puissance installée	W
$\Delta PL$	Les pertes des charges linéaires	Pa
$\Delta Ps$	Les pertes des charges singulières	Pa
$\Delta PT$	Les pertes des charge totales	Pa

## **RÉSUMÉ**

Face aux enjeux croissants liés à la transition énergétique, les réglementations thermiques applicables aux bâtiments deviennent de plus en plus exigeantes. Elles intègrent un nombre croissant de variables et reposent sur des méthodes de calcul de plus en plus complexes, reflétant la complexité des exigences actuelles. Cette complexité rend les études thermiques plus longues, plus sujettes aux erreurs et nécessite l'usage d'outils numériques performants pour garantir à la fois conformité réglementaire et efficacité dans le processus de conception.

Dans ce contexte, l'objectif de ce mémoire est de proposer une solution numérique capable de simplifier le dimensionnement thermique des bâtiments tout en respectant les normes en vigueur. Pour ce faire, nous présentons l'application **EffiCal**, un outil développé spécifiquement pour automatiser les calculs thermiques, réduire les risques d'erreur et optimiser la conception des systèmes de chauffage.

Afin de valider la pertinence de cette solution, une étude de cas a été réalisée sur une maison d'habitation de type R+1 localisée à Saïda. Grâce à EffiCal, il a été possible de réaliser un dimensionnement thermique complet : évaluation des déperditions, sélection de la chaudière et des émetteurs, calcul des pertes de charge, et détermination du diamètre de la tuyauterie utilisée. L'outil a également permis de fournir une analyse détaillée des performances et de formuler des recommandations concrètes pour améliorer l'efficacité énergétique du bâtiment.

**Mots clés : exigences réglementaires, Dimensionnement thermique, Outil numérique, Transition énergétique, Performance énergétique**

## **ABSTRACT**

In view of the growing challenges associated with the energy transition, thermal regulations applicable to buildings are becoming increasingly demanding. They incorporate an increasing number of variables and rely on increasingly complex calculation methods, reflecting the complexity of current requirements. This complexity makes thermal studies longer, more error-prone and requires the use of powerful digital tools to ensure both regulatory compliance and efficiency in the design process.

In this context, the objective of this thesis is to propose a digital solution capable of simplifying the thermal dimensioning of buildings while respecting the standards in force. To do this, we present the EffiCal application, a tool developed specifically to automate thermal calculations, reduce the risk of errors and optimize the design of heating systems.

In order to validate the relevance of this solution, a case study was carried out on an R+1 type dwelling house located in Saïda. Thanks to EffiCal, it was possible to carry out a complete thermal dimensioning: evaluation of losses, selection of the boiler and transmitters, calculation of pressure losses, and determination of the diameter of the piping used. The tool also provided a detailed performance analysis and concrete recommendations to improve the energy efficiency of the building.

**Keywords: regulatory requirements, thermal sizing, digital tools, energy transition, energy performance.**

## ملخص

في ضوء التحديات المتزايدة المرتبطة بالتحول في مجال الطاقة، أصبحت اللوائح الحرارية المطبقة على المباني أكثر تطلبًا. إنها تتضمن عددًا متزايدًا من المتغيرات وتعتمد على أساليب حسابية معقدة بشكل متزايد، مما يعكس تعقيد المتطلبات الحالية. هذا التعقيد يجعل الدراسات الحرارية أطول وأكثر عرضة للخطأ ويتطلب استخدام أدوات رقمية قوية لضمان الامتثال التنظيمي والكفاءة في عملية التصميم.

وفي هذا السياق، يهدف هذا البحث إلى اقتراح حل رقمي قادر على تبسيط الأبعاد الحرارية للمباني مع احترام المعايير المعمول بها. وللقيام بذلك، نقدم تطبيق **EffiCal** وهي أداة تم تطويرها خصيصًا لإتمام الحسابات الحرارية وتقليل مخاطر الأخطاء وتحسين تصميم أنظمة التدفئة.

ومن أجل التحقق من أهمية هذا الحل، تم إجراء دراسة حالة على منزل سكني من نوع 1+R يقع في سعيده. بفضل **EffiCal**، أصبح من الممكن إجراء قياس حراري كامل: تقييم الخسائر، واختيار الغلاية وأجهزة الإرسال، وحساب خسائر الضغط، وتحديد قطر الأنابيب المستخدمة. كما قدمت الأداة تحليلًا مفصلاً للأداء وتوصيات ملموسة لتحسين كفاءة استخدام الطاقة في المبنى.

**الكلمات المفتاحية: المتطلبات التنظيمية، الحجم الحراري، الأداة الرقمية، الانتقال الطاقوي، أداء الطاقة**

---

# **Introduction Générale**

---

## **INTRODUCTION Général**

Dans un contexte mondial marqué par des enjeux énergétiques et environnementaux croissants, l'Algérie, à travers sa réglementation thermique (DTR C3.2/4) et le Schéma National d'Aménagement du Territoire (SNAT 2030), cherche à optimiser la performance énergétique des bâtiments — un secteur particulièrement énergivore, notamment en matière de chauffage. Cependant, l'application manuelle de ces normes se révèle complexe, chronophage et sujette à erreurs, compromettant ainsi les objectifs d'efficacité énergétique.

L'une des solutions clés pour améliorer cette performance énergétique est de garantir un bon dimensionnement énergétique, en particulier le dimensionnement thermique des bâtiments. Or, dans la pratique, la majorité des techniciens et ingénieurs qui réalisent ce type de dimensionnement s'appuient sur des méthodes simplifiées, souvent empiriques, sans procéder à une vérification rigoureuse de la conformité thermique selon la réglementation algérienne. De plus, les outils numériques actuellement utilisés pour ces calculs sont majoritairement étrangers et ne répondent pas toujours avec précision aux exigences locales. Les méthodes de calcul qu'ils intègrent ainsi que les bases de données utilisées diffèrent dans plusieurs cas des spécificités climatiques et constructives de l'Algérie.

Partant de ce constat, l'idée a émergé de développer une nouvelle solution numérique dédiée au dimensionnement thermique des bâtiments, spécifiquement adaptée au contexte algérien. Cette solution prend la forme d'une application conçue pour être utilisée par les ingénieurs et les techniciens du bâtiment, en leur offrant un outil automatisé, fiable et conforme à la réglementation nationale. Ce projet s'inscrit également dans une vision entrepreneuriale, avec la perspective de création d'une entreprise autour de cet outil numérique.

Ce mémoire propose donc le développement d'une application numérique innovante, nommée EffiCal, permettant d'automatiser le dimensionnement thermique et hydraulique de chauffage. Cette application intègre les spécificités climatiques locales, les caractéristiques des matériaux de construction utilisés en Algérie, et les prescriptions de la réglementation nationale. À travers une méthodologie combinant analyse réglementaire, modélisation algorithmique et développement logiciel, cette solution vise à simplifier le travail des professionnels, à réduire les erreurs de calcul et à favoriser une meilleure efficacité énergétique dans les bâtiments.

Pour atteindre les objectifs fixés, ce mémoire est structuré comme suit :

Chapitre I : Cadre théorique et conceptuelle

Chapitre II : Approche méthodologique

Chapitre III : Etude de cas

# *Chapitre I*

---

## **CADRE THÉORIQUE ET CONCEPTUEL**

---

### **I.1 Introduction :**

Ce chapitre présente une analyse détaillée du secteur de la construction en Algérie, en mettant l'accent sur son impact énergétique et les efforts déployés pour l'optimiser. Dans le cadre de ces recherches, une attention particulière est portée aux méthodes de calcul des besoins énergétiques. Ces dernières s'appuient sur des normes nationales et internationales appliquées pour évaluer et comparer les performances thermiques des bâtiments. Dans le cadre de cette étude, l'objectif principal est de jeter les bases nécessaires à l'évaluation énergétique d'un bâtiment. Pour ce faire, une comparaison sera établie entre les pratiques locales et les normes internationales.

Dans ce cadre, le chapitre est structuré en trois grandes parties :

- Présentation du secteur de la construction en Algérie
- Analyse de la consommation d'énergie dans le secteur du bâtiment
- Étude comparative des normes de dimensionnement thermique nationales et internationales

### **I.2 Secteur de la construction en Algérie :**

Le secteur de la construction en Algérie a connu une expansion significative au cours des dernières décennies, portée par une croissance démographique accélérée et une urbanisation rapide. Cette dynamique a positionné le secteur de la construction comme l'un des piliers de l'économie nationale, répondant à une demande sociale croissante en logements et en infrastructures. Cependant, cette progression s'est souvent réalisée au détriment de la qualité énergétique et environnementale des constructions. En effet, l'absence d'intégration systématique des normes internationales d'efficacité énergétique dans les processus de conception et de construction a entraîné une augmentation préoccupante de la consommation d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre (GES).  
[1]

### **I.3 La consommation d'énergie dans le secteur du bâtiment :**

Dans de nombreux pays, la consommation d'énergie dans le secteur du bâtiment représente entre 25 et 40 % (centre de développement des énergies renouvelable CDER 2017) de la consommation totale d'énergie. C'est dans ce contexte que la stratégie énergétique des différents pays met l'accent sur l'amélioration de l'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment. En effet, le contexte de forte urbanisation et de développement du parc immobilier algérien a provoqué une forte augmentation de la consommation énergétique dans le secteur

de la construction résidentielle. En effet, le secteur du logement représente près de 30 % de la consommation énergétique totale du pays, dont 70 % sont destinés au chauffage et à la climatisation des logements. Cette présence met en évidence le défi du moment auquel fait face l'Algérie de la gestion des énergies, avec une augmentation importante de la consommation internationale d'énergie. De 2004 à 2014, la consommation d'énergie a augmenté considérablement, passant de 31,2 millions de tonnes équivalent pétrole (MTep) à 52 MTep [2]. Cette tendance haussière est également enregistrée dans l'industrie de la production d'énergie électrique, qui est montée de 30,9 térawattheures à 64,2 térawattheures au cours de la même période, avec un rythme de croissance annuel de 7 %. Toutefois, les projections pour 2030 montrent que la production d'énergie primaire ne suffira qu'à satisfaire une partie de la demande interne du marché. L'État algérien était conscient de ce problème et a adopté.

Un processus de transition vers l'énergie ayant pour objectif de sécuriser son économie et d'assurer sa sécurité énergétique sur le long terme. Cette transition s'appuie sur deux programmes considérés comme des priorités nationales. Le premier programme porte sur l'application de mesures d'efficacité énergétique. Le deuxième est le développement des énergies renouvelables, qui déploie une capacité de 22 000 MW d'ici 2030. Le plan de l'efficacité énergétique cible trois secteurs touchant en masse la consommation en énergie. Il s'agit du secteur du bâtiment, des transports et de l'industrie. Le programme, dont la durée est de 15 ans, a comme mission d'arriver à un bilan d'énergie global d'ordre de grandeur de 60 MTep d'ici 2030 et de 30 MTep après cette date. Si les deux programmes sont mis en œuvre, ils assureront une réduction progressive de la croissance de la demande énergétique, l'intégration des énergies renouvelables dans le mix énergétique jusqu'à 40 %, ainsi qu'une contribution aux efforts mondiaux d'atténuation du changement climatique. [2]

### **I.4 Les normes de dimensionnement thermique des bâtiments :**

#### **I.4.1 Normes Nationales :**

Depuis quelques années, le gouvernement algérien mène une politique de gestion des ressources énergétiques. Cette politique se décline sous la forme de la loi n° 99-09 du 28 juillet 1999 relative à la maîtrise de l'énergie et de ses textes d'application. En ce qui concerne ce dernier, le décret exécutif n° 2000-90 du 24 avril 2000 portant sur la réglementation thermique dans les bâtiments neufs. En 1999, le ministère du Logement et de l'Urbanisme a élaboré un premier code énergétique algérien du bâtiment. Le document, déposé sous la forme d'un recueil de deux fascicules (un relatif à l'hiver, DTR C3.2, et le second relatif à l'été, DTR C3.4), avait pour but de faire tomber la consommation énergétique attribuée au chauffage de 20 à 30 %. Plus de 16 ans après, une version révisée de cette réglementation est élaborée, avec comme principales modifications :

1. Rassemblement des deux fascicules en un seul document
2. Renforcement des exigences

### 3. Définition d'un nouveau zonage

La réglementation thermique algérienne actuellement en vigueur, définie par le DTR C3.2/4 intitulé "*Réglementation thermique du bâtiment*", constitue une mise à jour des anciens fascicules DTR C3-2 et DTR C3-4, visant à intégrer le nouveau zonage climatique et les avancées technologiques dans le secteur du bâtiment. [2]

#### I.4.1.1 Objet de DTR C3.2/4 :

Ce document technique réglementaire a pour objectif de fixer les méthodes de calcul des besoins énergétiques pour le chauffage et la climatisation, en déterminant les déperditions et apports calorifiques des bâtiments, ainsi qu'en vérifiant leur conformité aux normes thermiques. [3]

##### - **Domaine d'application :**

Les méthodes de détermination des déperditions et des apports calorifiques du présent règlement s'appliquent à tout type de local.

La vérification réglementaire pour le chauffage et la climatisation concerne les locaux à usage d'habitation, de bureaux et d'hébergement.

Toutefois, pour les locaux à usage spécifique, les pièces du marché doivent préciser les données et le seuil à respecter afin d'assurer l'économie requise.

Ainsi, le DTR C3.2/4 représente un cadre normatif essentiel pour promouvoir la performance énergétique des bâtiments en Algérie, en adaptant les exigences aux évolutions climatiques et technologiques. [3]

#### I.4.2 Normes internationales :

Dans le cadre de la conception des bâtiments, le dimensionnement des systèmes de chauffage revêt une importance majeure, car il influence de manière significative le confort des occupants et l'efficacité énergétique de l'installation. À l'échelle internationale, il est à noter que les normes et méthodes de dimensionnement des systèmes de chauffage présentent des variations notables, reflétant les différences climatiques, réglementaires et culturelles entre les pays. Les normes internationales les plus utilisées sont les suivantes :

### **I.4.2.1 NF EN 832 : 1999**

Cette norme publiée en août 1999, constitue une norme européenne élaborée en conformité avec l'ISO 9164 :1989. Toutefois, elle se distingue par une approche plus exhaustive, en détaillant une méthode de calcul des besoins énergétiques pour le chauffage des bâtiments. Elle s'inscrit dans le cadre des premières normes européennes visant à standardiser le calcul de la performance énergétique des bâtiments.

#### **- Domaine d'Application :**

La norme susmentionnée trouve application dans les bâtiments résidentiels, à savoir les maisons individuelles et les logements collectifs. Elle est également employée dans le cadre du calcul des besoins énergétiques annuels pour le chauffage et de l'évaluation des performances thermiques des bâtiments.

#### **- Méthode de Calcul :**

Une méthode de calcul a été proposée, permettant de simplifier les calculs relatifs à la consommation énergétique des bâtiments. Cette méthode s'articule autour de trois axes :

- Le premier concerne le coefficient de déperditions de bâtiments chauffés à une température uniforme.
- Le deuxième porte sur la quantité de chaleur annuelle à fournir dans un bâtiment pour y maintenir des températures intérieures de consigne spécifiées.
- Le troisième a trait à la quantité d'énergie annuelle à fournir au système de chauffage d'un bâtiment pour le chauffage des locaux et la production d'eau chaude, basée sur une période de calcul mensuelle. [4]

### **I.4.2.2 NF EN 12831-1 :2022**

La norme NF EN 12831-1, initialement publiée en 2017 et corrigée en 2022, est une norme européenne (EN), également adoptée à l'échelle nationale française (NF). Elle est l'une d'une série de normes destinées à définir une procédure uniforme pour le dimensionnement thermique des systèmes de chauffage dans les bâtiments.

#### **- Domaine d'Application :**

## Chapitre 1 : Cadre théorique et conceptuel

La norme susmentionnée s'applique au calcul de la charge thermique nominale pour les pièces individuelles, les entités de bâtiment et les bâtiments entiers. Elle est destinée aux bâtiments de configuration classique, c'est-à-dire aux pièces dont la hauteur n'excède pas 5 mètres et qui sont supposées chauffées à régime constant aux conditions nominales.

Cela inclut les bâtiments résidentiels, les bureaux, les commerces, les écoles, les hôpitaux, etc.

### - Méthode de Calcul :

La norme définit la charge thermique nominale comme la puissance nécessaire pour maintenir la température intérieure requise dans les conditions extérieures de base.

Elle propose plusieurs méthodes de calcul :

- **Méthode standard** : Calcul détaillé prenant en compte les déperditions par transmission, ventilation et infiltration pour chaque pièce, entité de bâtiment ou bâtiment entier.
- **Méthode simplifiée** : Approche plus rapide avec des hypothèses et valeurs par défaut, adaptée aux cas où une précision moindre est acceptable.

Les étapes générales du calcul incluent :

- Détermination des conditions climatiques extérieures de base
- Identification des températures intérieures de consigne
- Calcul des déperditions par transmission à travers les parois (murs, toits, planchers, fenêtres)
- Calcul des déperditions par ventilation et infiltration
- Somme des déperditions pour obtenir la charge thermique nominale
- Des annexes fournissent des données d'entrée et des valeurs par défaut pour faciliter les calculs. [5]

### I.4.2.3 ISO 13790 : 2008

La norme ISO 13790 :2008, dont le titre est « Performance énergétique des bâtiments — Calcul de la consommation d'énergie pour le chauffage et la climatisation », est une norme internationale publiée en mars 2008 par l'Organisation internationale de normalisation (ISO). Cette norme a été élaborée par le comité technique ISO/TC 163, en collaboration avec le CEN/TC 89, dans le cadre de l'harmonisation des méthodes de calcul de la performance

énergétique des bâtiments en Europe. Bien que cette norme ait été retirée et remplacée par l'ISO 52016-1 :2017, il convient de noter qu'elle constitue toujours une référence importante dans de nombreux contextes réglementaires.

### - **Domaine d'Application :**

En vertu de la norme ISO 13790 :2008, la réglementation thermique s'applique aux bâtiments résidentiels et non résidentiels, ou à une partie de ceux-ci, pourvus de systèmes de chauffage et/ou de climatisation, dont l'objectif est d'assurer le confort thermique des occupants. Cette étude a pour objectif d'évaluer la consommation annuelle d'énergie nécessaire au chauffage et à la climatisation.

### - **Méthode de Calcul :**

La norme propose deux approches principales pour le calcul de la consommation d'énergie :

- **Méthode mensuelle** : Cette méthode utilise des moyennes mensuelles pour estimer les besoins énergétiques, en considérant les pertes par transmission et ventilation, les gains internes et solaires, et les besoins énergétiques pour maintenir les températures déconseillé.
- **Méthode horaire simplifiée** : Elle permet une analyse plus détaillée en utilisant des données horaires, telles que les profils d'occupation, les températures de consigne variables, et les dispositifs de protection solaire mobiles. Cette méthode est particulièrement utile pour les bâtiments avec des systèmes de gestion énergétique avancés.

La norme fournit également des procédures pour l'utilisation de méthodes de simulation plus détaillées, assurant la compatibilité et la cohérence entre les différentes approches de calcul. Elle définit des règles communes pour les conditions aux limites et les données d'entrée physiques, quel que soit le type de méthode de calcul choisi. [6]

#### **I.4.2.4 ISO 52016-1 : 2017**

Il s'agit d'une norme internationale, publiée par l'Organisation internationale de normalisation (ISO) au mois de mars 2017. Une dernière mise à jour a été effectuée en 2022. Cette norme remplace la norme ISO 13790 :2008. Elle la complète et la met à jour, dans le cadre d'une série de normes destinées à harmoniser l'évaluation de la performance énergétique des bâtiments. Cette méthodologie a été élaborée par le comité technique ISO/TC 163 (Performance thermique et utilisation de l'énergie dans l'environnement bâti), en collaboration avec le CEN/TC 89 au niveau européen.

### **- Domaine d'Application :**

Cette norme s'applique aux bâtiments résidentiels et non résidentiels, qu'ils soient en phase de conception, nouvellement construits ou existants en phase d'utilisation. Son utilisation permet l'évaluation des performances énergétiques des bâtiments, en prenant en compte les zones thermiques, qui peuvent être considérées comme thermiquement couplées ou non.

### **- Méthode de Calcul :**

La norme propose des méthodes de calcul relatives à :

- Les besoins énergétiques pour le chauffage et le refroidissement des locaux,
- Les besoins énergétiques pour l'humidification et la déshumidification des locaux,
- Les températures intérieures des locaux,
- Les charges de chauffage et de refroidissement des locaux, les charges de chauffage latentes des locaux,
- Les conditions de l'air soufflé sont nécessaires pour l'humidification et la déshumidification des locaux.

Ces calculs peuvent être effectués sur une base horaire ou mensuelle, selon les besoins spécifiques de l'évaluation. [7]

### **I.4.2.5 NF EN ISO 52016-1 :**

Cette norme, publiée en juillet 2017, est une norme internationale (ISO), également adoptée comme norme européenne (EN) et norme française (NF). Elle résulte d'un processus d'harmonisation entre les niveaux internationaux, européens et nationaux en matière de performance énergétique des bâtiments. Cette norme remplace plusieurs normes antérieures, dont la NF EN ISO 13790 et d'autres liées au calcul des besoins énergétiques.

### **- Domaine d'Application :**

Cette norme s'applique à l'ensemble des bâtiments, qu'ils soient résidentiels ou non résidentiels, qu'ils soient neufs ou existants. Conçue pour être utilisée à différentes étapes du cycle de vie du bâtiment à savoir la conception, la rénovation, la construction et l'exploitation.

Elle vise à optimiser l'efficacité énergétique et à promouvoir l'intégration de la durabilité dans les pratiques de construction. En outre, elle englobe les zones thermiques du bâtiment, qu'elles soient indépendantes ou interconnectées.

## **Chapitre 1 : Cadre théorique et conceptuel**

Elle est mobilisée dans le cadre d'évaluations de la performance énergétique des bâtiments, notamment pour satisfaire aux exigences réglementaires ou pour des simulations énergétiques au moyen de logiciels spécialisés. [8]

### **I.4.2.6 ASHRAE 90.1-2022:**

La norme ASHRAE 90.1, également désignée par l'appellation « Standard for Energy-Efficient Design of Buildings Except Low-Rise Residential Buildings », publiée par l'American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). Constitue un référentiel international publié pour la première fois en 1975 et faisant l'objet de mises à jour régulières tous les 3 ans environ (versions 2007, 2010, 2013, 2016, 2019, 2022). Elle établit les exigences minimales en matière de conception énergétique des bâtiments.

#### **- Domaine d'Application :**

Dans le cadre de cette étude, l'analyse portera sur l'ensemble des bâtiments à usage commercial et institutionnel. Cela inclut les bureaux, les établissements scolaires, les hôpitaux, les commerces et les hôtels. Il est à noter que les bâtiments résidentiels de moins de trois étages seront exclus de cette analyse.

La norme ASHRAE 90.1 établit les critères de performance énergétique. Elle englobe des exigences spécifiques en matière d'isolation de l'enveloppe du bâtiment, de systèmes CVC (chaleur, ventilation et climatisation), d'éclairage intérieur et extérieur, ainsi que de systèmes électriques et de production et de distribution d'énergie. L'objectif de cette norme est de réduire la consommation énergétique globale des bâtiments concernés. [9]

### **I.4.2.7 Réglementation Thermique 2012 (RT 2012) :**

La Réglementation Thermique 2012 (RT 2012) est un cadre réglementaire français entré en vigueur le 1er janvier 2013 pour les bâtiments. Cette réglementation établit des normes de performance énergétique pour les constructions neuves, avec pour objectif la promotion de la généralisation des bâtiments à basse consommation d'énergie.

#### **- Domaine d'Application :**

La Réglementation Thermique 2012 (RT 2012) s'applique aux bâtiments résidentiels neufs, aux bâtiments tertiaires neufs (bureaux, commerces, etc.) et aux extensions dont la surface est supérieure à 30 % de la surface existante. [10]

### I.4.2.8 Réglementation Environnementale (RE) 2020 :

La Réglementation environnementale RE 2020 constitue le nouveau cadre réglementaire français pour les constructions neuves. Elle est entrée en vigueur le 1er janvier 2022. Elle se substitue à la RT 2012. Il s'agit de la première réglementation française, et une des premières mondiales, à introduire la performance environnementale dans la construction neuve via l'analyse en cycle de vie.

La RE 2020 s'articule autour des objectifs majeurs :

- La performance énergétique des bâtiments, qui vise à réduire leur consommation d'énergie tout en maintenant un niveau de confort optimal pour les occupants.
- La réduction de l'impact carbone des constructions, en encourageant l'utilisation d'énergies renouvelables et en favorisant l'adaptation au changement climatique, notamment en ce qui concerne la gestion des périodes caniculaires.

#### - Domaine d'Application :

La Réglementation environnementale 2020 s'applique aux bâtiments résidentiels neufs dont le permis de construire a été déposé à partir du 1er janvier 2022. Elle s'applique également aux bureaux et bâtiments d'enseignement primaire et secondaire, ainsi qu'aux extensions de ces bâtiments, selon des critères spécifiques liés à la surface et à l'usage.

Par ailleurs, des exclusions temporaires sont prévues pour certains bâtiments tertiaires spécifiques, tels que les hôpitaux, et pour les constructions provisoires dont la durée d'utilisation est inférieure à deux ans.

Enfin, la RE 2020 s'applique aussi aux bâtiments agricoles et industriels. [11]

### I.5 Comparaison des Normes Thermiques :

Pour une meilleure compréhension des particularités et des avancées des différentes normes thermiques, une analyse comparative s'avère nécessaire sur plusieurs aspects essentiels, à savoir :

**1.** Les normes thermiques sont différentes en fonction de leur **domaine d'application**. Ainsi, la RT2012 et la RE2020 s'appliquent principalement aux bâtiments neufs, alors que les normes ISO 13790, ISO 52016-1, NF EN 12831-1 et ASHRAE peuvent être appliquées aux bâtiments neufs ou anciens, tant que le DTR C3.2/4 d'Algérie.

**2.** En termes de **conformité réglementaire**, la RT2012 exige une étude thermique et un test d'étanchéité à l'air, alors que la RE 2020 intègre une étude environnementale approfondie. Les normes ISO NF EN 12831-1 et ASHRAE sont cependant de nature volontaire, contrairement au DTR C3.2/4, qui constitue le fondement de la réglementation en vigueur en Algérie.

**3. La comparaison entre la RE2020 et la RT2012** permet de souligner l'avancée de la première par rapport à la seconde. En effet, la RE 2020 s'inscrit dans le cadre d'une stratégie plus ambitieuse en termes d'objectifs environnementaux. Elle intègre également à la performance thermique une dimension carbone (ACV bâtiment), ainsi qu'un indicateur de confort d'été. La RT2012 est centrée en premier lieu sur la consommation d'énergie primaire, sans considérer directement les émissions de gaz à effet de serre.

**4.** Contrairement aux normes **ISO** ou **ASHRAE**, qui présentent des bases techniques pour le calcul des performances énergétiques, **la RE2020** est une réglementation, et à ce titre, elle impose des obligations et des seuils. Les normes ISO sont neutres et modulables, tandis que la RE2020 intègre une vision stratégique de réduction de l'empreinte carbone des bâtiments à long terme.

**5. Les normes internationales** telles que la norme ISO 52016-1 ou la norme ASHRAE sont révisées de temps à autre pour inclure les avancées technologiques. En revanche, la norme **DTR C3.2/4** algérienne n'a pas été révisée en conséquence, limitant ainsi sa conformité aux nouvelles exigences climatiques et énergétiques.

**6.** Dans le cadre de **l'analyse des normes et réglementations** applicables, la **DTR C3.2/4** se distingue des autres par son adaptation au contexte local algérien. Cependant, il convient de mentionner que cette norme présente moins de flexibilité et des niveaux de précision technique plus élevés par rapport aux normes internationales. La raison est que ces dernières intègrent des données climatiques dynamiques et une large gamme de scénarios, ce qui les rend plus sophistiquées.

### I.6 Conclusion :

Une étude approfondie des différentes normes thermiques, tant nationales qu'internationales, révèle une tendance croissante à la complexité et à l'évolution des normes énergétiques. Dans le contexte actuel, caractérisé par une complexité accrue, le développement d'outils numériques s'avère indispensable. Ces outils doivent automatiser et simplifier les calculs énergétiques, tout en garantissant leur conformité avec le cadre réglementaire en vigueur. Ces outils facilitent l'accès aux meilleures pratiques, gagneraient en rapidité et en fiabilité, et favoriseraient une conception de bâtiments plus performante et durable.

Cette discussion nous amène au chapitre suivant, où le processus de dimensionnement des systèmes de chauffage est expliqué en détail. Ce chapitre présente les fondements théoriques et méthodologiques du développement d'une application numérique spécifique.

# *Chapitre II*

---

Approche méthodologique

---

### II.1 Introduction

Dans le présent chapitre, nous présentons la démarche méthodologique que nous avons suivie pour le développement de l'application EffiCal. Cette démarche est conforme aux exigences du DTR C3.2/4. L'objectif étant de réunir les bases théoriques et techniques indispensables au bon dimensionnement des installations de chauffage, tout en respectant la réglementation en vigueur ainsi que les caractéristiques des réseaux hydrauliques. D'abord, nous détaillerons la méthode de calcul de la puissance de chauffage à travers les étapes du dimensionnement, Nous expliquons également les dimensionnements des corps de chauffe et le dimensionnement dès les bases du réseau d'hydraulique, les éléments fondamentaux à la sécurité et au bon fonctionnement des installations de chauffage. Ensuite, nous présentons la démarche méthodologique mise en œuvre pour la conception de l'application de dimensionnement de chauffage retenue dans ce projet.

Ce chapitre établit ainsi un lien entre la théorie et la pratique, en fournissant une base solide pour la conception et le développement de l'outil de dimensionnement proposé.

### II.2 Méthodologie de calcul

#### II.2.1 Document technique réglementaire (DTR-C3.2/4)

Le Document Technique Réglementaire définit les méthodes de calcul et les principes de dimensionnement des installations de chauffage à eau chaude en Algérie. Il permet d'évaluer les déperditions thermiques de tout bâtiment résidentiel, tout en assurant la conformité aux exigences de la réglementation thermique algérienne. Cette évaluation est essentielle pour le dimensionnement optimal des systèmes de chauffage, en tenant compte des déperditions de base, paramètre clé variant selon les cinq zones climatiques du pays. Les déperditions totalisées, ajustées par des coefficients de majoration, servent ensuite au calcul de la puissance nécessaire pour le chauffage. [3]

#### II.2.2 Expression générale des déperditions

Afin d'évaluer la puissance de chauffage, il est impératif de procéder à une analyse approfondie de divers paramètres.

En premier lieu, il convient de prendre en compte les déperditions calorifiques du logement, dont le calcul s'effectue selon la méthode suivante :

$$D = \sum D_i \quad [W/°C] \quad \text{II-1}$$

## Chapitre 2 : Approche méthodologique

Déperditions totales d'un volume est la somme des déperditions par transmission et les déperditions par renouvellement d'air du même volume :

$$D = \sum (D_T)_i + (D_R)_i \quad [W/^\circ C] \quad \text{II-2}$$

Où

Les déperditions par transmission d'un volume sont la somme de déperditions surfaciques, déperditions linéiques, déperditions à travers le sol plus les déperditions à travers les locaux non chauffés :

$$D = \sum (D_S)_i + (D_{li})_i + (D_{sol})_i + (D_{lnc})_i \quad [W/^\circ C] \quad \text{II-3}$$

Sachons que :

**DT** : Déperditions par transmission. (w)

**DS** : Déperdition surfacique à travers les parties courantes des parois en contact avec l'extérieur. (w)

**Dli** : Déperditions à travers les liaisons. (w)

**Dsol** : Déperdition à travers les parois en contact avec le sol. (w)

**Dlnc** : Déperditions à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés. (w)

### II.2.2.1 Les déperditions surfaciques par transmission à travers une paroi

Les déperditions surfaciques par transmission à travers une paroi séparant deux ambiances à températures différentes sont calculées comme suite :

$$D_S = K \times A \quad [W/^\circ C] \quad \text{II-4}$$

Où

**K** : représente la conductance des parois opaques égale :

$$\frac{1}{K} = \sum R_{TH} + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} \quad [m^2 \cdot ^\circ C/W] \quad \text{II-5}$$

La résistance thermique d'une couche homogène sont données par :

$$R_i = \frac{e_i}{\lambda_i} \quad [m^2 \cdot ^\circ C/W] \quad \text{II-6}$$

## Chapitre 2 : Approche méthodologique

Le coefficient K des parois vitrées ou la conductance thermique est calculée par la relation ci-après :

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{K_{vn}} + r_v + r_{rid} + r_{occ} \quad [m^2 \cdot ^\circ C/W] \quad II-7$$

$$r_{occ} = 0,16 + \frac{e_{occ}}{\lambda_{occ}} \quad [W/^\circ C] \quad II-8$$

Type de vitrage	Epaisseur de la lame d'air (m)	Nature de la menuiserie	Paroi verticale	Paroi horizontale
Vitrage simple		Bois	5.0	5.5
		Métal	5.8	6.5
Vitrage Double	5 à 7	Bois	3.3	3.5
		Métal	4.0	4.3
	8 à 9	Bois	3.1	3.3
		Métal	3.9	4.2
10 à 11	Bois	3.0	3.2	
	Métal	3.8	4.1	
12 à 13	Bois	2.9	3.1	
	Métal	3.7	4.0	
Double fenêtre	Plus de 30	Bois	2.6	2.7
		Métal	3.0	3.2

**Tableau (II.1)** : les coefficients Kvn fonction du type de vitrage, de la nature du matériau, sa position et son épaisseur [3]

### - COEFFICIENT K DES PORTES :

	Portes donnant sur l'extérieur	Portes donnant sur un local non chauffé
-Portes en bois - Portes opaques	3.5	2
- Portes avec une proportion de vitrage < 300%	4.0	2.4
- portes avec une proportion de vitrage comprise entre 30% et 60%	4.5	2.7
-Porte en métal -portes opaques	5.8	4.5
-portes épique de vitrage simple	5.8	4.5

**Tableau (II.2) :** Le coefficient K des portes [3]

#### II.2.2.2 Déperdition linéique

Les déperditions à travers les ponts thermiques sont souvent difficiles à estimer vu la complexité des transferts dans ces zones du logement, elles peuvent être estimées à 20% des déperditions surfaciques du même volume.

$$D_{li} = K_{li} \times A = 0,2 \times (K \times A) \quad [W/^{\circ}C] \quad \text{II-9}$$

#### II.2.2.3 Déperditions par transmission à travers les parois en contact avec le sol

Les déperditions par transmission à travers les parois en contact avec le sol sont calculées par la formule suivante

$$D_{Sol} = K \times A \quad [W/^{\circ}C] \quad \text{II-10}$$

Le coefficient k dans ce cas se calcule par la formule suivante :

$$\frac{1}{K} = 0,14 + R + \frac{e}{1,9} \quad [m^2 \cdot ^{\circ}C/W] \quad \text{II-11}$$

### II.2.2.4 Déperditions par transmission à travers les parois en contact avec des locaux non chauffés

Les déperditions à travers les parois en contact avec des locaux non chauffés sont données par :

$$D_{lnc} = T_{au}[(\sum (K \times A) + \sum (K_{li} \times A))] \quad [W/^{\circ}C] \quad \text{II-12}$$

On constate que ces déperditions ( $D_{lnc}$ ) sont pondérées par un coefficient Tau, dit « coefficient de réduction de température ». La valeur de Tau est comprise entre 0 et 1, ce dernier est donné par la formule suivante :

$$T_{au} = \frac{t_i - t_{lnc}}{t_i - t_e} \quad [^{\circ}C] \quad \text{II-13}$$

Où

$T_i$  : température intérieure. ( $^{\circ}C$ )

$T_{lnc}$  : température de l'espace non chauffé. ( $^{\circ}C$ )

$T_e$  : température extérieure. ( $^{\circ}C$ )

### II.2.2.5 Déperditions par renouvellement d'air

Les déperditions par renouvellement d'air d'un volume se calcul en tenant compte de déperditions par renouvellement d'air dues aux systèmes de ventilation de l'air et aux déperditions par renouvellement d'air dite par convection naturelle :

$$(D_R)_i = (D_{Rv})_i + (D_{RS})_i \quad [W/^{\circ}C] \quad \text{II-14}$$

Dans la pratique les déperditions par renouvellement d'air sont estimées de la manière suivante :

$$D_R = 0,34 \times (Q_v + Q_s) \quad [W/^{\circ}C] \quad \text{II-15}$$

➤ Le débit spécifique de ventilation est donné par :

$$Q_V = \text{Max}[0,6 \times V_h ; Q_{V_{réf}}] \quad [m^3/h] \quad \text{II-16}$$

## Chapitre 2 : Approche méthodologique

$$Q_{V_{réf}} = \frac{5 \times Q_{V_{min}} + Q_{V_{max}}}{6} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad \text{II-17}$$

Où

- **QvMax** : est le débit extrait maximal de référence.
- **Qvmin** : est le débit extrait minimal de référence.

Nombre de pièces principales	1	2	3	4	5	>5
QV min [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]	25	50	75	100	110	On ajoute 10 ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) par pièce supplémentaire

**Tableau (II.3)** : Le débit extrait minimal de référence [3]

Nombre de pièces principales Par logement	QvMax [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]			
	Cuisine	Salle de bains	Autre salle d'eau	Cabinet d'aisance
1	75	15	15	15
2	90	15	15	15
3	105	30	15	15
4	120	30	15	30
5 et plus	135	30	15	30

**Tableau (II.4)** : Le débit extrait maximal de référence [3]

➤ Le débit supplémentaire par infiltrations dues au vent est donné par :

$$Q_S = \sum (P_{Pi} \times e_{vi}) \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad \text{II-18}$$

$$P_{Pi} = \sum (P_{Oj} \times A_j) \quad [\text{m}^3/\text{h sous } \Delta P = 1 \text{ Pa}] \quad \text{II-19}$$

Où

- **e<sub>vi</sub>** : coefficient d'exposition au vent effectué aux parois.
- **P<sub>pi</sub>** : la perméabilité à l'air de la paroi i. [ $\text{m}^3/\text{h sous } \Delta P = 1 \text{ Pa}$ ]

## Chapitre 2 : Approche méthodologique

- $P_{0j}$  : la perméabilité surfacique à l'air de l'ouvrant j. [m/h.m sous  $\Delta P = 1 Pa$ ]
- $A_j$  : surface de l'ouvrant. (m<sup>2</sup>)

Type de parois	Valeurs de $P_0$ [m/h.m sous $\Delta P = 1 Pa$ ]
Fenêtre ou porte-fenêtre	4.0
Porte avec seuil et joint d'étanchéité	1.2
Porte	
Double fenêtre	6.0

**Tableau (II.5) :** perméabilité surfacique à l'air de l'ouvrant [3]

- Le coefficient d'exposition au vent  $e_v$  est tiré du tableau suivant :

Hauteur H	Classes de rugosité (m)				
	I	II	III	IV	V
$H \leq 4$	0.40	1.47	2.71	4.06	6.36
$4 < H < 7$	1.10	2.30	3.51	4.82	7.08
$7 < H < 11$	1.76	3.00	4.19	5.46	7.67
$11 < H < 18$	2.57	3.87	4.97	6.17	8.32
$18 < H < 30$	3.50	4.80	5.80	6.93	9.02
$30 < H < 50$	4.47	5.87	6.66	7.71	9.72

**Tableau (II.6) :** coefficient d'exposition au vent effectué aux parois. [3]

- La hauteur H correspond à la moyenne de la distance entre le sol et la mi-hauteur des ouvrants de la paroi considérée.
- Les classes de rugosité du site d'implantation du bâtiment sont définies ci-dessous :
  - **Rugosité de classe I** : bord de mer.
  - **Rugosité de classe II** : rase campagne, aéroport.
  - **Rugosité de classe III** : zones rurales avec arbres, haies, zones faiblement urbanisées.
  - **Rugosité de classe IV** : zones urbaines ; zones industrielles ; forêts.
  - **Rugosité de classe V** : centre des grandes villes.

### II.2.3 Vérification et déperdition de référence

La vérification réglementaire est indispensable pour tout calcul d'installation de chauffage en utilisant la réglementation Algérienne ; cela, peut être effectué en comparant les déperditions par transmission avec celles des déperditions de références calculées par la formule donnée par le DTR :

Condition de vérification :

$$D_T \leq 1,05 \times D_{réf} \quad [W/°C] \quad \text{II-20}$$

Le calcul des déperditions de référence est assuré par la formule ci-dessous :

$$D_{réf} = a \times S_1 + b \times S_2 + c \times S_3 + d \times S_4 + e \times S_5 \quad [W/°C] \quad \text{II-21}$$

Où

- **(S1)** : représentent les surfaces des toitures [m2]
- **(S2)** : représentent les surfaces des planchers bas, y compris les planchers bas sur locaux non chauffés [m2]
- **(S3)** : représentent les surfaces des murs [m2]
- **(S4)** : La surface des portes. [m2]
- **(S5)** : La surface des fenêtres et les portes fenêtres. [m2]

Les coefficients a, b, c, d, e sont donné par le tableau ci-après pour un logement individuel ou collectif :

Zone	Logement Individuel					Logement en immeubles collectifs, bureaux, locaux à usage d'hébergement				
	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e
A	0.9	2	1.2	3	3.8	0.90	2	1.2	3	3.8
A1	0.9	2	1.2	3	3.8	0.90	2	1.2	3	3.8
B	0.9	2	1	3	3.8	0.75	2	1	3	3.8
C	0.9	2	1	3	3.8	0.75	2	1	3	3.8
D	0.9	2	1.2	3	3.8	0.90	2	1.2	3	3.8

**Tableau (II.7) : Les coefficients de référence [3]**

### II.2.4 Calcul des déperditions de base

- Les déperditions de base totales pour un local DB, contenant plusieurs volumes thermiques, ont pour expression :

$$D_B = \sum (D_B)_i \quad [W] \quad \text{II-22}$$

- Déperditions de base pour un volume sont données par

$$D_{B_i} = D_i \times (T_{bi} - T_{be}) \quad [W] \quad \text{II-23}$$

- Température intérieure de base

1- La température intérieure de base est la température de l'air que l'on désire obtenir au centre de la pièce en absence de tout apport de chaleur autre que celui fourni par l'installation de chauffage.

2- Sauf spécifications particulières, on prendra les valeurs suivantes de la température intérieure de base :

Immeuble d'habitation, maison individuelle

- Pièce principale, Pièce de service..... 21°C
- Une cage d'escalier chauffée, circulation chauffée en continu ...18°C
- Bureau chauffée en continu ...21°C
- Magasin chauffée en continu ...21°C
- Local artisanal chauffée en continu ...21°C

## Chapitre 2 : Approche méthodologique

➤ Température extérieure de base

Zone	Altitude(m)	tbe (°c)	Zone	Altitude(m)	tbe (°c)
Zone A	<300	3	Zone C	<300	1
	300 à 450	2		300 à 450	0
	450 à 600	1		450 à 600	-1
	600 à 800	0		600 à 800	-2
	≥800	-1.5		≥800	-4.5
Zone A1	<300	7	Zone D	<300	4
	300 à 450	6		300 à 450	3
	450 à 600	5		450 à 600	2
	600 à 800	4		600 à 800	1
	≥800	2.5		≥800	-0.5
Zone B	<300	-2			
	450 à 600	-3			
	600 à 800	-4			
	≥800	-5.5			

Tableau (II.8) : Température extérieure de base [3]

### II.2.5 Puissance de chauffage

La puissance de chauffage Q nécessaire pour un logement est donnée par :

$$Q = [t_{bi} - t_{be}] \times [(1 + \max(c_r, c_{in})) \times D_T + [(1 + C_r) \times D_R]] \quad [W] \quad \text{II-24}$$

Où

- **Cr** : (sans dimension) est un ratio estimé des pertes calorifiques dues au réseau de Tuyauteries éventuelles.
- **Cin** : (sans dimension) représente un coefficient de surpuissance.

➤ Le coefficient **Cin** prend les valeurs suivantes :

- **0,10** en cas de chauffage continu.
- **0,15** en cas de chauffage discontinu, et dans le cas d'une construction dont la classe d'inertie est "faible" ou "moyenne".
- **0,20** en cas de chauffage discontinu, et dans le cas d'une construction dont la classe d'inertie est "forte".

## Chapitre 2 : Approche méthodologique

➤ Le coefficient **Cr** prend les valeurs suivantes :

- **0** pour les installations de type "chauffage individuel".
- **0,05** pour les installations de type "chauffage central" dans lesquelles toutes les tuyauteries sont calorifugées.
- **0,10** pour les installations de type "chauffage central" dans lesquelles les tuyauteries sont calorifugées seulement dans les zones non chauffées.
- **0,20** pour les installations de type "chauffage central" dont le réseau de tuyauteries n'est pas calorifugé.

### II.2.6 Calcul du réseau thermique

Un réseau de distribution de chaleur est une installation technique permettant de transporter et de distribuer de la chaleur. Il fonctionne grâce à un fluide caloporteur, c'est-à-dire un liquide capable de transporter la chaleur, chauffé par une ou plusieurs chaudières. Ce fluide chaud, souvent de l'eau, sert à chauffer des pièces ou des espaces. La chaleur est généralement produite à l'intérieur des habitations par l'utilisation de combustibles liquides comme le fioul domestique, de combustibles solides comme le charbon, ou encore par l'utilisation d'énergies renouvelables comme le solaire, l'éolien ou la géothermie.

#### II.2.6.1 Réseau de distribution d'eau chaude

Ce type de réseau est généralement raccordé à une installation de production d'eau chaude sanitaire de grande taille, fermée ou ouverte selon l'application (chauffage résidentiel ou industriel). Le transfert de chaleur s'effectue par l'intermédiaire de l'eau, dont la température est comparable à celle d'un système de chauffage central. Dans ce type de réseau, tous les paramètres sont régulés de manière centralisée en fonction des conditions de température extérieure. [12]

#### II.2.6.2 Régime de température

Pour choisir un radiateur ou un corps de chauffe, il est essentiel d'adapter sa taille à la température de l'eau fournie par l'appareil. La puissance utile d'un radiateur dépend de la température de l'eau qui le traverse. Selon la norme européenne EN 442, les appareils de chauffage (radiateur, chaudière ou batterie de chauffage) sont dimensionnés pour une température de départ de 75 °C et une température de retour de 55 °C. [12]

On définit :

$\Delta T = ((\text{Température d'entrée} + \text{Température de sortie d'eau}) / 2) - \text{Température de confort}$

### II.2.6.3 Choix du corps de chauffage

Le choix du radiateur à placer dans chaque pièce se fait en calculant les pertes thermiques de chaque pièce.

La puissance thermique du radiateur (corrigée) se calcule en appliquant la formule suivante :

$$P_{cor} = \frac{P}{\left(\frac{\Delta T}{50}\right) \times 1,3} \quad [\text{W}] \quad \text{II-25}$$

Où

**P** : puissance du radiateur égale aux déperditions du local.

**ΔT** : la différence de température entre la température moyenne de l'eau

Dans le radiateur, la température ambiante du local est égale à 21°C selon le DTR C3.2/4.

- Le nombre d'éléments du radiateur est déterminé comme suit :

Nombre d'éléments = Puissance corrigé du radiateur /puissance d'un élément

- **Débit d'eau circulant en chaque radiateur**

Le débit volumique d'eau chaude circulant dans chaque radiateur en fonction de la puissance installée et la différence de température du régime d'écoulement.

Sachant que la puissance installée peut être calculé par :

$$\text{Puissance installée} = \text{Nombre d'éléments} \times \text{puissance d'un élément}$$

### II.2.6.4 Calcul hydraulique

- **Débit Volumique**

$$Q_v = \frac{P_a}{\Delta T} \quad [\text{l/h}] \quad \text{II-26}$$

- **Section de tuyauterie**

$$S = \frac{\pi D^2}{4} \quad [\text{m}^2] \quad \text{II-27}$$

- **Volume de tuyauterie**

$$V_t = l \times S \quad [m^3/s] \quad \text{II-28}$$

### ➤ Perte de charge linéaires et singulières

- Perte de charge linéaires

$$\Delta P_L = \Delta P \times L \quad [\text{Pa}] \quad \text{II-29}$$

- Perte de charge singulières

$$\Delta P_S = \sum \frac{P}{2} \times V^2 \quad [\text{Pa}] \quad \text{II-30}$$

- Perte de charge total

$$\Delta P_T = \Delta P_L + \Delta P_S \quad [\text{Pa}] \quad \text{II-31}$$

## II.3 Méthodologie adoptée pour le développement de l'application

### II.3.1 Le langage de développement adopté

La conception et la réalisation de l'application se sont déroulées dans le langage Python en raison de sa simplicité, de sa clarté et de son utilisation courante dans les champs scientifiques et d'ingénierie. En raison de la facilité d'apprentissage que le langage propose, il permet de constituer des programmes robustes et performants ; en tirant parti de la richesse de ses bibliothèques, il permet également d'implémenter des algorithmes complexes tout en assurant à leur code une limpidité et une maintenabilité. Le choix de Python s'avère pertinent, car ce langage révèle la possibilité de converger d'un premier prototype fonctionnel vers une application complète ; cette flexibilité garantit de mener à bien la structuration de toutes les phases, du développement et des tests des premières fonctions de calcul thermique à la production d'une application graphique et distribuable sur tout ordinateur Windows.

```
C:\Users\ya allah > Downloads > combo (5).py > ajouter_le_materiaux
1396 def port_sud():
1405     if choix_combo_type_contact_port_exterieur_sud=="Exterieur":
1406         if choix_combo_type_port_exterieur_sud=="Portes Opaques en Bois":
1407             k_port_sud=3.5
1408         elif choix_combo_type_port_exterieur_sud=="Portes Opaques en Metal":
1409             k_port_sud=5.8
1410         elif choix_combo_type_port_exterieur_sud=="Portes en Bois avec une proportion de vitrage <30%":
1411             k_port_sud=4
1412         elif choix_combo_type_port_exterieur_sud=="Portes en Bois avec une proportion de vitrage compris entre 30%" et 60% ":
1413             k_port_sud=4.5
1414         elif choix_combo_type_port_exterieur_sud=="Portes en Metal équipées de vitrage simple":
1415             k_port_sud=5.8
1416     elif choix_combo_type_contact_port_exterieur_sud=="Local Non Chauffé":
1417         if choix_combo_type_port_exterieur_sud=="Portes Opaques en Bois":
1418             k_port_sud=2
1419         elif choix_combo_type_port_exterieur_sud=="Portes Opaques en Metal":
1420             k_port_sud=4.5
1421         elif choix_combo_type_port_exterieur_sud=="Portes en Bois avec une proportion de vitrage <30%":
1422             k_port_sud=2.4
1423         elif choix_combo_type_port_exterieur_sud=="Portes en Bois avec une proportion de vitrage compris entre 30%" et 60% ":
1424             k_port_sud=2.7
1425         elif choix_combo_type_port_exterieur_sud=="Portes en Metal équipées de vitrage simple":
1426             k_port_sud=4.5
1427
1428     dep_port_sud=surface_port_sud*k_port_sud
1429     print("k_port_sud",k_port_sud)
1430     return dep_port_sud
1431
1432 def calcul_dep_transmission_sud():
1433     if var_coche_sud.get():
1434         dep_parois_sud=calcul_dep_parois_sud()
1435         if var_homogene_oui_sud.get()==1:
```

Figure (II -1) : Exemple d'exécution du programme Python

### II.3.2 Conception et réalisation de l'interface graphique

Ce qui a permis de construire l'interface de l'application est l'utilisation de Tkinter, la bibliothèque graphique standard de Python. Ce choix a été motivé par la facilité d'appropriation de l'outil, sa documentation générée et utilisée, mais surtout la possibilité qu'a cette dernière de permettre la production d'applications légères et réactives. L'interface graphique a été conçue pour favoriser une utilisation fluide et intuitive. Elle comprend les éléments suivants :

- Un certain nombre de champs de saisie permettant à l'utilisateur d'entrer les données nécessaires au calcul : wilaya, attitude, dimensions des murs, caractéristiques thermiques....
- Des boîtes de dialogue interactives (Messagebox) accompagnent l'utilisateur en signalant les erreurs de saisie ou en fournissant des indications lors de l'utilisation.
- Un système de calcul intégré qui évalue les déperditions thermiques par paroi (murs, plancher bas ...) selon des formules normalisées.
- La possibilité de vérifier automatiquement la conformité de son projet à la réglementation thermique algérienne.
- L'affichage du résultat final, à savoir la puissance thermique à installer, le dimensionnement de l'installation, ainsi qu'une visualisation graphique des pertes thermiques sous forme de diagramme circulaire
- Une fonctionnalité d'exportation automatique de l'ensemble des résultats vers un fichier Excel, est à archiver ou à communiquer.

Cette interface allie clarté, ergonomie et précision technique, répond ainsi aux besoins d'un public professionnel tout en restant accessible aux utilisateurs novices.

### **II.3.3 Transformation du programme Python en application Windows (.exe)**

Une fois le développement terminé et les tests validés, l'application a été mise au format exécutable (.exe) via l'outil PyInstaller, pour restituer le script Python sous forme d'application autonome pour Windows, ne nécessitant plus l'installation de Python sur le poste utilisateur. Le fichier exécutable n'offre que la possibilité d'accéder à l'interface graphique permettant d'exécuter les services requis par l'utilisateur, cachant ainsi tout le code source et garantissant par là même une meilleure ergonomie d'accès aux moyens de traitement et de protection de l'algorithme développé. L'utilisateur devra donc simplement lancer le programme, présenter les informations nécessaires et obtenir directement et sans stratégie de manipulation les résultats du dimensionnement demandés.

### **II.4 Conclusion**

Ce chapitre a permis de présenter de manière structurée la base de données et les algorithmes utilisés, développés conformément à la réglementation thermique algérienne, pour concevoir l'application. Afin de valider la fiabilité et l'efficacité de cet outil numérique, une étude de cas s'impose. Celle-ci permettra d'analyser les résultats générés par l'application et d'évaluer leur pertinence dans un contexte réel de dimensionnement thermique.

# *Chapitre III*

---

**ETUDE DE CAS**

---

### III.1 Introduction

Ce chapitre présente l'application EffiCal et son rôle dans le dimensionnement thermique des installations de chauffage. Il propose un guide pratique d'utilisation de l'outil, en expliquant les étapes essentielles et les remarques techniques nécessaires pour son bon fonctionnement. Une étude de cas réelle, portant sur une maison d'habitation R+1, est ensuite réalisée pour illustrer les fonctionnalités de l'application. Les résultats obtenus sont analysés et discutés afin d'évaluer la pertinence d'EffiCal dans un contexte professionnel et d'identifier des pistes d'amélioration énergétique du bâtiment.

### III.2 Présentation de L'application

Le nom **EffiCal** résulte de la combinaison des termes "**efficacité**" et "**calcul**". L'application EffiCal a pour vocation principale de vérifier la conformité des projets de construction de bâtiments aux normes algériennes définies dans les DTRC 3.2/4.

Elle propose à l'utilisateur une interface simple, facilitant la description des différentes composantes du projet de construction. L'application réalise ensuite une étude complète du système de chauffage, incluant le dimensionnement de l'installation, afin de garantir la conformité du bâtiment aux exigences de la réglementation thermique algérienne.

Grâce à EffiCal, l'utilisateur est entièrement libéré des calculs thermiques et hydrauliques nécessaires aux vérifications réglementaires, son unique tâche étant de décrire précisément son projet en suivant la structure de données intuitive de l'application.



Figure (III -1) : Logo de l'application EffiCal

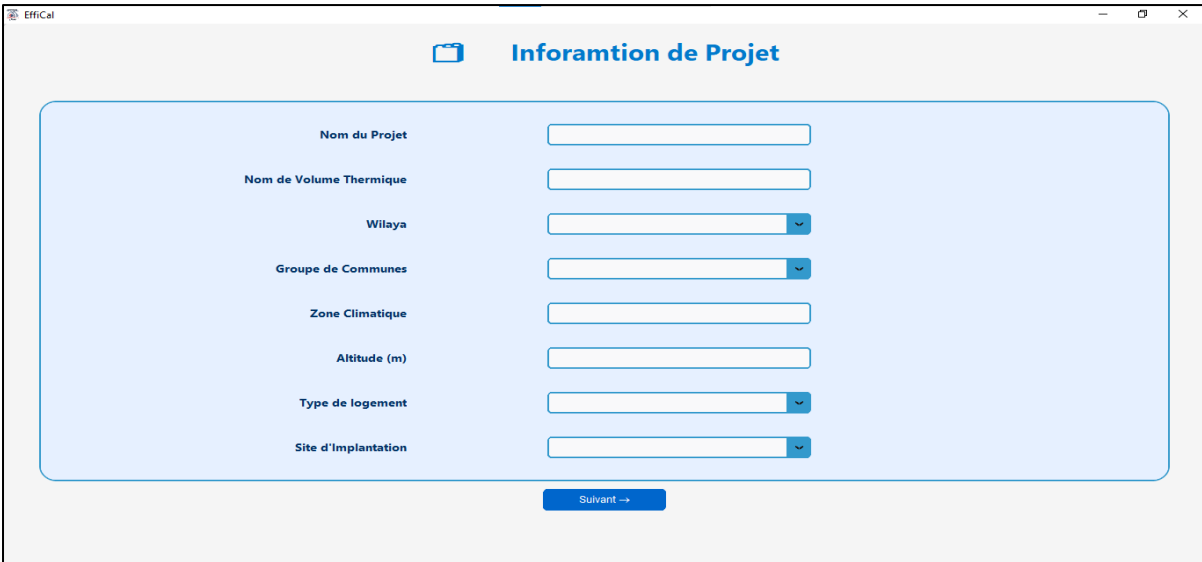
### III.3 Guide d'utilisation de l'application

L'application se définit comme une interface particulièrement intuitive, dont l'ambiance générale se veut simple. Il est impératif que l'utilisateur se concentre sur les fonctionnalités et évite de s'égarer dans une interface complexe.

Les étapes sont décrites ci-dessous, depuis la saisie des données d'entrée jusqu'à l'export des résultats.

#### III.3.1 Information de Projet

La première page de l'application, intitulée "Information de Projet", constitue l'étape initiale de la saisie des données nécessaires au calcul, il faut donner un titre au projet puis Nom de Volume Thermique puis renseigner les données géographiques : altitude, le type de site d'implantation, la wilaya et la commune d'implantation du projet donc il affiche directement la zone climatique



The screenshot shows a web browser window titled 'Efficel' with a form titled 'Inforamtion de Projet'. The form is enclosed in a light blue rounded rectangle and contains the following fields:

- Nom du Projet: text input
- Nom de Volume Thermique: text input
- Wilaya: dropdown menu
- Groupe de Communes: dropdown menu
- Zone Climatique: text input
- Altitude (m): text input
- Type de logement: dropdown menu
- Site d'Implantation: dropdown menu

At the bottom of the form is a blue button labeled 'Suivant ->'.

Figure (III -2) : écran pour entrer les Information de projet

#### III.3.2 Création des parois

La page d'application suivante, dénommée "Création des parois", est en mesure de définir les caractéristiques thermiques des parois du bâtiment, L'application propose un **dictionnaire de matériaux** sous forme de tableau

Cette étape est essentielle pour le calcul des déperditions thermiques

Matériaux	Conductivité (W/m.K)
Mortier de chaux	0.87
Plâtre courant d'enduit intérieur	0.35
Carreaux de plâtre pleins	1.4
Liège Comprimé	0.1
Expansé pur	0.044

Mur	Coefficient de Transmission (W/°C.m²)
-----	---------------------------------------

Figure (III -3) : Interface de création des parois

### Note 1 :

L'ingénieur peut également insérer directement  
Le coefficient de transmission (K) d'une paroi sans  
Passer par la sélection des matériaux

Paroi

Nom de Paroi

Coefficient K (W/m².°C)

Ajouter

### Note 2 :

Le contrôle de la cohérence des données saisies se fait  
Automatiquement par l'application. En cas de données  
Manquantes ou incohérentes, par exemple pour une  
Surface non renseignée, une Message Box s'affiche  
Pour aider l'opérateur à corriger d'éventuelles erreurs.

erreur

veuillez selectionner un mur a supprimer.

OK

### III.3.3 Saisie des dimensions des parois

La page 3 de l'application est prévue pour la saisie des surfaces des murs extérieurs et des parois dans les différentes orientations. Elle permet d'indiquer les murs, les fenêtres et les portes en fonction de leur situation dans le bâtiment.

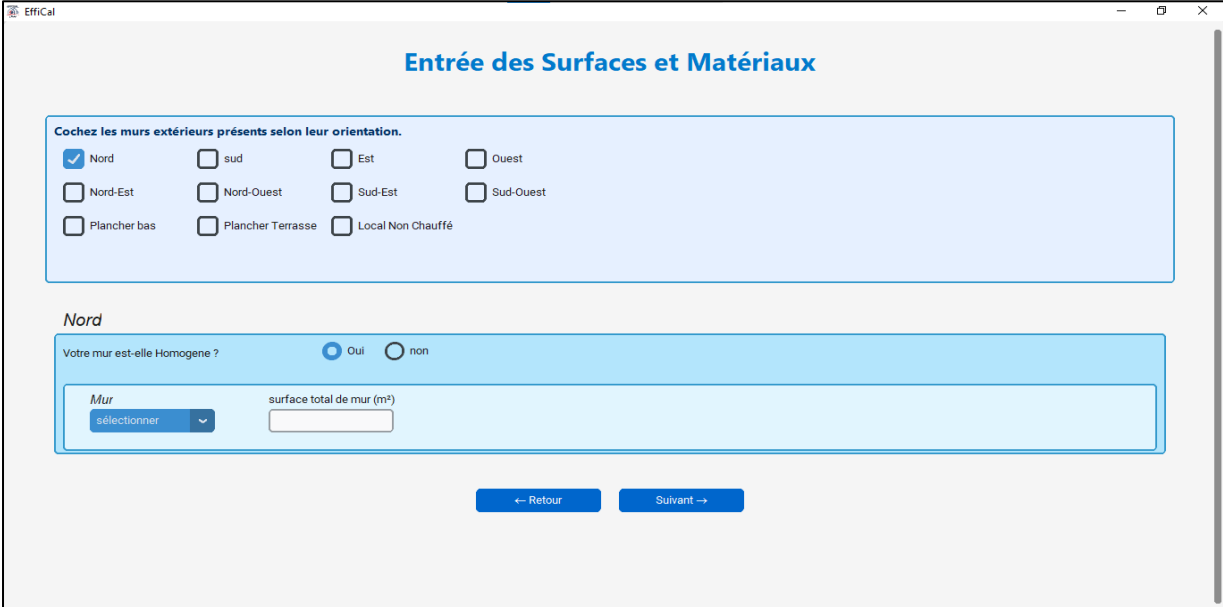


Figure (III -4) : Interface de saisie les caractéristiques des parois

### III.3.4 Renouvellement d'Air

La page d'application suivante, dénommée « Renouvellement d'air », permet de calculer les pertes thermiques liées au renouvellement de l'air, essentielles pour dimensionner le chauffage

L'ingénieur procèdera à la saisie de plusieurs volumes distincts, en tenant compte des hauteurs spécifiques des fenêtres et des portes

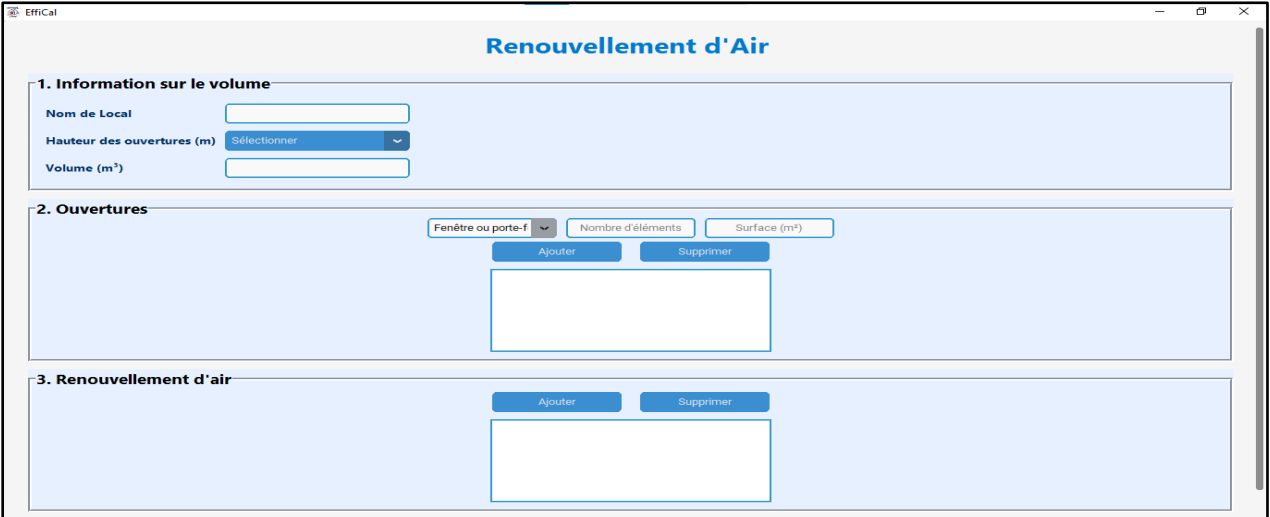


Figure (III -5) : Interface de Saisie les volumes

### III.3.5 La Vérification

La page de la « Vérification », permet de saisir les surfaces des murs, de la toiture, du plancher ainsi que des fenêtres et des portes. Elle propose également de définir la température de confort et de sélectionner le type et le mode d'utilisation du système de chauffage. Cette étape vise à réaliser les vérifications nécessaires conformément aux exigences de la réglementation thermique algérienne (DTR C3.2/4).

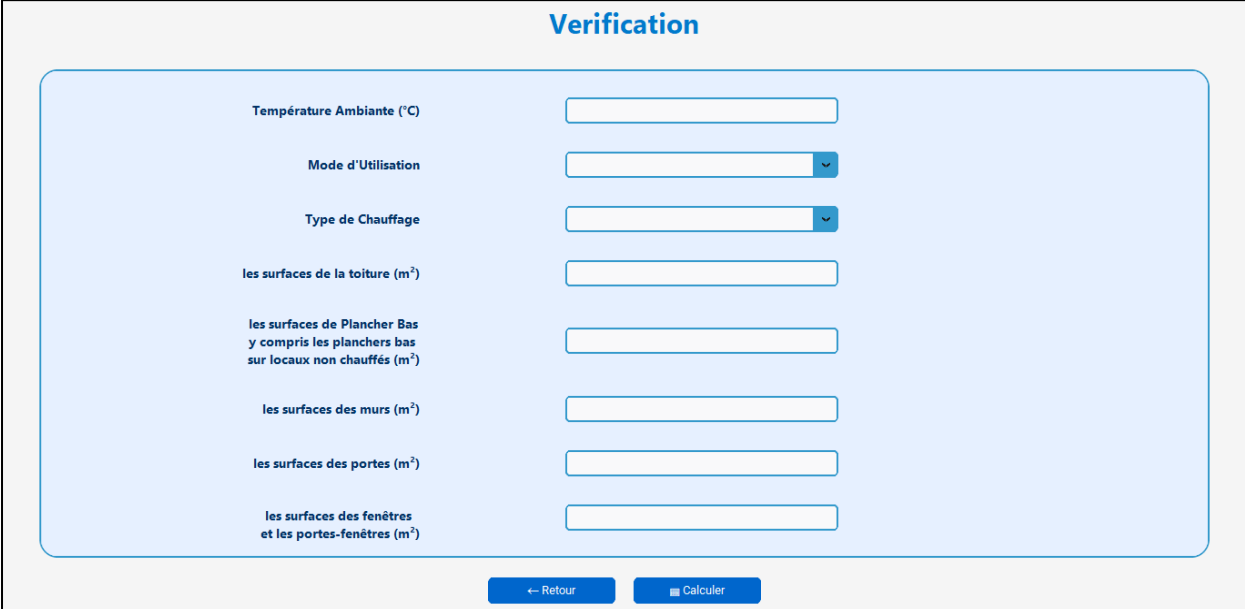


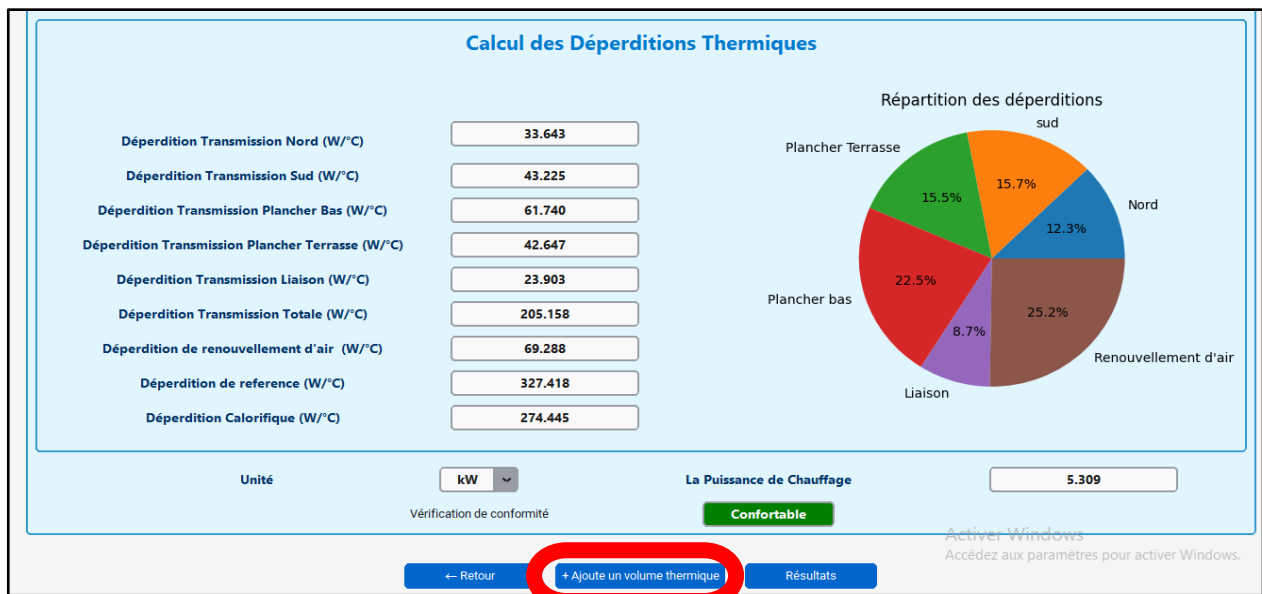
Figure (III -6) : Interface de saisie des données nécessaires à la vérification

### III.3.6 Évaluation des pertes thermiques et détermination de la puissance de chauffage

La présente page de l'application se concentre sur l'exposé des informations du projet, le calcul des déperditions thermiques par paroi (murs, plancher bas, toiture), les déperditions totales et de référence, ainsi que les pertes par renouvellement d'air.

Ainsi, le calcul de la puissance de chauffage nécessaire est effectué, et l'affichage de celle-ci est accompagné d'une vérification du confort thermique, permettant de déterminer si celui-ci est jugé confortable ou non.

Dans le cadre de l'analyse des déperditions par élément, la représentation graphique sous forme de cercle offre une visualisation circulaire qui facilite la détection des déperditions.



**Note :**

L'application permet également d'ajouter de **nouveaux volumes thermiques**, offrant la possibilité de poursuivre les calculs pour obtenir la **puissance de chauffage totale** de manière rapide et efficace.

Figure (III -7) : Interface de saisie des données nécessaires à la vérification

### III.3.7 Dimensionnement de l'installation

La dernière page de notre application, nous exposons les résultats du calcul des déperditions thermiques, ainsi que la puissance de chauffage nécessaire pour chacun des volumes thermiques, sous forme de tableau.

Cette même interface présente la puissance de la chaudière à installer, plus précisément le nombre d'éléments pour les radiateurs, sans oublier le calcul du réseau hydraulique pour chaque volume thermique. Il nous permet donc d'estimer les besoins énergétiques de manière exhaustive et précise.

**1-** L'ingénieur saisit la **puissance thermique d'un élément de radiateur**, ce qui permet à l'application de déterminer automatiquement le **nombre d'éléments requis par local** en fonction des besoins de chauffage.

## Chapitre 3 : Etude de cas

2- Dans un second temps, il entre la **longueur de tuyauterie entre le radiateur et la chaudière**.

À partir de cette donnée, l'application calcule automatiquement :

- **Le débit requis** en litres par heure (l/h) et en litres par seconde (l/s),
- **Le diamètre optimal de la tuyauterie**,
- **Les pertes de charge linéaires et singulières**,
- **Et enfin, les pertes de charge totales** pour chaque circuit.

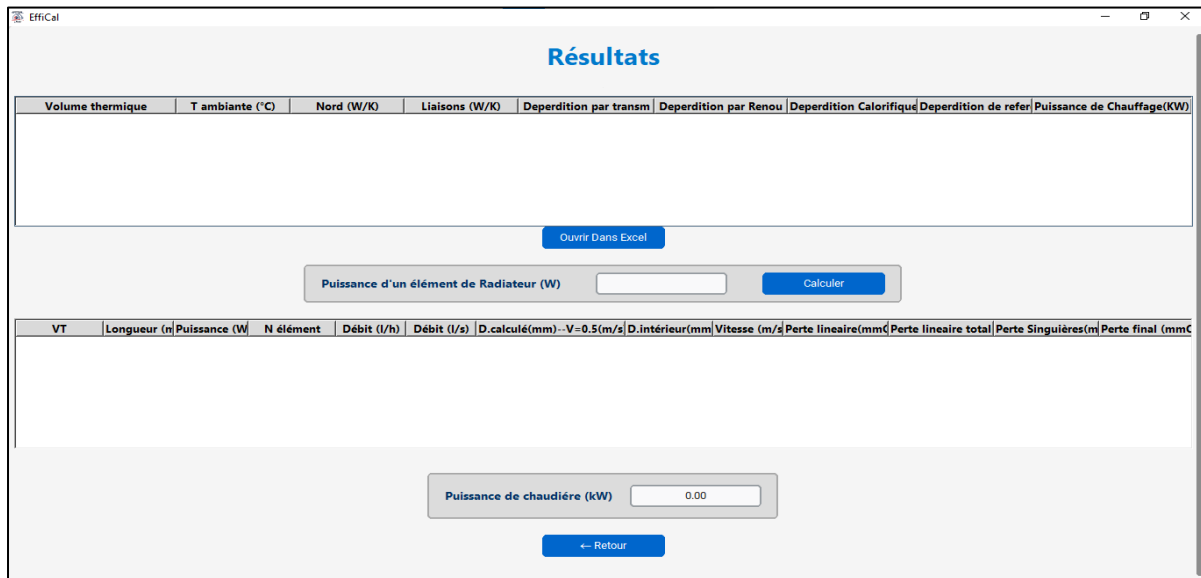


Figure (III -8) : Interface des résultats thermique et hydraulique

### Note 2 :

L'ingénieur peut exporter l'ensemble des calculs vers un **fichier Excel**, facilitant ainsi l'archivage et le partage des résultats.

### III.4 Présentation du projet étudiée

Le thème du projet consiste en l'étude et en la conception d'une installation de chauffage d'une habitation résidentielle de type (R+1). Cette dernière est constituée d'un rez-de-chaussée, 1er étage dont la façade principale est orientée vers le sud.

Le rez-de-chaussée comporte : une cuisine, salon, patio, Sanitaire, salle de bain, garage

Le premier étage est composé de : 2 chambres, hall, sanitaire, salle de bain, salon, patio, séjour

#### III.4.1 Situation géographique

Notre projet se trouve à Saïda, située dans la zone climatique B : dont les conditions sont :

#### III.4.2 Conditions climatiques intérieures

Désignation	Ti (C°)	Φi (%)
Chambre, salon, séjours	21	50
Cuisine, hall	18	50

Tableau (III-1) : Conditions climatiques intérieures

#### III.4.3 Conditions climatiques extérieures

Zone	Altitude (m)	Latitude(°N)	T° de base (C°)	L'humidité relative (φ %)
B	980	34°49' N	-5.5	80

Tableau (III-2) : Conditions climatiques extérieures

#### III.4.4 Tuyauteries appliquées dans un réseau (multicouche)

Le tube multicouche, composé d'une âme en aluminium insérée entre deux couches de PER réticulé, constitue aujourd'hui une alternative au cuivre dans les installations sanitaires et de chauffage. Le modèle Voler de la marque Gabarit est spécialement conçu pour répondre aux besoins des artisans, aussi bien pour les réseaux d'eau sanitaire que pour les systèmes de chauffage.

III.4.5 Plan architectural

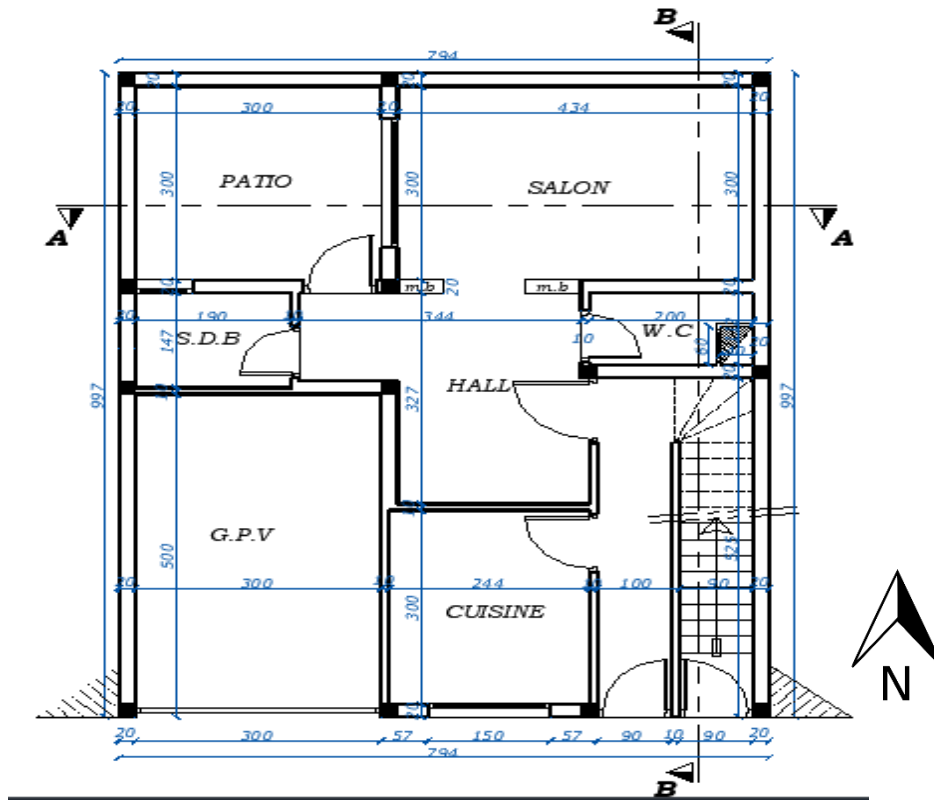


Figure (III -9) : Plan architectural de RDC

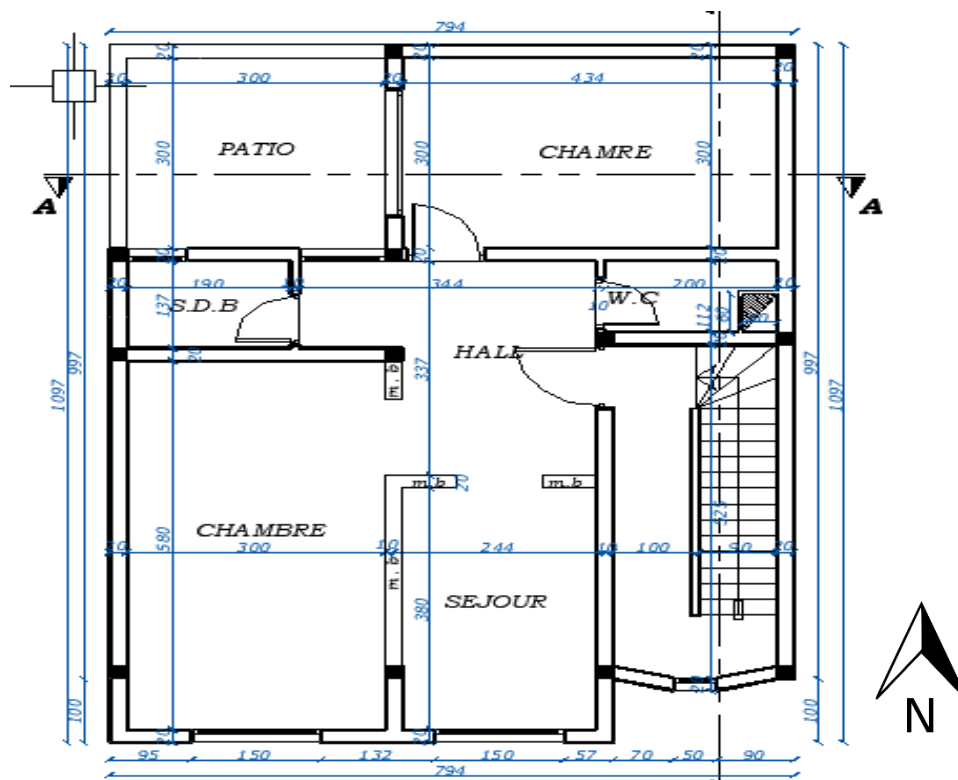


Figure (III -10) : Plan architectural ( 1<sup>er</sup> étage)

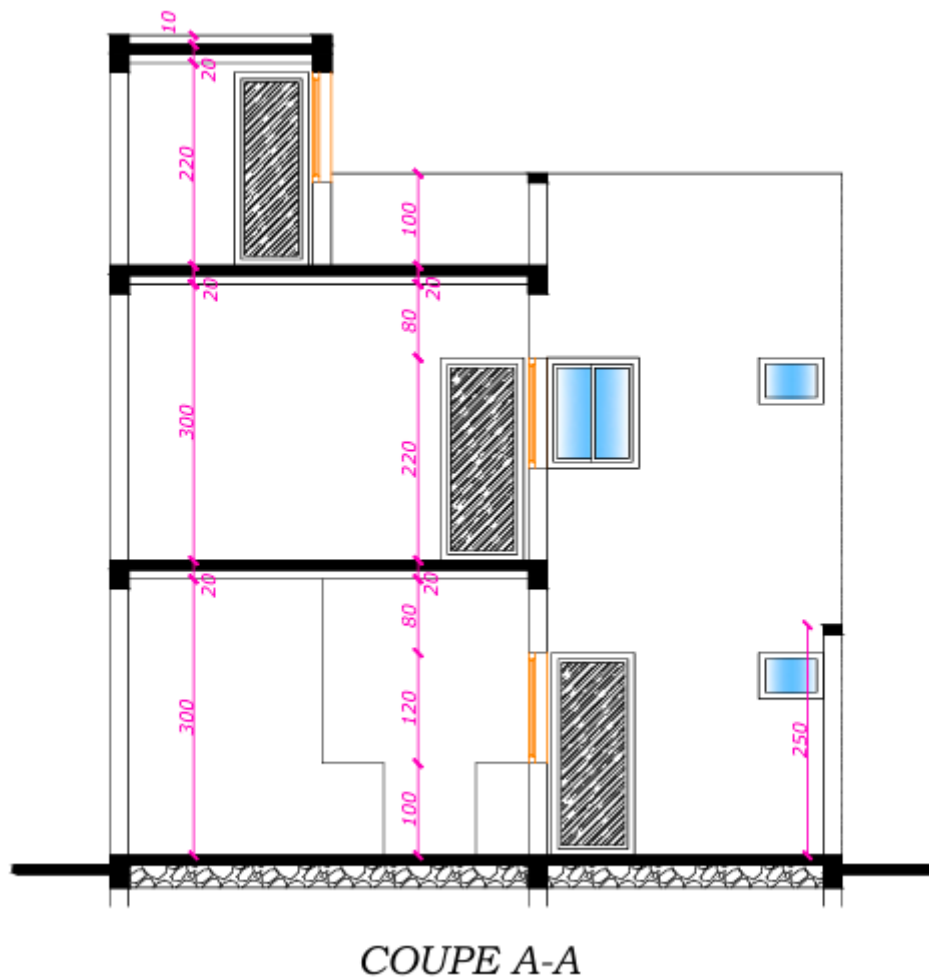


Figure (III -11) : Coupe A-A

### III.4.6 Données techniques relatives à la construction

➤ Mur extérieur

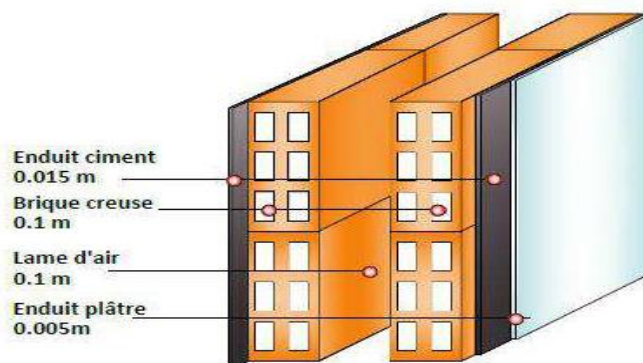


Figure (III -12) : Mur extérieur [13]

### ➤ Mur intérieur (entre locaux)

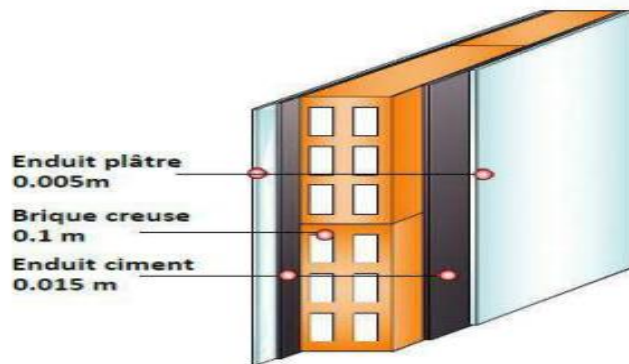


Figure (III -13) : Mur intérieur (entre locaux) [13]

### ➤ Mur intérieur (contact avec circulation)

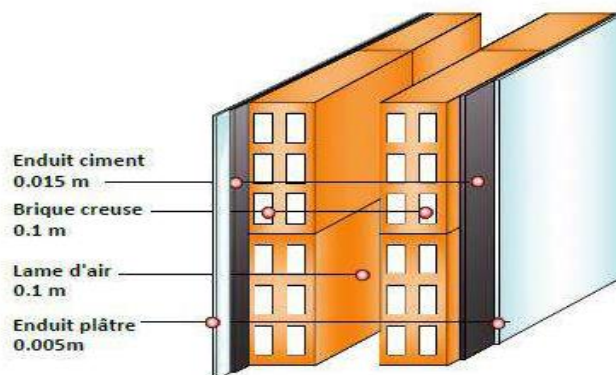


Figure (III -14) : Mur intérieur (contact avec circulation) [13]

### ➤ Plancher entre étage

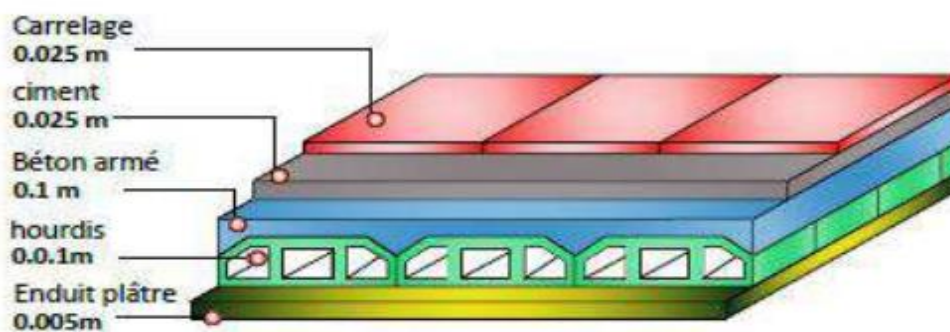


Figure (III -15) : Plancher entre étage [13]

## Chapitre 3 : Etude de cas

### ➤ Plancher sur sol

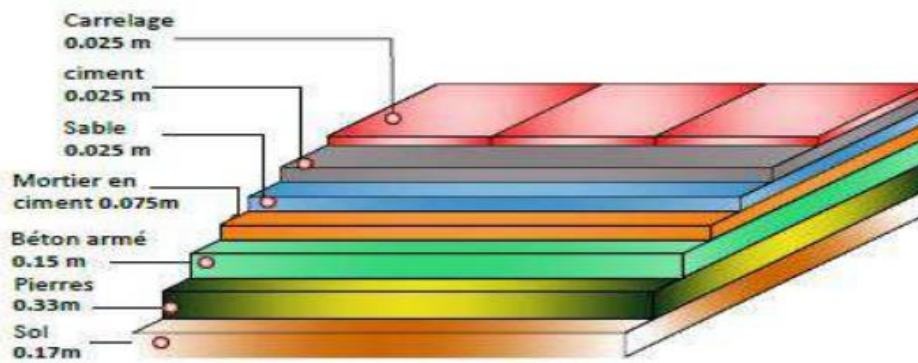


Figure (III -16) : Plancher sur sol [13]

### ➤ Toiture

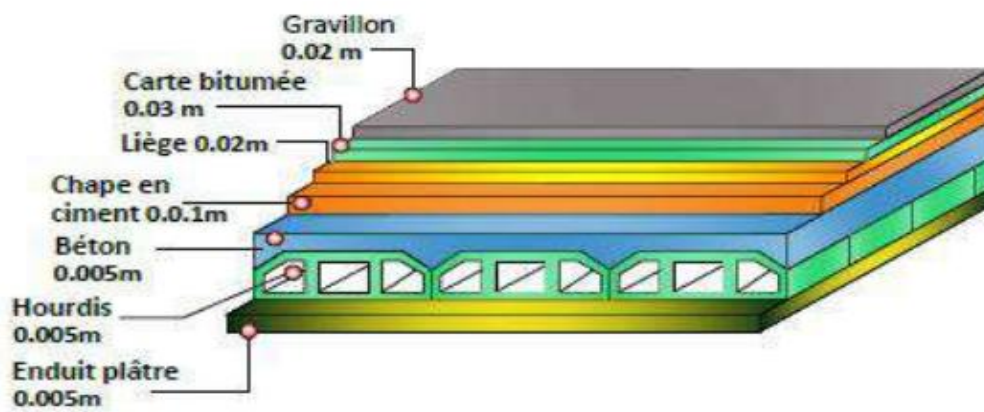


Figure (III -17) : Toiture [13]

### III.4.7 Caractéristiques techniques de la construction

#### ➤ Le rez-de-chaussée

Locaux	Hauteurs(m)	Surface (m <sup>2</sup> )
Cuisine	3.00	7.32
Hall	3.00	11.24
Patio	3.00	9.00
Salon	3.00	13.02
S.D.B	3.00	2.80
WC	3.00	2.24
G.P.V	3.00	15.00

**Tableau (III-3) :** Caractéristiques techniques de RDC

#### ➤ Le 1<sup>er</sup> étage

Locaux	Hauteurs(m)	Surface (m <sup>2</sup> )
Chambre 1	3.00	17.40
Séjour	3.00	9.27
Hall	3.00	11.60
Chambre 2	3.00	9.00
Patio	3.00	13.02
WC	3.00	2.24
S.D.B	3.00	2.60

**Tableau (III-4) :** Caractéristiques techniques de 1<sup>er</sup> étage

### III.5 Intégration du projet dans l'application

#### III.5.1 Insertion des informations de projet

Dans un premier temps, les informations relatives au projet sont intégrées dans l'application EffiCal. Ci-dessous, une capture illustrant l'interface de saisie :



The screenshot shows a form titled "Informantion de Projet" with the following fields and values:

Label	Value
Nom du Projet	maison d'habitation(R+1)
Nom de Volume Thermique	Cuisine
Wilaya	20-SAIDA
Groupe de Communes	Toutes les communes
Zone Climatique	B
Altitude (m)	980
Type de logement	Logement individuel
Site d'Implantation	centre des grandes villes

A "Suivant →" button is located at the bottom of the form.

Figure (III -18) : Les informations de projet

#### III.5.2 Les coefficients de transmission thermique (K)

EffiCal génère automatiquement les coefficients de transmission thermique pour chaque paroi selon les données saisies. Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

Mur	Coefficient de Transmission (W/°C.m <sup>2</sup> )
Mur exterieur	1.300
Mur interieur (entre locaux)	2.080
mur interieur( avec circu)	1.180
Plancher sur sol	1.300
toiture	1.000

Figure (III -19) : Les valeurs calculé de coefficients de transmission thermique (K)

## Chapitre 3 : Etude de cas

### III.5.3 Résultats globaux des déperditions pour la maison

1- L'ensemble des pièces est analysé et les déperditions totales sont calculées et la puissance de chauffage calculée par chaque local.

Le tableau ci-dessous résume les résultats :

Résultats													
Volume thermique	T ambiante (°C)	Sud (W/°C)	Plancher bas (W/°C)	Local non chauffé (W/°C)	Liaisons (W/°C)	Deperdition par transmission (W/°C)	Deperdition par renouvellement d'air (W/°C)	Deperdition de référence (W/°C)	Puissance de Chauffage (KW)	Ouest (W/°C)	Plancher Terrasse (W/°C)		
cuisine	18.000	11.822	9.516	11.232	2.364	34.935	5.459	40.394	36.000	1.139	0.000	0.000	
Hall	18.000	0.000	14.612	6.584	0.000	21.196	14.957	36.154	61.480	1.020	0.000	0.000	
Salon	21.000	0.000	16.926	36.641	3.160	72.527	9.709	82.236	66.820	2.615	15.800	0.000	
Chambre 1	21.000	14.006	0.000	53.914	6.281	91.601	13.342	104.943	62.100	3.337	0.000	17.400	
Sejour	21.000	11.822	0.000	0.000	4.218	25.311	8.366	33.677	20.703	1.071	0.000	9.270	
Chambre 2	21.000	0.000	0.000	36.641	5.764	71.225	12.755	83.981	52.498	2.671	15.800	13.020	
Hall(1er étage)	18.000	0.000	0.000	5.289	2.320	19.209	21.910	41.118	48.750	1.160	0.000	11.600	

Ouvrir Dans Excel  
Supprimer Local

Figure (III -20) : Tableau de résultats globaux des déperditions pour la maison

2- EffiCal génère un fichier Excel détaillé récapitulant l'ensemble des calculs, ce fichier permet à l'ingénieur de consulter rapidement toutes les informations essentielles au dimensionnement.

A	B	C	D	E	F	G	H
	cuisine	Hall	Salon	Chambre 1	Sejour	Chambre 2	Hall(1er étage)
T ambiante (°C)	18	18	21	21	21	21	21
Sud (W/°C)	11,82219493	0	0	14,00619493	11,82219493	0	0
Plancher bas (W/°C)	9,516	14,612	16,926	0	0	0	0
Local non chauffé (W/°C)	11,232	6,5844	36,64128	53,9136	0	36,64128	
Liaisons (W/°C)	2,364438985	0	3,159980418	6,281238985	4,218438985	5,763980418	
Deperdition par transmission (W/°C)	34,93463391	21,1964	72,52716251	91,60103391	25,31063391	71,22516251	
Deperdition par Renouvellement d'air (W/°C)	5,45904	14,95728	9,70904	13,3416	8,36604	12,75544	
Deperdition Calorifique (W/°C)	40,39367391	36,15368	82,23620251	104,9426339	33,67667391	83,98060251	
Deperdition de reference (W/°C)	36	61,48	66,82	62,1	20,703	52,498	
Puissance de Chauffage (KW)	1,139101604	1,019533776	2,61511124	3,337175758	1,07091823	2,67058316	1
Ouest (W/°C)	0	0	15,79990209	0	0	15,79990209	
Plancher Terrasse (W/°C)	0	0	0	17,4	9,27	13,02	

Figure (III -21) : L'exportation des résultats vers fichier Excel

## Chapitre 3 : Etude de cas

3- EffiCal donne le calcul hydraulique qui est basée sur :

- Le débit massique nécessaire
- Les pertes de charge
- Les longueurs de circuit

VT	Longueur (m)	Puissance (K)	N élément	Débit (l/h)	Débit (l/s)	D.calculé(mm)--V=0.5(m/s)	D.intérieur(mm)	Vitesse (m/s)	Perte lineaire(mm)	Perte lineaire total	Perte Singulières(m)	Perte final (mm)
cuisine	6.74	1.139	10	56.955	0.016	6.347	16.6	0.07	0.02	0.13	0.03	0.16
Hall	2	1.020	10	50.977	0.014	6.005	16.6	0.07	0.01	0.02	0.00	0.02
Salon	7.1	2.615	22	130.756	0.036	9.617	16.6	0.17	0.05	0.35	0.07	0.43
Chambre 1	7.69	3.337	28	166.859	0.046	10.864	16.6	0.21	0.08	0.62	0.12	0.74
Sejour	11.97	1.071	10	53.546	0.015	6.154	16.6	0.07	0.04	0.48	0.10	0.57
Chambre 2	10.5	2.671	24	133.529	0.037	9.719	16.6	0.17	0.05	0.53	0.11	0.63
Hall(1er étage)	7.19	1.160	10	57.977	0.016	6.404	16.6	0.07	0.02	0.14	0.03	0.17

Figure (III -22) : résultat de calcul hydraulique

### III.6 Discussion des résultats

L'application **EffiCal** fournit l'ensemble des calculs thermiques et hydrauliques nécessaires pour le dimensionnement d'un système de chauffage adapté à une maison R+1. Cette section présente une analyse approfondie des résultats obtenus, illustrée par des captures des diagrammes de répartition des déperditions, et propose des recommandations techniques pour améliorer la performance énergétique du bâtiment.

#### ➤ Analyse des déperditions thermiques

Dans un premier temps, l'analyse porte sur les déperditions thermiques totales de chaque local. Grâce aux données saisies, EffiCal identifie avec précision la nature, l'emplacement et la valeur des pertes thermiques dans l'enveloppe du bâtiment

EffiCal génère également, pour chaque pièce, un diagramme circulaire de répartition des déperditions thermiques. Cet outil visuel constitue une aide précieuse à l'interprétation des résultats pour l'ingénieur thermicien.

## Chapitre 3 : Etude de cas

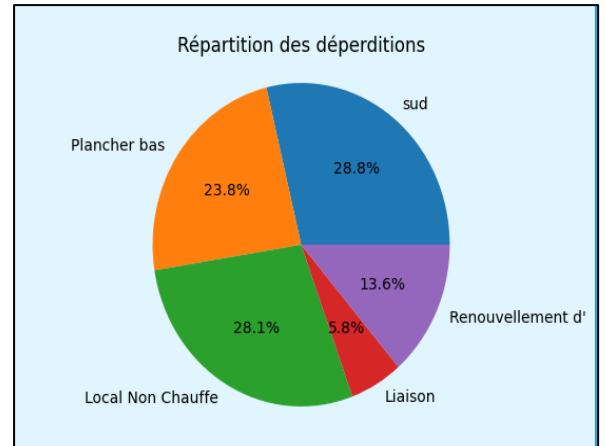
### - Le Rez-de-chaussée :

Les résultats montrent que la cuisine et le salon présentent des déperditions thermiques plus élevées que les autres pièces du rez-de-chaussée.

#### La Cuisine :

- **28.8 %** des déperditions proviennent d'un **mur en contact avec l'extérieur**, orienté vers le sud.

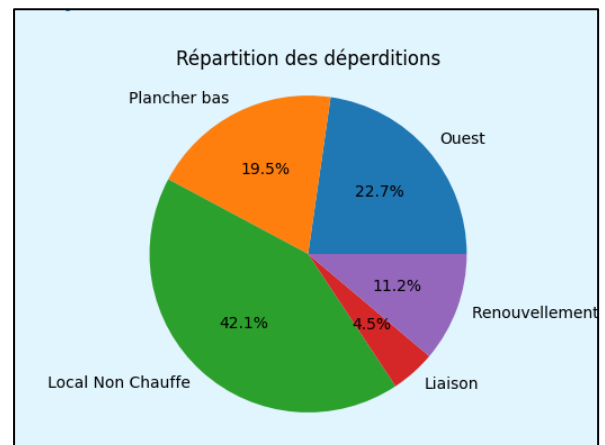
- **28.1 %** sont liées à un **mur en contact avec un local non chauffé**.



#### Le Salon :

- **42.1 %** des déperditions sont dues à un **mur en contact avec un local non chauffé**.

- **22.7 %** proviennent d'un **mur en contact avec l'extérieur**, orienté vers l'ouest.



## Chapitre 3 : Etude de cas

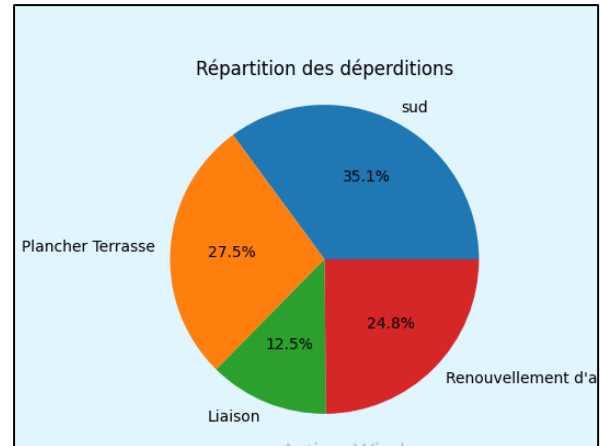
### - Le 1<sup>er</sup> étage :

Les résultats montrent que le séjour et la chambre 1 présentent des déperditions thermiques plus élevées que les autres pièces du rez-de-chaussée.

#### LE Séjour :

- **35.1%** des déperditions proviennent d'un **mur en contact avec l'extérieur**, orienté vers le sud.

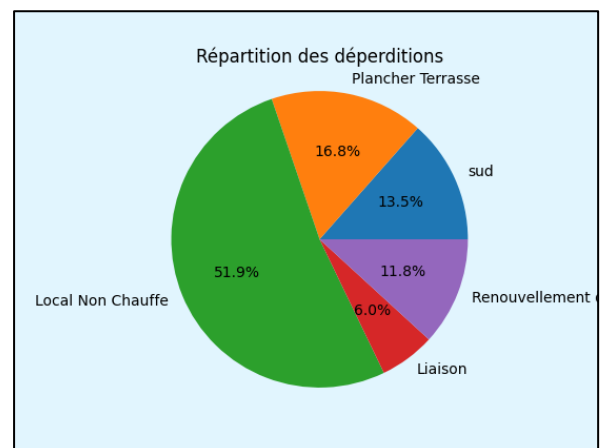
- **27.5 %** des déperditions proviennent du **plancher haut**, en contact direct avec la **terrasse extérieure**.



#### La Chambre 1 :

- **51.9 %** des déperditions sont dues à un **mur en contact avec un local non chauffé**.

- **16.8 %** des déperditions proviennent du **plancher haut**, en contact direct avec la **terrasse extérieure**.



## Chapitre 3 : Etude de cas

Les résultats mettent clairement en évidence des points faibles thermiques qu'il convient de traiter pour améliorer les performances énergétiques du bâtiment. Parmi les solutions proposées :

- **Isolation des murs en contact avec l'extérieur et les locaux non chauffés et plancher haut, en contact direct avec la terrasse extérieure :**

Voici des propositions des isolation thermique

- Polystyrène expansé ou extrudé
- Polyuréthane
- Laine de roche ou laine de verre
- Liège expansé naturel

- **Amélioration du vitrage :**

- Remplacement ou ajout de double vitrage sur les fenêtres exposées

L'application de ces isolants permettrait de réduire significativement les pertes thermiques, d'optimiser l'efficacité énergétique du bâtiment, et par conséquent, de réduire la puissance de chauffage requise et d'augmenter le confort thermique intérieur.

- **Puissance de chauffage et chaudière**

EffiCal calcule la puissance thermique nécessaire pour chaque local en kilowatts (kW), en tenant compte des déperditions et des conditions climatiques. À l'échelle du bâtiment, la puissance totale requise a été estimée à **16 kW**, ce qui oriente le choix vers une chaudière de même capacité pour couvrir l'ensemble des besoins en chauffage.

- **Dimensionnement des émetteurs**

Pour un radiateur de **120 W par élément**, EffiCal détermine automatiquement le nombre d'éléments requis pour chaque pièce. Cette fonctionnalité garantit un dimensionnement cohérent et équilibré du réseau d'émission thermique.

### ➤ Calcul hydraulique de l'installation

L'application réalise également une étude hydraulique complète, basée sur :

- Les longueurs de tuyauterie parcourues,
- Le débit massique requis pour chaque circuit,
- La vitesse d'eau

Les résultats ont permis de déterminer un diamètre optimal de tuyauterie de **16.6 mm**, garantissant un débit fluide et une pression adéquate dans l'ensemble du réseau. Les pertes linéaires et singulières ont été évaluées pour chaque circuit, assurant un équilibrage précis de l'installation.

### III.7 Synthèse

L'analyse des résultats montre que l'application EffiCal permet non seulement d'automatiser des calculs complexes avec précision, mais aussi de fournir des éléments d'aide à la décision pour optimiser la performance thermique du bâtiment. et facilite le choix des composants (chaudière, radiateurs, diamètres de tuyauterie).

Cette étude démontre que l'utilisation d'un outil comme EffiCal permet un gain de temps significatif, une meilleure traçabilité des calculs, et une meilleure efficacité énergétique du projet.

### III.8 Conclusion

Ce chapitre a permis de mettre en valeur l'application EffiCal à travers sa présentation, son mode d'utilisation, et son application concrète au dimensionnement thermique d'une maison R+1. L'ensemble des résultats obtenus souligne la pertinence de cet outil numérique dans la conception d'installations de chauffage conformes à la réglementation. L'interface intuitive, la structuration logique des étapes, ainsi que la précision des calculs générés font d'EffiCal un support efficace pour les ingénieurs thermiciens, tant sur le plan technique que décisionnel. L'intégration de fonctionnalités d'analyse, comme la répartition des déperditions ou le calcul hydraulique, confirme son utilité dans une démarche d'optimisation énergétique globale

## **Conclusion Générale :**

Ce mémoire s'inscrit dans un contexte où les enjeux énergétiques, environnementaux et réglementaires imposent une exigence croissante en matière de performance thermique des bâtiments. L'étude menée a d'abord permis de comprendre l'évolution des normes thermiques, tant au niveau national qu'international, et de mettre en lumière la nécessité de recourir à des outils numériques pour accompagner les professionnels dans le respect de ces exigences de plus en plus complexes.

Dans un second temps, un travail méthodologique rigoureux a été réalisé pour développer une application numérique conforme à la réglementation thermique algérienne. Ce processus a impliqué la structuration d'une base de données adaptée et la conception d'algorithmes capables d'automatiser les calculs thermiques et hydrauliques nécessaires au dimensionnement des systèmes de chauffage.

Enfin, une étude de cas concrète a permis de tester l'application *EffiCal* dans un contexte réel de maison d'habitation (R+1). Les résultats obtenus sont à la fois précis et exploitables. Par exemple, la puissance totale requise pour la chaudière a été estimée à 16 kW, et *EffiCal* a calculé automatiquement le nombre d'éléments de radiateurs nécessaires par pièce en se basant sur une puissance unitaire de 120 W par élément. L'analyse hydraulique a également permis de déterminer un diamètre de tuyauterie optimal de 16,6 mm, garantissant un débit adéquat et une bonne répartition de la pression dans l'ensemble du réseau. Ces résultats confirment la fiabilité de l'outil et sa capacité à assister efficacement les ingénieurs thermiciens.

Au-delà des résultats techniques, ce projet m'a permis d'approfondir mes connaissances en calcul thermique manuel, de mieux comprendre les exigences réglementaires locales, et d'acquérir des compétences pratiques en programmation Python, en modélisation de données et en développement d'applications numériques appliquées au secteur du bâtiment. Il représente une synthèse concrète entre ingénierie thermique et transformation numérique, ouvrant la voie à des outils plus intelligents, accessibles et performants pour la transition énergétique des bâtiments.

➤ **Références bibliographique**

[1] : S. Boukhedimi, "Efficacité énergétique dans le secteur résidentiel, enjeux et perspectives," *El-Bahith*, vol. 6, no. 1, pp. 41–62, Jun. 2014. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.asjp.cerist.dz/en/article/23034>

[2] : K. Imessad, R. Kharchi, S. Bouchaib, A. Chenak, S. Hakem, A. Hamidat, S. Larbi-Youcef, S. Sami, et F. Sahnoune, « Mise en application de la nouvelle réglementation thermique algérienne du bâtiment », *Revue des Énergies Renouvelables*, vol. 20, no. 4, pp. 591–597, 2017. [En ligne]. Disponible sur : [https://www.cder.dz/download/Art20-4\\_5.pdf](https://www.cder.dz/download/Art20-4_5.pdf)

[3] : *Document Technique Réglementaire DTR C 3.2/4 – Réglementation Thermique du Bâtiment*, Ministère de l'Habitat, de l'Urbanisme et de la Ville, Algérie, 2016.

[4] AFNOR, *NF EN 832 – Performance thermique des bâtiments – Calcul des besoins d'énergie pour le chauffage – Bâtiments résidentiels*, août 1999. [En ligne]. Disponible: <https://www.boutique.afnor.org/fr-fr/norme/nf-en-832/performance-thermique-des-batiments-calcul-des-besoins-denergie-pour-le-cha/fa027164/10827>

[5] AFNOR, *NF EN 12831-1 – Chauffage des bâtiments – Méthode de calcul des déperditions calorifiques – Partie 1 : Déperditions calorifiques de base – Méthode de calcul*, Association Française de Normalisation, 2022. [En ligne]. Disponible : <https://www.boutique.afnor.org>

[6] ISO, *ISO 13790:2008 – Performance énergétique des bâtiments — Calcul de la consommation d'énergie pour le chauffage et le refroidissement*, International Organization for Standardization, mars 2008. [En ligne]. Disponible : <https://www.iso.org/standard/41974.html>

[7] ISO, *ISO 52016-1:2017 – Energy performance of buildings — Energy needs for heating and cooling, internal temperatures and sensible and latent heat loads — Part 1: Calculation procedures*, International Organization for Standardization, 2017. [En ligne]. Disponible : <https://www.iso.org/standard/65696.html>

[8] AFNOR, *NF EN ISO 52016-1 – Performance énergétique des bâtiments – Besoins d'énergie pour le chauffage et le refroidissement, températures intérieures et charges sensibles et latentes – Partie 1 : Méthodes de calcul*, Association Française de Normalisation, 2017. [En ligne]. Disponible : <https://www.boutique.afnor.org>

[9] ASHRAE, *ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1-2022 – Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings*, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, GA, 2022. [En ligne]. Disponible : <https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/standard-90-1>

[10] Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie, *Réglementation thermique 2012 – Règles générales et méthodes de calcul*, France, 2012.

[11] Ministère de la Transition Écologique, *Réglementation Environnementale 2020 (RE 2020) – Présentation et objectifs*, République Française, 2022

[12] Mémoire de BENLECHEHEB KHADIDJA et BENALLOU NAWAL (Etude d'une installation de chauffage à eau chaude d'une Ecole située dans la wilaya de Ain Defla) la Promotion 2017/2018. [En ligne]. Disponible : <https://fr.scribd.com/document/598867553/Memoire>.

[13] Mémoire de DJABALI Fatiha et HAMMADI Saliha (Étude et calcul du chauffage centralisé pour une école à la ville de Khemis Miliana) Promotion 2017/2018.



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen

## Business Model Canvas

# BMC

**Nom du projet :** Développement d'une application numérique pour la conception et contrôle énergétique des bâtiments

**N° de projet :** FT-021

**Présentée par :**

- MORSLI Fatima Zohra

**Encadré par :**

- Dr. MAACHOU Omar

- Dr. DAHHAOUI Hachimi

Année universitaire : 2024/2025



## Table des matières

### **1- Proposition de valeur**

- a) Quels sont les problèmes que nous résolvons pour nos clients ?
- b) Quels sont les besoins de nos clients qui satisfont nos services ?
- c) En quoi notre offre est-elle différente de celle de nos concurrents ?
- d) Quelle est notre proposition unique ?

### **2-Segments de clientèle**

- a) Qui sont nos principaux clients ?
- b) Quels sont les différents segments de clientèle que nous ciblons ?
- c) Quels sont les besoins spécifiques de chaque segment de clientèle ?
- d) Comment pouvons-nous classer nos clients en groupes distincts ?

### **3-Relations avec les consommateurs**

- a) Quel type de relation chaque segment client attend-il de nous ?
- b) Comment pouvons-nous entretenir des relations avec nos clients ?
- c) Comment pouvons-nous personnaliser nos interactions avec nos clients?

### **4-canaux de distribution**

- a) Par quels canaux nos clients veulent-ils être atteints ?
- b) Quels canaux sont les plus efficaces pour atteindre chaque segment de clientèle ?
- c) Comment pouvons-nous intégrer les différents canaux pour améliorer l'expérience client ?

### **5-Partenariats clés**

- a) Qui sont nos principaux partenaires ?
- b) Quels partenariats nous aident à réduire les coûts, accéder à de nouvelles ressources ou améliorer notre service Proposition ?
- c) Comment pouvons-nous aligner nos intérêts sur ceux de nos partenaires ?



## 6-Activités principales

- a) Quelles mesures clés devons-nous prendre pour offrir notre proposition de valeur ?
- b) Quelles opérations sont essentielles pour notre entreprise ?
- c) Quelles activités créent le plus de valeur pour nos clients ?

## 7-Ressources clés

- a) Quelles sont les ressources humaines tangibles et intangibles ?
- b) De quels outils, technologies ou partenariats avons-nous besoin pour réussir ?
- c) Quels sont les principaux avantages concurrentiels de nos ressources ?

## 8-Charges et Coût

- a) Quels sont les coûts fixes et variables associés à notre modèle économique ?
- b) Quels sont les plus gros coûts de notre entreprise ?
- c) Comment pouvons-nous réduire les coûts ou améliorer l'efficacité de nos opérations ?

## 9-Revenus

- a) Pour quels produits ou services nos clients sont-ils prêts à payer ?
- b) Quelles sont les différentes façons dont nous pouvons générer des revenus ?
- c) Quel est notre modèle de tarification ?

## 1- Proposition de valeur (Value Proposition) القيمة المقترحة

### a. Quels problèmes résolvons-nous pour nos clients ?

**EffiCal** est une entreprise partenaire pour optimiser l'efficacité énergétique des bâtiments, C'est un outil numérique qui donne une étude complète de dimensionnement de chauffage suivant la réglementation algérienne

Le marché énergétique algérien contient des nombreux problèmes mais nous avons analysé certain problème nécessaire rencontré par nos clients et tenté de les résoudre un par un grâce à une équipe collaborant avec les technologies actuelles, vous trouverez ci-dessous une liste des problèmes que nous tentons de résoudre grâce à EffiCal :

1. Réduire la complexité des calculs de dimensionnement de chauffage
2. EffiCal permet de la diminution du temps consacré à la compréhension de norme puisqu'il contient des lois complexes et volumineux
3. plus que le calcul de puissance de chauffage, EffiCal donne aussi le dimensionnement de l'installation, Elle nous permet donc d'estimer les besoins énergétiques d'une manière exhaustive et précise
4. L'application garantit la conformité aux normes nationales pour éviter les erreurs coûteuses et diminuer le gaspillage d'énergie pour un bâtiment efficace
5. EffiCal propose aux ingénieurs des solutions en cas de non-conformité et permet d'exporter l'ensemble des calculs vers un fichier Excel, facilitant ainsi l'archivage et le partage des résultats.

### b. Quels besoins de nos clients satisfont nos produits ou services ?

1. EffiCal via sa interface donne un calcul précis et fiable qui est un grand besoin par nos clients
2. L'application se définit comme une interface particulièrement intuitive, dont l'ambiance générale est simple, il est impératif que l'utilisateur se concentre sur les fonctionnalités et évite de s'égarer dans une interface complexe
3. C'est une assistance pour respecter la réglementation thermique Algérienne

### c. En quoi notre offre est-elle différente de celle de nos concurrents ?

1. EffiCal présente la première à l'échelle nationale dédiée au dimensionnement de chauffage avec l'installation selon la réglementation thermique Algérienne

## d. Quelles est notre proposition unique de valeur ?

1. L'utilisation des nouvelles technologies pour combiner la précision et la conformité réglementaire
2. La numérisation et la diversification des besoins des clients, nos services (Via l'application) seront conçus d'une manière à satisfaire les besoins de nos clients en qualité et précision requises.
3. Le client sera l'acteur de nos services en l'associant à l'évaluation et l'amélioration de la qualité de nos prestations.
4. L'application sera à la disposition de tous nos clients avec une facilité d'utilisation
5. L'application sera réactive et subira des mises à jour permanentes pour une meilleure adaptation de services aux attentes de nos clients.

## 2- Segments de clients (Customer Segment) العملاء أنواع :

### a. Quels sont nos principaux clients ?

Nos principaux clients sont :

1. les ingénieurs thermiciens, les propriétaires de projets, Fournisseurs de systèmes de chauffage
2. Distributeurs de matériaux, Fabricants d'équipements thermiques
3. Le ministère de l'Énergie, la direction de l'Équipement public et la direction du Logement.

### b. Quels sont les différents segments de clients que nous visons ?

Les différents segments de clients que nous visons sont :

#### -1. Institution publique :

- Ministère de l'énergie
- Direction de l'équipement public
- Direction de logement

#### -2. Institution privée :

- les ingénieurs en énergie et bâtiment
- Propriétaires de projets
- Fournisseurs de systèmes de chauffage
- Distributeurs de matériaux
- Fabricants d'équipements thermiques

### c. Quels sont les besoins spécifiques de chaque segment de clients ?

Les besoins spécifiques de chaque segment de nos clients sont :

- 1. Pour les institutions publiques :** Leurs besoins sont Garantir la conformité aux normes énergétiques nationales, contrôler et valider les installations thermiques, et vérifier l'efficacité énergétique des projets publics
- 2. Pour les institutions privées :** ils ont besoin de simplifier et accélérer les calculs thermiques, assurer la précision des dimensionnements pour éviter les surconsommations, obtenir une note de calcul détaillée accompagnée de conseils
- 3. Techniques adaptées,** optimiser les coûts d'installation tout en respectant les normes Algérien et disposer d'un outil efficace pour justifier les choix techniques.

### 3- Relation avec les clients (Consumer Relationship) علاقة مع العملاء :

#### a. Quel type de relation chaque segment de clients attend il de nous ?

- 1. Relation transactionnelle :** il s'agit principalement d'une relation transactionnelle axée sur la fourniture d'un service efficace répondant à leurs besoins immédiats.
- 2. Relations axées sur la personne :** elles se caractérisent par l'accent mis sur l'établissement de la confiance, de la loyauté et de l'engagement à long terme.
- 3. Une relation personnelle de grande valeur et dédiée :** hautement stratégique et mutuellement bénéfique. Nous offrons cette relation par le biais d'expériences sur mesure et nous engageons à maintenir leur fidélité.
- 4. Relation de c-crédation :** Établir une collaboration active avec les parties prenantes du secteur énergétique et du bâtiment tels que Le Centre de Développement des Énergies Renouvelables (CDER) ou sonelgaz afin de développer et améliorer en continu des solutions numériques durables, conformes aux normes, pour le dimensionnement énergétique efficace des bâtiments.

#### b. Comment entretenons-nous actuellement les relations avec nos clients ?

- 1. Offrir un service client exceptionnel (service après-vente, incentives) :** pour renforcer la confiance et la fidélité, surtout dans un domaine technique comme le dimensionnement énergétique.

2. Proposer des réductions à nos clients fidèles
3. Personnalise les interactions pour Améliorer l'expérience utilisateur et montre que tu comprends les besoins spécifiques de chaque client (ingénieur, institution, fabricant)
4. Communiquer régulièrement pour Maintenir l'engagement et informer les utilisateurs des nouveautés, mises à jour réglementaires ou fonctionnalités.
5. Suivre et écouter les retours Essentiel pour améliorer l'application selon les attentes réelles des utilisateurs.
6. Intégrer les clients au sein d'une communauté via un forum en ligne pour Créer une base collaborative où les professionnels peuvent s'entraider et échanger des solutions concrètes
7. Être transparent et authentique Renforce la crédibilité de ton projet, notamment vis-à-vis des institutions publiques
8. Continuer à innover grâce aux retours clients pour Assurer la pertinence et la compétitivité continue d'EffiCal sur le marché
9. Assurer un suivi et témoigner de notre reconnaissance pour les retours précédents pour Humaniser la relation et valorise l'implication des utilisateurs

### c- Comment pouvons-nous améliorer ou personnaliser nos interactions avec nos clients ?

1. Écouter et répondre aux commentaires
2. Proposer du contenu et des expériences sur mesure : Adapter l'interface et les recommandations techniques en fonction du profil utilisateur (ingénieur, institution publique, fabricant, etc.).
3. Collecter des données clients (témoignages)
4. Segmenter la clientèle : Identifier des catégories de clients (institutionnels, privés, fabricants, etc.) afin de leur proposer des services, des communications et des fonctionnalités ciblées et adaptées à leurs besoins spécifiques

#### 4- Canaux de distribution (Channel) قنوات التوزيع :

##### A- Par quels canaux nos clients veulent-ils être atteints ?

Pour l'application EffiCal, nos clients souhaitent être atteints par les canaux suivants :

1. **Application mobile et web** : pour un accès rapide, directe et fonctionnel
2. **E-mail professionnel** : pour recevoir des rapports, notifications, mises à jour et assistance technique.
3. **Site web officiel** : pour accéder aux informations, télécharger l'application, consulter la documentation et contacter le support.

4. **Réseaux sociaux professionnels (LinkedIn, Facebook)** : pour suivre les actualités du projet
5. **Présence lors de salons, conférences ou événements liés à l'énergie et au bâtiment** : pour un contact direct avec les professionnels du domaine

### a- Quels canaux sont les plus efficaces pour atteindre chaque segment de clients ?

1. **E-mail** : nous utilisons e-mail pour communiquer avec nos clients et leur faire part de leurs besoins et des problèmes qu'ils rencontrent avec notre application, afin que nous puissions les aider.
2. **Réseaux sociaux** : utiliser les réseaux sociaux pour montrer ce que nous faisons et comment nous développons notre EffiCal
3. **Application mobile et site web** : pour un accès direct, rapide et fonctionnel à l'outil de dimensionnement de chauffage.

### b- Comment pouvons-nous intégrer différents canaux pour améliorer l'expérience clients ?

1. **Unification des données clients** : collecte et analyse des données provenant de différents canaux au sein d'une gestion centralisée de la relation client
2. Pour améliorer l'expérience client, EffiCal peut permettre aux utilisateurs de naviguer entre les différents canaux (site web, application mobile, e-mail, réseaux sociaux) sans avoir à répéter leurs informations

## 5-Partenaires clés (Key Partnerships) : الشراكة الرئيسية

### a. Qui sont nos partenaires clés ?

Les partenaires clés pour EffiCal sont :

1. **CDER (Centre de Développement des Énergies Renouvelables)** : pour l'expertise en efficacité énergétique et l'innovation.
2. **GIZ (Coopération technique allemande)** : pour l'appui en développement durable et l'intégration de bonnes pratiques.
3. **Sonelgaz** : pour l'accès aux données énergétiques, les collaborations techniques et la diffusion de l'outil à grande échelle.

**4. Sociétés de fabrication et distribution de systèmes de chauffage** : pour valider les solutions techniques et proposer des équipements compatibles.

**5. Bureaux d'études et ingénieurs-conseils** : pour tester, améliorer et diffuser l'application auprès des professionnels du terrain

## **b. Quels sont les partenariats qui nous aident à réduire les coûts, à accéder à de nouvelles ressources ou à améliorer notre proposition de valeur ?**

**1. Alliances stratégiques** impliquant des partenariats avec des entreprises ou des organisations pour atteindre des objectifs communs

**2. Partenaires financiers** qui fournissent des fonds pour soutenir la croissance et le fonctionnement de l'entreprise.

**3. Partenaires marketing et publicitaires** qui contribuent à promouvoir les services via divers canaux, tels que le marketing numérique.

**4. Les partenaires de recherche et développement**, notamment les universités et instituts techniques, contribuent à l'amélioration continue d'EffiCal, au développement de nouvelles fonctionnalités et à la validation scientifique des calculs proposés

## **c. Comment pouvons-nous aligner nos intérêts avec ceux de nos partenaires ?**

**1.** investir dans les études de marché et l'analyse des données d'utilisation pour mieux comprendre les besoins de nos clients et partenaires, optimiser notre offre et renforcer la pertinence des fonctionnalités proposées

**2.** Donner la priorité à la satisfaction du client et souligner l'importance de le mettre en premier

**3.** Communiquer de manière transparente et honnête

**4.** Personnaliser l'expérience client sur différents canaux et prendre en compte leurs réactions.

**5.** Prendre en compte les retours d'expérience recueillis via des sondages et des avis sur différents canaux

**6.** Établir des relations durables

### Les choses que nous obtiendrons pour notre entreprise sont :

1. Une meilleure visibilité sur le marché de l'efficacité énergétique en Algérie
2. Une position de pionnier en tant que première application nationale conforme à la DTR C 3.2/4.
3. Une contribution directe à la transition énergétique et à la réduction de la consommation d'énergie dans les bâtiments.
4. La confiance des professionnels du bâtiment et de l'énergie grâce à la fiabilité des résultats fournis

### 6-Activités clés (Key Activities) : الأنشطة الرئيسية :

#### a. Quelles sont les actions principales que nous devons entreprendre pour livrer notre proposition de valeur ?

L'objectif de cette start-up est de cibler le premier outil numérique à l'échelle nationale pour le dimensionnement de chauffage selon la réglementation algérienne avec une vérification de conformité, pour atteindre cet objectif, nous avons entreprendre des actions tels que :

1. **Utiliser les bons outils et ressources techniques** : nous devons investir dans des technologies adaptées, notamment des outils de développement logiciel robustes et une base de données réglementaire fiable.
2. **Mettre en place une procédure rigoureuse et éprouvée** : il est essentiel d'établir un processus clair de développement, test, validation et mise à disposition de l'application, garantissant la fiabilité des calculs.
3. **Réaliser une étude de marché approfondie** : Comprendre les besoins des Utilisateurs finaux (ingénieurs, maîtres d'œuvre, institutions) est indispensable pour Créer une solution qui apporte une réelle valeur ajoutée au marché énergétique
4. **la simplicité d'utilisation, la rapidité des calculs et la conformité réglementaire**, Qui différencient notre application sur le marché.
5. **Construire la confiance et la crédibilité** : En tenant nos engagements de qualité, de Fiabilité et de conformité, nous établirons une relation durable avec nos clients et Partenaires

## b. Quelles sont les opérations essentielles pour notre entreprise ?

1. Planification et gestion stratégiques pour guider et orienter la croissance de l'entreprise.
2. Gestion de la qualité : garantir la conformité du service commercialisé.
3. Tirer parti des avancées technologiques pour améliorer l'efficacité et la compétitivité à l'ère actuelle
4. Recruter des employés talentueux pour constituer une main-d'œuvre qualifiée et motivée pour l'entreprise.
5. Gestion de la chaîne d'approvisionnement pour garantir la bonne circulation des biens et services des fournisseurs aux clients.
6. La gestion des ressources financières, la budgétisation et les prévisions sont essentielles pour maintenir la santé financière et assurer la pérennité de l'entreprise.
7. Offrir un service et une assistance client exceptionnels est essentiel pour fidéliser et renforcer la confiance des clients.

## c. Quelles sont les activités qui créent le plus de valeur pour nos clients ?

1. Il est essentiel de fournir des services de qualité répondant à leurs attentes.
2. Proposer des services innovants capables de résoudre les problèmes des clients.
3. Offrir une expérience client réactive, utile et personnalisée tout au long du parcours client.
4. Proposer des ressources pédagogiques, des tutoriels et des informations pour aider les clients et les sensibiliser.
5. Communiquer ouvertement et honnêtement avec les clients sur les services créés de la valeur en renforçant la confiance et la crédibilité.
6. Créer un sentiment de communauté sur les plate-forme par lesquelles les gens nous contactent

## 7- Ressources clés (Key resources) : الموارد الرئيسية

### a. Quels sont nos actifs matériels, immatériels et humains essentiels ?

Les ressources tangibles sont définies comme des actifs physiques possédés par une entreprise. Leur caractéristique principale réside dans leur fiabilité ainsi que leur visibilité.

#### Exemples :

**1. Technologie :** ce sont les machines nécessaires à la distribution de nos services : ordinateurs, logiciels, outils de calcul thermique et plate-forme numériques (web et mobile) pour concevoir et faire fonctionner l'application EffiCal.

**2. Infrastructure numérique :** l'hébergement web sécurisé, systèmes de gestion de contenu et outils de déploiement.

**3. Ressources financières :** notre entreprise a également besoin de fonds pour démarrer son activité, et les solutions pour les obtenir sont : l'argent provenant des économies personnelles et des investissements, les prêts bancaires et le crédit, la famille et les amis, les partenariats stratégiques.

Les ressources immatérielles sont définies comme des actifs non physiques qui contribuent à la valeur d'une entreprise, mais qui ne peuvent pas être perçus visuellement.

#### Elles comprennent :

**1.** Le capital humain se définit comme l'ensemble des compétences, des connaissances et des capacités des employés.

**2. Partenariats stratégiques :** Collaboration avec des institutions comme l'APRUE, le CDER, la GIZ, Sonelgaz pour promouvoir l'usage à grande échelle.

Les deux types de ressources mentionnés sont des éléments cruciaux pour assurer la réussite d'une entreprise. Une gestion et une exploitation efficaces de ces ressources peuvent offrir un avantage concurrentiel sur le marché.

## b. Quels sont les outils, les technologies ou les partenariats dont nous avons besoin pour réussir ?

- 1. Alliances stratégiques** : représentent des partenariats établis avec d'autres entités, qu'il s'agisse d'entreprises ou d'organisations, dans le but d'atteindre des objectifs partagés.
- 2. Partenaires financiers** : Ces ressources financières sont essentielles pour le développement et la viabilité de l'entreprise.
- 3. Partenaires en marketing et publicité** : aident à promouvoir les produits ou services via différents canaux tels que le marketing digital.
- 4. Partenaires en recherche et développement** : notamment les universités et centres de recherche technique pour Co-développer de nouvelles fonctionnalités
- 5. Plateforme numérique intégrée** : incluant application mobile, tableau de bord, gestion des comptes utilisateurs, paiement en ligne, etc.

## c. Quels sont les principaux avantages concurrentiels de nos ressources ?

- 1. Avantage technologique** : EffiCal présente la première application nationale conforme à la DTR C 3.2/4, avec des algorithmes de calcul fiables et automatisés.
- 2. Avantage de partenariat** : cela permet de tirer parti de notre réseau avec d'autres entreprises et clients pour obtenir un avantage sur nos concurrents.
- 3. Avantage d'innovation continue** : en intégrant les retours des utilisateurs et en collaborant avec les universités, EffiCal évolue constamment pour répondre aux nouveaux défis énergétiques.
- 4. Avantage de coût** : l'objectif est de donner une note de calcul précise, fiable et conforme tout en réduisant considérablement le temps, les erreurs humaines et les coûts associés aux méthodes traditionnelles. Contrairement à des solutions manuelles ou à des logiciels coûteux développés à l'étranger, EffiCal propose un outil localisé, optimisé pour la réglementation algérienne, à un coût bien inférieur, ce qui le rend plus accessible aux professionnels du secteur.

## 8- Charges et coûts (Coste structure) : التكاليف

### a. Quels sont les coûts fixes et variables associés à notre modèle économique ?

Les coûts fixes sont supportés indépendamment du fait que l'entreprise génère ou non des revenus. Ils sont associés au maintien de la capacité de production.

Parmi eux, notre modèle économique comprend :

- Développement de l'application e et sa mise sur une plateforme téléchargeable & site web
- Salaires
- Loyer
- Charges (eau, électricité, internet)
- Matériel (ordinateurs, mobilier)
- Assurances, impôts, divers

#### **Les coûts variables :**

Ces coûts sont des dépenses qui fluctuent en proportion directe avec les changements de production. Ces coûts

Augmenter au fur et à mesure que les niveaux de production augmentent.

Il s'agit notamment des éléments suivants :

- Maintenance technique
- Le marketing

Projection financière pour les années 1 à 5 :

Dépenses	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
Développement & Maintenance	800 000.00 + 60 000.00 = 860 000.00	200 000.00 + 70 000.00 = 270 000.00	50 000.00 + 80 000.00 = 130 000.00	50 000.00 + 90 000.00 = 140 000.00	50 000.00 + 100 000.00 = 150 000.00
Marketing	60 000.00	100 000	120 000.00	140 000.00	100 000.00
Salaires (2×30 000/mois)	720 000.00	720 000.00	720 000.00	720 000.00	720 000.00
Loyer	180 000.00	180 000.00	180 000.00	180 000.00	180 000.00
Charges diverses	60 000.00	70 000.00	80 000.00	90 000.00	100 000.00
Matériel	100 000.00	40 000.00	40 000.00	40 000.00	40 000.00
Assurances & Impôts	80 000.00	90 000.00	100 000.00	120 000.00	140 000.00
<b>Total Dépenses</b>	<b>2 060 000.00</b>	<b>1 470 000.00</b>	<b>1 390 000.00</b>	<b>1 470 000.00</b>	<b>1 560 000.00</b>

### b. Quels sont les coûts les plus importants pour notre entreprise ?

Les coûts les plus importants pour cette entreprise est le coût de développement de l'application et sa mise sur une plateforme téléchargeable et le site web

Dépense de marketing : Investir dans des stratégies de marketing pour attirer Clients

### c. Comment pouvons-nous réduire les coûts ou améliorer l'efficacité de nos opérations ?

- Utiliser des outils open source et des technologies cloud économiques, pour réduire les coûts de développement et d'hébergement.
- Établir des partenariats avec des institutions ou universités
- Analyser les retours utilisateurs pour cibler les investissements sur les améliorations prioritaires, et éviter les dépenses inutiles
- Optimiser les campagnes de communication via le marketing digital ciblé

## 9- Revenus (Revenue) : مصادر الدخل

### a. Quels produits ou services nos clients sont-ils prêts à payer ?

- L'accès à l'application EffiCal
- La génération de notes de calcul complètes et conformes
- Des services personnalisés (conseils techniques)

### b. Quels sont les différents moyens par lesquels nous pouvons générer des revenus ?

- Abonnements mensuels ou annuels pour l'application
- paiement par session pour le site web

### c. Quel est notre modèle de tarification ?

#### 1- Modèle de conversion et Répartition des Utilisateurs :

Élément	Valeur
Nombre total d'utilisateurs (freemium)	1000
Taux de conversion premium	40%
<b>Utilisateurs payants</b>	<b>400</b>



La répartition de ces 400 utilisateurs entre les différents abonnements a été fixée ainsi :

- Mensuel  $\rightarrow 60\% \rightarrow 400 \times 60\% = 240$  utilisateurs
- Annuel  $\rightarrow 40\% \rightarrow 400 \times 40\% = 160$  utilisateurs

## **2- Revenus – Application Mobile**

- Prix d'abonnement mensuel : 1 500 DA

- Prix d'abonnement annuel : 4000 DA

### **a- Revenus des abonnements mensuels :**

Nombre d'utilisateurs mensuels : 240

Prix mensuel : 1 500 DA

Durée : 12 mois

### **- Calcul du revenu annuel par utilisateur :**

$1\,500\text{ DA} \times 12 = 18\,000.00\text{ DA/an}$

### **- Calcul du revenu total annuel pour 240 utilisateurs :**

$240 \times 18\,000\text{ DA} = 4\,320\,000.00\text{ DA}$

### **b- Revenus des abonnements annuels :**

$160\text{ utilisateurs} \times 4\,000\text{ DA} = 640\,000.00\text{ DA}$

### **Total application :**

$\rightarrow 4\,320\,000.00 + 640\,000.00 = 4\,960\,000.00\text{ DA}$

## **3- Revenus – Site Web :**

pour le site web , le modèle de revenue est le suivant :

- 400 utilisateurs payants
- 2 sessions (chaque session 7h) /an  $\times 700\text{ DA} = 1\,400\text{ DA/an}$
- $400 \times 1\,400 = 560\,000.00\text{ DA}$

#### 4- Synthèse des Revenus – Année 1

Source	Total (DA)
Application Mobile	4 960 000.00
site web	560 000.00
<b>Total Revenus</b>	<b>5 520 000.00</b>

#### 5- Résultat Net – Année 1

Indicateur	Montant
Revenus	5 520 000.00 DA
Dépenses	2 060 000.00 DA
<b>Bénéfice brut</b>	<b>3 460 000.00 DA</b>
<b>Rentabilité brute</b>	<b><math>(3\,460\,000.00 \div 5\,520\,000.00) \times 100 \approx 62,7 \%</math></b>

### 6- Projection des revenus (croissance +15 à 20 %/an)

**Nouvelle Valeur = Valeur initiale × (1 + pourcentage de croissance)**

Source de revenus	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
<b>App Mobile</b>	4 960 000.00	5 800 000.00	6 700 000.00	7 600 000.00	8 500 000.00
<b>site web</b>	560 000.00	700 000.00	850 000.00	1 000 000.00	1 200 000.00
<b>Total Revenus</b>	5 520 000.00	6 500 000.00	7 550 000.00	8 600 000.00	9 700 000.00

### 7- Résultat Net

Année	Revenus (DA)	Dépenses (DA)	Bénéfice Brut (DA)	Rentabilité (%)
<b>Année 1</b>	5 520 000.00	2 060 000.00	3 460 000.00	62,7 %
<b>Année 2</b>	6 500 000.00	1 470 000.00	5 030 000.00	77,4 %
<b>Année 3</b>	7 550 000.00	1 390 000.00	6 160 000.00	81,6 %
<b>Année 4</b>	8 600 000.00	1 470 000.00	7 130 000.00	82,9 %
<b>Année 5</b>	9 700 000.00	1 560 000.00	8 140 000.00	83,9 %



# Business Model Canvas : BMC

## Partenaires clés Key Partnerships

الشراكة الرئيسية

- CDER (Centre de Développement des Énergies Renouvelables)
- GIZ (Coopération technique allemande)
- Sonelgaz
- fabricants et distributeurs des systèmes de chauffage

## Activités clés Key Activities

الأنشطة الرئيسية

- Utiliser les bons outils numériques et une base de données réglementaire fiable
- étude de marché
- amélioration continue
- Mise à jour selon la réglementation

## Ressources clés Key resources

الموارد الرئيسية

- la bases de données (Data) Technologie
- Ressources financières (prêts bancaires et crédits)
- Capital humain (compétences des employés)
- Partenariats stratégiques avec d'autres entreprises donnant

## Proposition de valeur Value Proposition

القيمة المقترحة

- Application propose une étude complète de dimensionnement thermique et hydraulique de chauffage
- Technologies et solutions innovantes conforme à la réglementation algérienne
- Calculs fiables, précis et automatisés
- Garantie de la conformité aux norme national
- Gain de temps et réduction des erreurs
- Fourniture d'une note de calcul avec conseils techniques
- Première application nationale dans ce domaine

## Relation clients Consumer Relationship

علاقة مع العملاء

- Relations transactionnelles
- Clients orientés vers les relations
- Clients à forte valeur ajoutée
- Proposer des réductions à nos clients fidèles
- E-mails sur les réseaux sociaux

## Canaux de distribution Channels

قنوات التوزيع

- Application mobile et web
- Site web officiel
- Marketing sur les réseaux sociaux (LinkedIn, Facebook)
- Publicité à la télévision et à la radio

## Segment client Customer Segment

أنواع العملاء

- Ingénieurs thermiciens
- Bureaux d'études
- Propriétaires de projets
- Ministère de l'Énergie
- Direction de l'Équipement Public

## Coûts Cost structure

التكاليف

- Développement de l'application & du site
- Maintenance technique
- Marketing
- Salaires des employés
- Loyer du bureau
- Charges, Matériel, Assurances, impôts

**Total des dépenses estimées : 2 060 000.00 DA**

## Revenus (Revenue) : مصادر الدخل

- Abonnements mensuels ou annuels pour l'application
- paiement par session pour le site web

**- Total Revenus : 5 520 000.00 DA**

**- Bénéfice Brut : 3 460 000.00 DA**

**62,7 %**

