

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
ECOLE POLYTECHNIQUE D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME

-EPAU -

Laboratoire : ARCHITECTURE ET ENVIRONNEMENT



Mémoire Pour l'obtention du diplôme de
**MASTER EN ARCHITECTURE
ET ENVIRONNEMENT**

L'EFFET DE L'ENVELOPPE ARCHITECTURALE SUR LE CONFORT THERMIQUE

Application de RETA sur la résidence Alliance Panorama

Dirigé par :

Dr. CHEBAIKI-ADLI

Présenté et soutenu par :

Melle. MERIDJI Rofida.

Devant le jury composé de :

-Président : Pr. KEHILA Youcef, enseignant, LAE.

-Examinatrice : Mme ABDELLATIF Asma, enseignante, VUDD.

-Examinatrice : Mme TIZOUIAR Wahiba, enseignante, LVAP.

Février 2017

Résumé

Ces dernières années, nous assistons en Algérie à une réalisation multiple et intense des projets d'habitations, qui ne semblent pas répondre aux normes du confort thermique. Ceci revient au non-respect et à la méconnaissance de la réglementation thermique durant la conception des bâtiments, où les deux paramètres fonctionnel et architectural sont mis en avant par rapport à celui de l'économie des énergies.

C'est dans cette optique que s'intègre notre travail de recherche en master. Nous nous intéressons au confort thermique dans l'habitat qui peut être assuré par l'enveloppe architecturale, ainsi que la prise en considération des paramètres de l'architecture bioclimatique durant la conception architecturale.

Pour cela, nous avons focalisé nos intérêts, dans cette recherche sur la notion de confort thermique et ses réglementations, puis sur l'influence de la performance de l'enveloppe sur ce dernier.

Pour arriver à nos objectifs, nous avons simulé à l'aide du logiciel de la réglementation thermique algérienne RETA, le cas de la RESIDENCE ALLIANCE PANORAMA, afin d'évaluer le niveau du confort thermique dans cette résidence. Les résultats de cette simulation démontrent la non-conformité du projet à la réglementation thermique algérienne, durant toute l'année.

Afin de pouvoir remédier à cette non-conformité, nous présentons à la fin de cette recherche, des recommandations pour l'amélioration de l'isolation thermique de l'enveloppe du cas d'étude, chose qui fut ressentie à travers l'amélioration du comportement thermique du projet.

Mots clés : confort thermique, réglementation thermique algérienne, enveloppe, habitat, RETA.

ملخص

في السنوات الأخيرة، تشهد الجزائر تحقيق متعدد ومكثف للمشاريع السكنية، التي لا تقوم بتلبية المتطلبات التنظيمية من حيث الراحة الحرارية. هذا يعود إلى تجاهل وعدم احترام التنظيم الحراري أثناء تصميم المباني، حيث يتم إعطاء الأولوية للجانبين العملي والهندسي على حساب جانب استهلاك الطاقات.

في هذا السياق يندمج عملنا المتمثل في بحث الماستر، الذي يهتم بالتركيز على الراحة الحرارية في المباني السكنية بواسطة الغطاء المعماري، بالإضافة إلى أخذ عوامل الهندسة المعمارية المستدامة بعين الاعتبار أثناء التصميم الهندسي .

لهذا، فقد أولينا اهتمامنا في هذا البحث على مفهوم الراحة الحرارية وأنظمتها، وتأثير أداء الغطاء على ذلك.

ل للوصول إلى أهدافنا، قمنا بإظهار المبنى السكني ALLIANCE PANORAMA باستخدام برنامج النظام الحراري الجزائري RETA ، حتى نتمكن من تقييم مستوى الراحة الحرارية داخل المسكن. نتائج الأظهار تبين عدم توافق المشروع مع النظام الحراري الجزائري، على مدار السنة. من أجل تصحيح ذلك، نقدم في نهاية هذا البحث، توصيات لتحسين العزل الحراري للغطاء المعماري لدراسة الحالة، وهذا ما لوحظ من خلال تحسين السلوك الحراري للبناء.

الكلمات المفتاحية:

الراحة الحرارية، النظام الحراري الجزائري، الغطاء المعماري، المسكن، RETA.

Summary

Recently, Algeria has witnessed a multiple and intense realization of housing projects, which do not seem to apply the regulatory requirements, in terms of thermal comfort. Due to disrespect and ignorance of the thermal regulation during the construction of buildings, the functional and architectural parameters were prioritized at the expense of energy savings.

It is in this perspective that our research for the Master degree is centered. We are interested in the thermal comfort in the residence, which can be ensured by the architectural envelope, as well as the parameters of the bioclimatic architecture, which are taken into account during the architectural design.

For this purpose, we have focused our interests in this research on the concept of thermal comfort and its regulations, and then on the influence of the envelope's performance on the latter.

To achieve our objectives, we simulated the case of RESIDENCE ALLIANCE PANORAMA using the Algerian thermal regulation RETA to assess the level of thermal comfort in this residence. The results of this simulation demonstrate the project's non-conformity with the Algerian thermal regulations throughout the year. In order to fix this nonconformity, we will present at the end of this research, recommendations to improve the envelope's thermal isolation of the case study, which was felt through the improvement of the thermal changes of the project.

Key words: thermal comfort, Algerian thermal regulation, envelope, habitat, RETA

REMERCIEMENTS

Je remercie dieu le tout puissant de m'avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de Dr. CHEBAIKI-ADLI, je la remercie pour son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant ma préparation de ce mémoire.

Je remercie par la même occasion Pr. KEHILA Youcef qui a accepté de présider le jury. Ainsi que Mme ABDELLATIF Asma et Mme TIZOUIAR Wahiba d'avoir accepté examiner et critiquer ce modeste travail.

Je tiens aussi à remercier ma mère sans laquelle je ne serais jamais arrivée là où je suis, ma sœur, mon frère, mes oncles, mes cousines et toute ma famille qui a toujours été là les moments les plus durs.

Enfin un grand merci à mes amies (Aicha, Hamida, Meriem et Zahoua) pour leurs aides et leurs soutiens.

A tous et toutes, merci.

Dédicace

Je dédie cette modeste contribution dans la recherche scientifique à :

*Ma mère, mon père (qu'il repose en paix), mes sœurs, mon frère et mes grands
parents*

Ainsi qu'à toute ma famille

A toutes mes amies

- LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Structure et logique du mémoire.....	06
Figure 2: Echelle de sensation thermique de l'ASHRAE.....	14
Figure 3: La relation entre le pourcentage d'insatisfaits PPD et le vote moyen PMV.....	15
Figure 4: les deux Modèles adaptatif et statique pour les bâtiments à ventilation naturelle...16	
Figure 5 : les deux Modèles adaptatif et statique pour les bâtiments climatisés.....	17
Figure 6 : Les performances de l'enveloppe architecturale.....	22
Figure 7 : les protections solaires fixes.....	25
Figure 8: les protections solaires mobiles.....	26
Figure 9: les différents dispositifs du plancher bas.....	27
Figure 10 : exemples d'évolution des températures pour un logement collectif.....	28
Figure 11: Conductivités thermiques de quelques matériaux.....	29
Figure 12: Exemple des ponts thermiques à travers l'enveloppe du batiments.....	30
Figure 13: pont thermique ponctuel : le cas d'un poteau.....	31
Figure 14: pont thermique linéaire : le cas d'un balcon.....	31
Figure 15: Les déperditions thermiques d'une maison non isolée à travers son enveloppe..32	
Figure 16 : isolation thermique de l'enveloppe par l'intérieur.....	33
Figure 17: isolation thermique de l'enveloppe par l'extérieur.....	33
Figure 18: concepts de la stratégie du froid.....	34
Figure 19: concepts de la stratégie du chaud.....	36
Figure 20: Les déperditions thermiques d'une maison non isolée à travers son enveloppe..41	
Figure 21: Les déperditions thermiques d'une maison bien isolée à travers son enveloppe..42	
Figure 22: Les déperditions calorifiques totales selon le D.T.R C 3-2.....	44
Figure 23: Les Apports calorifiques totaux selon le D.T.R C 3-4.....	46
Figure 24: interface de TRNSYS.....	48
Figure 25: interface d'ArchiWIZARD.....	49
Figure 26: l'interface d'accueil de RETA.....	50
Figure 27: plan de situation de la RESIDENCEALLIANCEPANORAMA.....	55
Figure 28: Une vue sur les façades EST et SUD –OUEST de la résidence.....	56
Figure 29: Une vue sur les terrasses aménagées de la résidence.....	56
Figure 30: les différents niveaux de la RESIDENCEALLIANCEPANORAMA.....	57
Figure 31: plan du 2eme étage avec les 3appartements dans chaque bloc.....	57
Figure 32 : les entrées aux habitations et au parking depuis le cœur d'ilot.....	58
Figure 33: Les étapes de calcul avec RETA.....	58
Figure 34: interface pour créer un nouveau projet.....	59
Figure 35: l'interface de RETA pour ajouter une enveloppe et ses composantes.....	59
Figure 36: chauffage, climatisation et renouvellement d'air du menu enveloppe.....	60
Figure 37: rapport complet du menu enveloppe.....	60
Figure 38: les localisation géographique du projet.....	61
Figure 39: les localisation géographique du projet.....	61
Figure 40: les différents niveaux constituant l'enveloppe de l'habitation.....	62
Figure 41: la création de l'enveloppe d'habitation.....	62
Figure 42: la création de la parois opaque nord-est.....	63

Figure 43: un modèle créé pour déterminer les matériaux qui composent la paroi nord-est.	63
Figure 44: profil de température de l'intérieur vers l'extérieur de la paroi opaque.	63
Figure 45: la création de la paroi vitrée nord-est.	64
Figure 46 : la composition de la paroi vitrée nord-est.	64
Figure 47: la protection du vitrage en hiver dans la paroi nord-est.	65
Figure 48 : la protection du vitrage en été dans la paroi nord-est.	65
Figure 49: déterminer les surfaces ensoleillées de la paroi vitrée non protégée nord-est.	65
Figure 50: la création du plancher bas de l'enveloppe d'habitation	66
Figure 51: un modèle créé pour déterminer les couches qui composent le plancher bas	66
Figure 52: définir le local adjacent au plancher bas.	66
Figure 53: la création de la couverture de l'enveloppe d'habitation.	67
Figure 54: un modèle des couches qui composent la toiture inclinée non isolée.	67
Figure 55 : profil de température de l'intérieur vers l'extérieur de la toiture	67
Figure 56: les données de renouvellement d'air pour une enveloppe à usage d'habitation.	68
Figure 57: définition des données de chauffage	68
Figure 58: définition des données de climatisation.	68
Figure 59: synthèse des calculs et vérification réglementaire de l'habitation.	69
Figure 60: synthèse des échanges thermiques par transmission.	69
Figure 61: les déperditions thermiques et les apports des parois opaques de la toiture.	69
Figure 62: les déperditions thermiques et les apports des parois verticales.	70
Figure 63 : les déperditions thermiques et les apports des parois vitrées.	70
Figure 64 : les déperditions thermiques et les apports des parois opaques du plancher bas.	70
Figure 65: résultats de renouvellement et infiltration d'air à travers l'enveloppe	70
Figure 66: les résultats de dimensionnement de chauffage et climatisation à installer.	70
Figure 67: les déperditions thermiques et les apports des parois opaques de la toiture isolée.	71
Figure 68: profil de température de l'intérieur vers l'extérieur de la toiture isolée.	71
Figure 69: les déperditions thermiques et les apports des parois verticales isolées.	72
Figure 70 : profil de température de l'intérieur vers l'extérieur de la paroi opaque isolée.	72
Figure 71 : les déperditions thermiques et les apports des parois vitrées en PVC.	72
Figure 72: synthèse des calculs et vérification réglementaire de l'habitation isolée.	73
Figure 73 : synthèse des échanges thermiques par transmission de l'habitation isolée.	73
Figure 74 : résultats de renouvellement et infiltration d'air à travers l'enveloppe isolée.	73
Figure 75 : les résultats de dimensionnement de chauffage et climatisation à installer après l'isolation de l'enveloppe du bâtiment.	73

- LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Tableau synthétique du premier chapitre	19
Tableau 2: Tableau synthétique du deuxième chapitre.	38
Tableau 3: une comparaison entre le logiciel TRNSYS, ArchiWIZARD et RETA.	51
Tableau 4 : Tableau synthétique du troisième chapitre.	53

LISTE DES ABREVIATIONS

- APRUE : Agence pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie.
- A.S.H.R.A.E : American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers.
- CDER : Le centre de développement des énergies renouvelables, allemande au développement.
- Clo : unité de l'habillement.
- CNERIB : Centre National d'Etudes et de Recherches Intégrées du Bâtiment.
- Dref : Déperdition de référence
- DTR : Document Technique Réglementaire.
- GIZ : La Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (Société pour la coopération internationale).
- ISO : Organisation Internationale de Normalisation.
- PDD : Predicted Percentage Dissatisfied (pourcentage prévisible d'insatisfaits).
- PMV: Predicted Mean Voted (Vote Moyen Prévisible).
- RETA : réglementation thermique algérienne.
- SED : la Simulation Energétique Dynamique.

TABLE DES MATIERES

CHAPITRE INTRODUCTIF	1
I. Introduction et motivation	2
II. Problématique générale.....	3
III. Hypothèses.....	4
IV. Objectifs.....	4
V. Méthodologie de la recherche	4
VI. La structure du mémoire	5
VII. Etat bibliographique.....	7
VIII. Définition des concepts utilisés.....	7
CHAPITRE I. ETAT DES CONNAISSANCES SUR LA NOTION DU	
CONFORT THERMIQUE	9
1. Introduction	10
2. Définition de la notion du confort thermique	10
3. Les paramètres liés au confort thermique	11
3.1- Les facteurs liés à l'environnement	11
1.1-La température d'air	11
1.2-L'humidité d'air.....	12
1.3-Le mouvement d'air	12
3.2- Les facteurs liés à l'individu.....	13
2.1-l'habillement.....	13
2.2-l'activité	13
4. Les approches du confort thermique	13
4.1- L'approche analytique	14
4.2- L'approche adaptative	16
5. Conclusion	18

CHAPITRE II. L'EFFET DE L'ENVELOPPE ARCHITECTURALE SUR LE CONFORT THERMIQUE DANS LE BATIMENT20

1. Introduction.....	21
2. l'enveloppe du bâtiment	21
2.1-Définition de l'enveloppe architecturale	21
2.2- Les éléments de composition de l'enveloppe architecturale.....	23
I. Les parois de façades verticales.....	23
1. Le plein.....	23
2. Le vide	24
3. Les protections solaires.....	25
II. La toiture.....	26
1. Toiture incliné	26
2. Toiture terrasse.....	27
III. Le plancher bas	27
3. Le comportement thermique de l'enveloppe des bâtiments.....	28
3.1- Inertie thermique.....	28
3.2- Ponts thermiques.....	30
3.3- Isolation thermique.....	31
4. Les stratégies bioclimatiques pour améliorer le confort thermique.....	33
4.1- Confort d'été.....	34
4.2- Confort d'hiver.....	35
5. Conclusion.....	37

CHAPITRE III : LA REGLEMENTATION DU CONFORT THERMIQUE39

1. Introduction.....	40
2. Le contexte de la réglementation thermique en Algérie	40
2.1- Présentation du D.T.R. C 3-2, Règles de calcul des déperditions calorifiques.....	42

2.2- Présentation du D.T.R. C 3-4, Règles de calcul des apports calorifiques des bâtiments.....	45
3. Les outils de la simulation numérique du confort thermique.....	47
3.1- Les outils de la simulation numérique du confort thermique à l'étranger.....	47
3.1.1- TRNSYS.....	47
3.1.2- ArchiWIZARD.....	49
3.2- L'outil de la simulation numérique du confort thermique en Algérie : RETA ...	50
4. Comparaison entre les logiciel RETA, TRNSYS et ArchiWIZARD	51
5. Conclusion.....	52
CHAPITRE IV: ETUDE DU CONFORT THERMIQUE DANS LA	
RESIDENCE ALLIANCE PANORAMA.....	
1. Introduction.....	55
2. Présentation de l'étude de cas : la résidence ALLIANCE PANORAMA.....	55
3. Présentation du fonctionnement de RETA.....	58
4. Simulation thermique de la Résidence Alliance Panorama à travers RETA...60	60
5. Présentation et discussion des résultats	68
6. Recommandations architecturales.....	71
7. Conclusion.....	74
Conclusion générale et perspectives	75
Bibliographie	78
Annexe.....	82

***CHAPITRE
INTRODUCTIF***

I. INTRODUCTION ET MOTIVATION :

Le bâtiment durable assure avec sa conception architecturale une relation de complémentarité entre son usager par les occupants et l'environnement de ce dernier. Cette conception devrait aussi prendre en compte les différentes conditions liées au site telles que le climat et l'orientation.

L'enveloppe d'un bâtiment définit la séparation entre l'intérieur et l'extérieur d'une construction. Elle doit assurer d'abord l'étanchéité et l'isolation de cette dernière, mais également elle doit permettre une bonne régulation de la circulation de l'air et de la lumière. Cette protection permet d'assurer le confort thermique tout au long de l'année, sans avoir besoin d'utiliser de lourdes installations techniques, pour les besoins en chauffage ou en climatisation consommant excessivement d'énergie¹.

D'après des résultats donnés par l'Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie (APRUE) de ces dernières années, le secteur résidentiel est à l'origine de 35% de consommation d'énergie finale en Algérie. A cause de l'absence de la maîtrise d'énergie qui n'est pas prise en considération durant le processus de conception et de réalisation d'un logement, ainsi que la négligence de la notion du confort thermique. Ceci a conduit vers des perspectives de développement du parc de logement et d'amélioration du confort thermique des bâtiments, en minimisant la consommation énergétique. Cette dernière constitue une véritable préoccupation de la réglementation thermique algérienne actuellement pour une construction durable du bâtiment à travers son enveloppe.²

Pour cela, un logiciel Réglementation Thermique Algérienne (RETA) a été développé par l'équipe bioclimatique de CDER³ pour faciliter l'utilisation et l'application de la réglementation thermique algérienne. Il sert au calcul des déperditions thermiques en hiver et des apports calorifiques en été vis-à-vis des documents techniques réglementaires (DTR C3-2 et DTR C3-4), afin d'optimiser le confort thermique des bâtiments.

Nous nous intéressons dans cette recherche à l'application de RETA, à travers une étude de cas. Il s'agit de la résidence Alliance Panorama en cours de réalisation, située à Kouba, wilaya d'Alger.

¹HEGGER.M, Construction et énergie : architecture et développement durable, éd PPUR Presses polytechniques, 2011.

² Revue des Energies Renouvelables Vol. N°15, 2009, p 5-6
(http://www.aprue.org.dz/lettres/aprue_15.pdf)

³CDER : **C**entre de **D**éveloppement des **E**nergies **R**enouvelables

Notre travail consiste d'évaluer le confort thermique à l'intérieur de la résidence à travers son enveloppe architecturale et de vérifier par la suite sa conformité à la réglementation thermique algérienne à l'aide de RETA afin de pouvoir à la fin d'apporter des recommandations pour assurer le confort dans le cas de son absence .

II. PROBLEMATIQUE

L'habitat représente l'espace qui abrite des besoins permanents, personnels et intimes des individus, et les accompagne toute leurs vie. Dans ce milieu bâti, le confort thermique constitue une exigence essentielle à laquelle le concepteur doit apporter les réponses nécessaires.

La question du confort thermique est ainsi d'une grande importance pour le bâtiment . Cette dernière préoccupe de plus en plus aussi bien les habitants que les autorités. Cette préoccupation se manifeste à travers les multiples installations d'équipements d'ambiances, dans le but d'assurer un confort intérieur optimal. L'interaction intérieur-extérieur se trouve justement accomplie grâce à l'enveloppe des constructions.

L'enveloppe architecturale jouit d'un rôle rudimentaire et nous renvoie par conséquent au premier questionnement suivant :

- Comment influe l'enveloppe architecturale sur le confort thermique à l'intérieur des habitations ?

Un grand nombre de logements en Algérie, ne semblent pas répondre aux exigences du confort thermique et d'économie d'énergie. Cela s'explique par le non-respect de la réglementation thermique d'une part, par le manque de savoir-faire et une méconnaissance du sujet par les maîtres d'ouvrage d'autre part.

C'est dans cette problématique générale que s'intègre notre travail de master, qui tente de répondre aux questionnements suivants :

1. Comment s'exécute l'évaluation de la performance thermique de l'enveloppe des habitations à l'aide de RETA ?
2. A travers une étude de cas, celle de la résidence Alliance Panorama, comment s'effectue l'impact de l'enveloppe architecturale sur le confort thermique de cette dernière ?

III. LES HYPOTHESES

À partir des questionnements précédents, nous émettons dans ce travail de recherche les hypothèses suivantes :

- L'enveloppe architecturale de bâtiment influe sur le confort thermique intérieur à travers son orientation, ses ouvertures, son implantation, ses formes et matériaux de construction.
- Le confort thermique à l'intérieur de la résidence Alliance Panorama est assuré grâce à son enveloppe architecturale.
- la consommation énergétique pour le chauffage et la climatisation de la résidence Alliance Panorama respecte la réglementation thermique algérienne en vigueur.

IV. LES OBJECTIFS

Dans le but d'évaluer le confort thermique dans la résidence Alliance Panorama et vérifier sa conformité vis-à-vis de la réglementation thermique Algérienne (DTR 3-2et DTR 3-4)⁴, nous définissons plusieurs objectifs. Il s'agit de :

- Evaluer l'enveloppe architecturale de la résidence Alliance Panorama et ses conséquences sur les performances thermiques.
- Vérifier la conformité de la résidence Alliance Panorama face à la réglementation thermique Algérienne.
- Apporter des recommandations architecturales pour assurer le confort thermique à l'intérieur de la résidence d'après les résultats données par RETA.

V. LA METHODOLOGIE DE RECHERCHE

Afin de répondre à ces objectifs, notre méthodologie de recherche consiste en une méthode expérimentale à travers une simulation thermique à l'aide de « RETA », appuyée à son tour sur quelques investigations théoriques et bibliographiques, afin de bien saisir les éléments fondamentaux de nos questionnements.

⁴ DTR : Document Technique Règlementaire

Ceci dit, le volet théorique de la présente recherche consiste en un état de l'art sur le confort thermique scindé en trois chapitres ayant pour objectif de cerner et de comprendre tous les éléments théoriques de base en rapport avec la réglementation thermique algérienne.

Quant au volet pratique, il est basé sur l'évaluation et l'étude du confort thermique de la résidence Alliance Panorama avec une simulation à l'aide de RETA, qui va nous permettre par la suite d'analyser et d'interpréter les résultats.

VI. LA STRUCTURE DU MEMOIRE

Notre travail est composé de cinq chapitres :

- Le chapitre introductif comporte l'introduction avec la motivation de recherche, la problématique, les hypothèses, les objectifs ainsi que la méthodologie de recherche, les définitions des concepts utilisés dans le mémoire et un état bibliographique sur le thème traité.
- Dans le premier chapitre, nous définissons l'état de connaissance de la notion du confort thermique rappelant son rapport avec les bâtiments et ses approches .nous nous intéressons dans le deuxième chapitre, aux informations concernant l'enveloppe architecturale et sa relation directe avec le confort thermique à travers ses comportements. Par la suite, dans le troisième chapitre, il y a lieu de cibler les différentes réglementations qui existent dans le domaine de la thermique en Algérie avec un survol général des outils d'évaluation analytiques utilisés à l'étranger.
- Quant au quatrième chapitre, il consiste d'une phase de présentation et de simulation suivi par une analyse et interprétation des résultats afin de vérifier la conformité thermique de la résidence.
- La conclusion générale expose les conclusions tirées de cette recherche suivie par des recommandations architecturales et techniques pour l'amélioration du confort thermique dans le bâtiment d'habitation à travers son enveloppe.

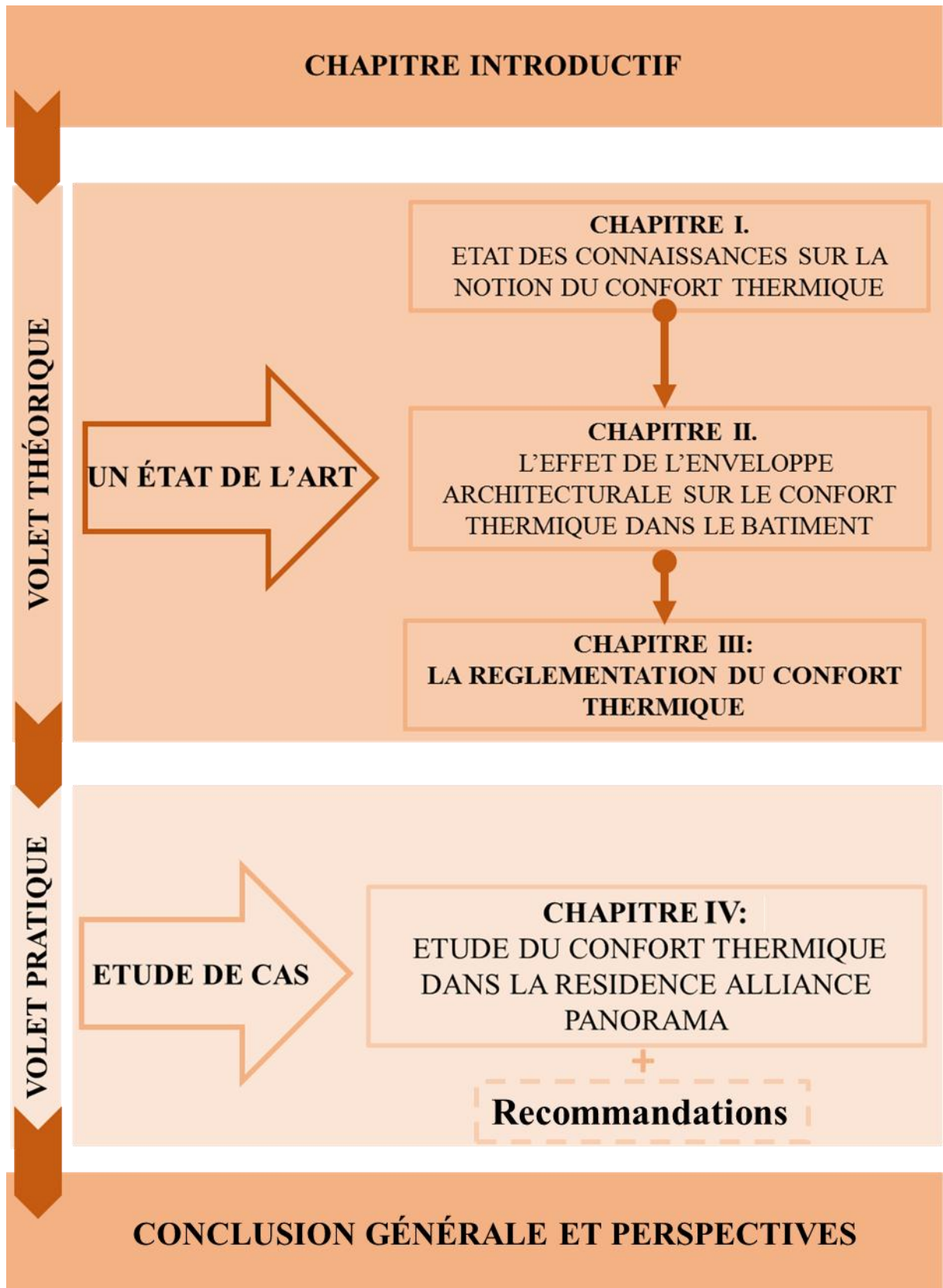


Figure 1 : structure et logique du mémoire
Source : auteur

VII. ETAT BIBLIOGRAPHIQUE

Le confort thermique est un thème d'actualité, il est déjà abordé par plusieurs étudiants pour des travaux du Master, Magister et Doctorat. Ainsi que, par différents chercheurs dans le domaine d'architecture ou d'autres domaines afin de minimiser la consommation énergétique qui a une relation directe avec l'enveloppe du bâtiment tout en assurant un confort thermique à l'intérieur des bâtiments .

Dans notre recherche, nous nous sommes basés essentiellement sur deux travaux de recherche qui ont traité le confort thermique, le premier, c'est celui de M.BENHOUBOU qui a élaboré son mémoire de Magister à l'EPAU en 2012, sur « l'impact des matériaux sur le confort thermique dans les zones semi-arides » et le deuxième, celui de M.DAHMOUS. Son mémoire de magister, à l'université de TIZI-OUZOU en 2016, sur « Le Confort thermique dans les constructions en béton préfabriqué», que nous trouvons très intéressants, synthétiques, riches en matière de définition et qui résument pratiquement toutes les notions relatives à la thermique du bâtiment et au confort thermique.

VIII. DEFINITION DES CONCEPTS UTILISES

1. La réglementation thermique

La réglementation thermique du bâtiment est un ensemble de règles à appliquer dans le bâtiment afin d'augmenter le confort des occupants tout en réduisant la consommation énergétique (notamment le chauffage en hiver et la climatisation en été)⁵.

2. L'enveloppe du bâtiment

L'enveloppe du bâtiment est constituée de la toiture, les murs extérieurs et le plancher bas d'une structure. Ces éléments forment une barrière de séparation entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment, qui détermine la quantité d'énergie qui sera nécessaire pour maintenir un intérieur confortable par rapport aux conditions extérieures. Elle est la partie la plus importante dans le projet architectural.⁶

⁵ La RT 2012 pour les logements individuels, Lettre d'information n°4, Février 2013, p3

(<http://www.infoenergie-bourgogne.org/wp-content/uploads/2014/10/Lettre-info-energie-bourgogne-4.pdf>)

⁶Office de l'efficacité énergétique, Emprisonnons la chaleur : Le mécanisme de la maison, Ressources naturelles Canada, 2002.

(http://www.rncan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/energy/pdf/habitations/Emprisonnons-la-chaleur_F.pdf)

Une enveloppe du bâtiment bien conçu peut réduire considérablement les coûts de chauffage durant la saison froide et celui de refroidissement pendant la saison chaude.

3. Les apports calorifiques

Les apports calorifiques (appelés aussi gains) d'un local sont égaux à la somme des apports de chaleur sensible⁷ et latente⁸, provenant d'une source intérieure ou extérieure du local, pour des conditions extérieures et intérieures déterminées, en ne tenant pas compte des apports dus à l'installation.⁹

4. Les déperditions calorifiques

Les déperditions calorifiques sont égales au flux de chaleur sortant d'un local, ou d'un groupe des locaux, par transmission de chaleur à travers les parois et par renouvellement d'air, pour un degré d'écart de température entre l'intérieur et l'extérieur¹⁰. Ces déperditions peuvent être limitées par les matériaux et techniques de constructions : isolation, le choix du vitrage, la suppression des ponts thermiques et une bonne étanchéité à l'air de l'enveloppe en constituent les principaux aspects .

Les matériaux jouent le rôle d'un tampon grâce à leur capacité à stocker la chaleur.

5. Un volume thermique

Un volume thermique est un volume d'air supposé homogène en température, susceptible d'être chauffé par un corps de chauffe dimensionné à cet effet. Un local peut être divisé en plusieurs volumes thermiques¹¹.

6. Le coefficient de transmission surfacique (k)

Le coefficient de transmission thermique d'une paroi est la quantité de chaleur traversant cette paroi en régime permanent, par unité de temps, par unité de surface et par unité de différence de température entre les ambiances situées de part et d'autre de la paroi¹².

⁷ **Apport sensible** : sont les apports de chaleur qui affectent directement la température sèche de l'air du local considéré (Source : DTR 3-4, Les règles de calcul des apports calorifiques des bâtiments « climatisation », éd CNERIB, 2005)

⁸ **Apport latent** : sont les apports d'humidité sous forme de vapeur d'eau qui affectent le local considéré. (Source : Idem)

⁹ Idem, p13

¹⁰ Rapport Technique, 'Document Technique Règlementaire, "Règlement Thermique du Bâtiment"', éd CNERIB, Alger, juin 2011, p24

¹¹ Idem, p31

¹² Idem

CHAPITRE I.
ETAT DES CONNAISSANCES
SUR LA NOTION DU CONFORT
THERMIQUE

CHAPITRE I. ETAT DES CONNAISSANCES SUR LA NOTION DU CONFORT THERMIQUE

1. INTRODUCTION

Avec les préoccupations grandissantes liées à la qualité environnementale, le secteur du bâtiment doit répondre à deux exigences primordiales : maîtriser les impacts sur l'environnement extérieur, tout en assurant un confort intérieur optimal. Ainsi, une vision globale du confort thermique dans le bâtiment est désormais indispensable¹³.

Pour cela, dans ce chapitre, nous allons nous intéresser à quelques connaissances fondamentales en matière de confort thermique. Ce dernier constitue une exigence essentielle à travers laquelle, le concepteur doit accomplir des exigences spatiales qualitatives et quantitatives. Ceci nous conduit à effectuer un état de l'art qui permet de présenter les variables et leurs interactions dans différentes approches, puis de définir les besoins de l'être humain en matière de confort thermique.

L'objectif de ce chapitre consiste en la compréhension de la notion du confort thermique, ses différentes approches, ses outils d'évaluation, ainsi que quelques stratégies rudimentaires pour améliorer le confort thermique dans le bâtiment.

2. LA DEFINITION DE LA NOTION DU CONFORT THERMIQUE

Le confort thermique est défini comme « *la satisfaction exprimée vis-à-vis de l'ambiance thermique du milieu environnant* »¹⁴. Des conditions doivent être assurées pour que l'occupant de bâtiment ne se sente pas gêné à l'intérieur, ses conditions se présentent sous forme de température moyenne interne stable et confortable du corps et aucune partie du corps ne doit être trop chaude ni trop froid.

¹³CANTIN.R, MOUJALLED.B, GUARRACINO.G, « Complexité du confort thermique dans les bâtiments » 6ème congrès Européen de Science des Systèmes Paris 19-22 septembre 2005.
(<http://www.afscet.asso.fr/resSystemica/Paris05/cantin.pdf>)

¹⁴ Confort thermique à l'intérieur d'un établissement, Commission de la Santé et de la Sécurité du Travail du Québec, 2002.
(http://www.cnesst.gouv.qc.ca/publications/200/Documents/dc_200_16183_3.pdf)

Quant à la réglementation (ASHRAE)¹⁵, elle définit le confort thermique comme étant « *un état d'esprit qui exprime la satisfaction de l'environnement thermique* »¹⁶. Il contribue au bien-être et au confort en général et se définit selon plusieurs aspects : psychologique, physiologique et physique.

Les paramètres essentiels qui expriment le confort thermique global ne sont pas relatifs à l'ambiance mais à l'organisme. Ceci revient à la détermination de confort par non seulement les paramètres physiques de l'ambiance, mais aussi par la réaction du corps aux conditions ambiantes¹⁷.

D'après les définitions cités ci-dessus, nous constatons que la définition du confort thermique dépend du contexte et de l'utilisateur. Il est défini comme un processus global faisant intervenir les aspects physiques, physiologiques et psychologiques.

Pour approfondir cette notion de confort thermique, nous évoquerons dans ce qui suit, les approches du confort thermique et les stratégies pour améliorer ce dernier.

3. LES PARAMETRES LIES AU CONFORT THERMIQUE

Le bien-être à l'intérieur des bâtiments est relié à la sensation subjective de froid ou de chaleur propre à chaque individu. Tout dépend de son activité physique (production de chaleur par le corps) et son habillement qui est un moyen complémentaire d'adaptation dont dispose l'homme pour maintenir son équilibre thermique. Il dépend de plusieurs facteurs liés à l'environnement, tel que la température, le mouvement d'air et l'humidité relative¹⁸.

3.1-LES FACTEURS LIES A L'ENVIRONNEMENT :

La description des éléments concernant le confort thermique doit prendre en compte l'environnement relatif à l'individu. Celui-ci comprend trois paramètres sur lesquels peuvent agir les concepteurs :

1.1-la température d'air

Dans les conditions habituelles, l'homme assure le maintien de sa température corporelle autour de 36,7°C¹⁹. La température de l'air est le facteur le plus influent sur le confort

¹⁵ A.S.H.R.A.E : American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers.

¹⁶ ASHRAE Handbook fundamental, « Chapitre 9: Thermal Comfort », éd Inch Pound., 2009, p170.

¹⁷ MANSOURI.Y, « Conception des enveloppes de bâtiments pour le renouvellement d'air par ventilation naturelle en climats tempérés Proposition d'une méthodologie de conception », Thèse de doctorat, à l'Ecole d'Architecture de Nantes, 2003.

¹⁸ ROULET.C-A, Santé et qualité de l'environnement intérieur dans les bâtiments, éd PPUR presses polytechniques, 2004, p89.

¹⁹ LIEBARD.A, De HERDE.A, « Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques », éd Le Moniteur, 2005, p80.

humain. Cette dernière intervient dans les échanges par convection et par évaporation qui sont des termes principaux du bilan thermique. Ceci dit, malgré les variations de température entre l'été et l'hiver, et entre le jour et la nuit, l'enveloppe du bâtiment doit pouvoir maintenir la température à l'intérieur du bâti dans une fourchette de confort, ainsi que son homogénéité²⁰.

1.2-L'humidité de l'air

L'humidité de l'air peut être exprimée comme la pression de vapeur d'eau, l'humidité de l'air à l'intérieur des bâtiments influence le corps humain de façon directe et indirecte, pouvant provoquer l'inconfort, et la sensation de chaleur²¹.

L'humidité de l'air n'a pas un grand effet sur la sensation de confort thermique, si les températures d'air sont confortables, elle n'a d'effet significatif que lorsque elle est extrêmement haute ou extrêmement basse (sous 20%, l'air est trop sec et au-delà de 80%, trop humide)²². Ainsi, les spécialistes affirment que nous restons dans une zone de confort lorsque l'humidité de l'air est entre 20% et 80%.

1.3-Le mouvement de l'air

Le mouvement de l'air est un paramètre très important du confort. Il affecte le corps humain de deux façons différentes. Tout d'abord il détermine l'échange de chaleur convectif du corps, et augmente l'évaporation à la surface de la peau²³. Selon A. Liebard, la vitesse de l'air influence le confort dès qu'elle est supérieure à 0.2 m/s²⁴, à l'intérieur des bâtiments, cette vitesse est limitée, ne dépassant pas généralement la vitesse moyenne, sauf en cas de mauvaise conception du bâtiment ou du système d'aération. Lorsque la vitesse de l'air est supérieure à 0.2 m/s, elle est tenue pour responsable de l'apparition d'inconforts du bâtiment, liés à la présence de courants d'air froids ou chauds localisés²⁵.

²⁰BENHOUBOU.M , « l'impact des matériaux sur le confort thermique dans les zones semi-arides, cas d'étude :la ville de Djelfa», Mémoire de magister, à l'école polytechnique d'architecture et d'urbanisme EPAU ,Alger ,2012.

²¹LIEBARD.A, De HERDE.A, « Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques », éd Le Moniteur, 2005, p84.

²² Idem.

²³http://www.lesommer.fr/fileman/Uploads/Documents/Guide%20biotech/guide_bio_tech_confort_d_ete_pas_sifl.pdf

²⁴LIEBARD.A, De HERDE.A, « Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques », éd Le Moniteur, 2005, p86.

²⁵ZOUZOU.A, MOKHTARI.K, « solution hybrides pour maintenir le confort thermique et visuel », Mémoire de magister, à l'université KASDI MEREBAH, Ouargla ,2015.

3.2-LES FACTEURS LIES A L'INDIVIDU :

2.1-L'habillement

La vêtue représente une résistance thermique aux échanges de chaleur entre la surface de la peau et l'environnement. Son rôle principal est de maintenir le corps humain à une température acceptable face au changement de température du climat extérieur (Froid, chaleur, rayonnement solaire...etc.). Le transfert de chaleur par conduction entre la peau et l'ambiance extérieure exprimé en « Clo²⁶ » est complexe et implique des mouvements de convection interne et des phénomènes de radiation entre les couches de vêtements²⁷.

2.2-L'activité :

L'activité est un parametre important pour la sensation thermique de l'individu,définissant directement le métabolisme de l'individu ,c'est-à-dire la quantité de chaleur produite par le coprs humain. Lorsqu'une personne est en mouvement, un métabolisme de travail correspondant à son activité particulière s'ajoute au métabolisme de base du corps au repos. Dans le cas d'une tres forte activité ,elle peut etre responsable de sensations d'inconfort chaud, mmême en présence de conditions météorologiques très favorables²⁸.

4. LES APPROCHES DU CONFORT THERMIQUE :

Le confort thermique a été le sujet de nombreux travaux de recherche. Il concerne le secteur d'habitat et le secteur tertiaire.

Le domaine de la recherche concernant le confort thermique des bâtiments est partagé en deux approches. Ce sont les approches analytique et adaptative, la première traite le confort thermique d'une façon linéaire en se basant que sur la physiologie de l'individu, tandis que la seconde se base sur l'incapacité de l'approche analytique à représenter la réalité du confort thermique dans les bâtiments, et intègre les considérations physiologiques en considérant que l'individu est actif face à l'inconfort²⁹.

²⁶**Clo** : pour clothing, correspond à la résistance thermique de 0,15 m²K/W.

²⁷BENHOUBOU.M , « l'impact des matériaux sur le confort thermique dans les zones semi-arides, cas d'étude :la ville de Djelfa», Mémoire de magister, à l'école polytechnique d'architecture et d'urbanisme EPAU, Alger ,2012.

²⁸MAZARI.M, « Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public : Cas du département d'architecture de Tamda (Tizi Ouzou) » mémoire de magister, université de Tizi-Ouzou, 2012.

²⁹DEHMOUS.M, «Confort thermique dans les constructions en béton préfabriqué : cas de la faculté des sciences médicales de l'université de Tizi-Ouzou», mémoire de magister soutenu à l'université de TIZI-OUZOU, 2016.

4. 1- L'approche analytique

Dans les années 70, Fanger a développé une approche statique dite analytique basée sur le calcul du bilan thermique du corps humain en introduisant les deux indices : le vote moyen prévisible (PMV) et le pourcentage prévisible d'insatisfaits (PPD), utilisés comme une base dans la norme internationale ISO³⁰ 7730 qui porte sur les conditions de confort dans les ambiances thermiques.³¹

Des modèles physiologiques et physiques ont été développés par la suite pour déterminer la température et pouvoir calculer les échanges de chaleur entre l'occupant et son environnement par conduction, convection, rayonnement et évaporation ,en prenant en considération quatre facteurs environnementaux qui sont la température et la vitesse de l'air, l'humidité relative et la température radiante, ainsi que deux facteurs humains qui sont le métabolisme et l'habillement³².

Les résultats de cette approche sont proposés sous forme d'échelle de sensation thermique (figure2), elle permet d'exprimer le niveau de confort pour les conditions étudiées, avec le principal objectif, est de prédire la sensation thermique des occupants afin d'identifier les conditions de confort thermique.

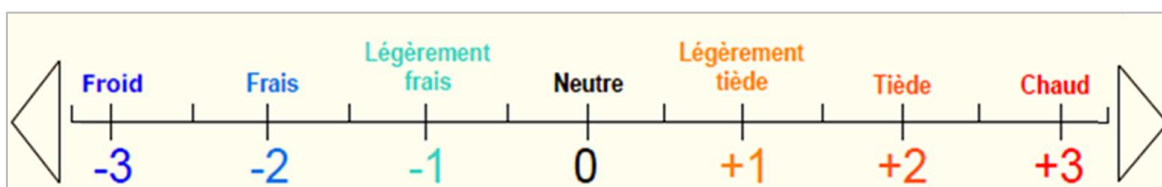


Figure 2: Echelle de sensation thermique de l'ASHRAE
(Source : <http://www.afscet.asso.fr/resSystemica/Paris05/cantin.pdf>)

L'identification du confort est en relation à une échelle de -3 à +3, dont une valeur de PMV de zéro exprime une sensation de confort thermique optimale .En revanche, si cette valeur est négative signifie que la température est jugée plus basse que la température idéale, celle qui créerait la sensation de confort optimal et si elle est positive signale que la température de l'air est plus élevée que celle qui correspondrait au confort. C'est pourquoi la zone de

³⁰ISO : Organisation Internationale de Normalisation.

³¹BENHARKAT.S, ROUAG SAFFIDINE.D, Approche adaptative du confort thermique dans les espaces d'enseignement universitaire à Constantine, Revue « Nature & Technologie ». A- Sciences fondamentales et Engineering, n° 14, Janvier 2016, P 19- 28.
(http://www.univ-chlef.dz/RevueNatec/issue-14/Article_A/Article374.pdf)

³²CANTIN.R, MOUJALLED.B, GUARRACINO.G : « Complexité du confort thermique dans les bâtiments» 6^{ème} congrès Européen de Science des Systèmes Paris 19-22 septembre 2005, p2.
(<http://www.afscet.asso.fr/resSystemica/Paris05/cantin.pdf>)

confort thermique est considérée de -1 à +1, avec une sensation de légère fraîcheur à la sensation de légère chaleur³³

Ces valeurs d'échelle de confort thermique sont utilisées comme des votes moyens prévisibles PMV afin de déterminer le pourcentage prévisible d'insatisfaits PPD d'une situation thermique précise, cela s'explique par un diagramme de pourcentage de personnes insatisfaites par rapport à la situation (figure3).

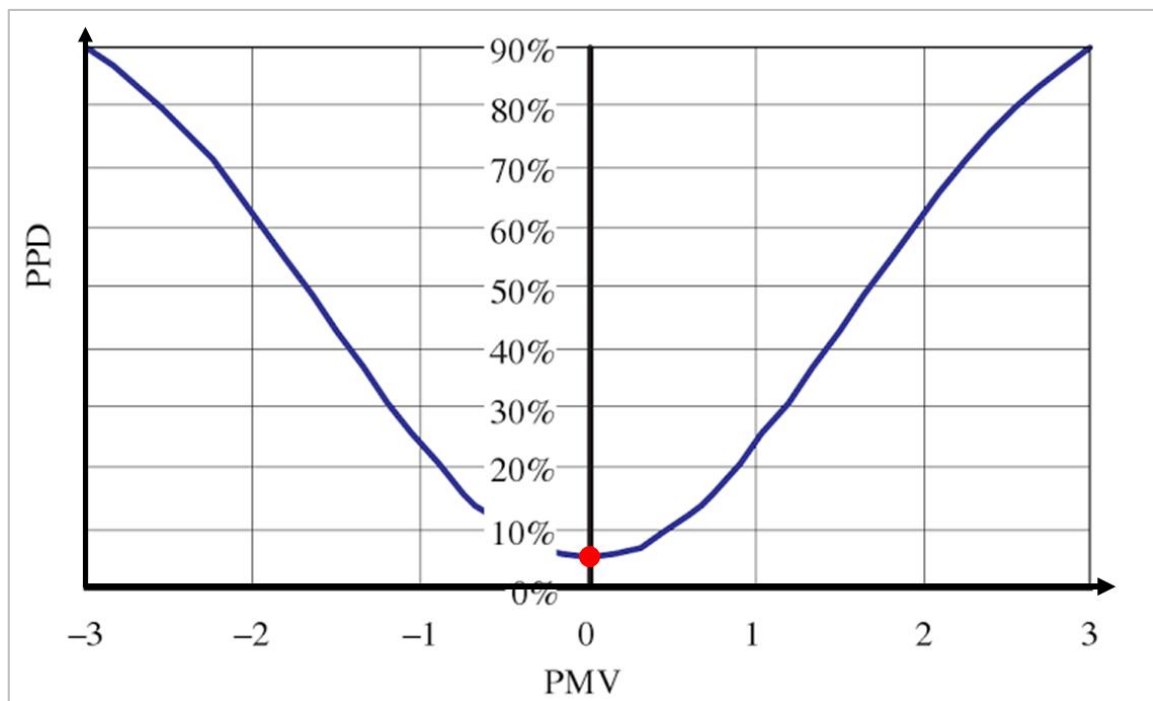


Figure 3: La relation entre le pourcentage d'insatisfaits PPD et le vote moyen PMV (Source: Roulet.C-A, Santé et qualité de l'environnement intérieur dans les bâtiments, Ed PPUR presses polytechniques, 2004, p91)

Cette relation entre le pourcentage d'insatisfaits PPD et le vote moyen PMV ,montre qu'il est impossible de satisfaire tout le monde même dans les conditions dites idéales ,dont le PMV est nul ,5% des personnes sont insatisfaites .

La relation entre le PMV et le PPD de l'approche statique a fait l'objet de débats chez les spécialistes puisque d'après Van Hoof ³⁴, les résultats des études obtenues in situ du confort thermique ont permis de constater une surestimation du niveau de l'inconfort perçu en réalité par rapport aux résultats obtenus par la relation PMV/PPD de Fanger, surtout dans les

³³ Redéfinir La Notion De Confort Thermique, Guide Pratique Pour La Construction Et La Renovation Durables De Petits Bâtiments, Février 2007, p 3.

(http://app.bruxellesenvironnement.be/guide_batiment_durable/docs/CSS13_FR.pdf)

³⁴VAN HOOFF.J, Forty years of Fanger's model of thermal comfort: comfort for all?, éd Indoor Air, 2008, p182-201.

bâtiments naturellement ventilés pendant les périodes chaudes. Ces études ont servi à mettre les bases de l'approche adaptative³⁵.

4.2. L'approche adaptative

L'approche adaptative est différente que celle analytique, comme nous avons cité précédemment, l'approche analytique cherche à déterminer les conditions du confort thermique par des modèles physiques et physiologiques qui prévoient l'état thermique du corps humain, alors que l'approche adaptative a été développée vers la fin du 20^{ème} siècle et le début du 21^{ème}, pour évaluer le confort thermique dans les bâtiments par des enquêtes mises en place en prenant en compte la psychologie des occupants³⁶.

Des études réalisées par De Dear en 1985 confirmées par la suite par BUSH en 1990, ont déterminé un écart entre les conditions de confort rencontrées in situ et celles prévues par le PMV, qui reflètent l'interaction entre les occupants et leurs environnements³⁷ ventilés naturellement (figure4). Alors que dans le cas des bâtiments climatisés, les résultats obtenus par les deux approches sont presque les mêmes (figure5).

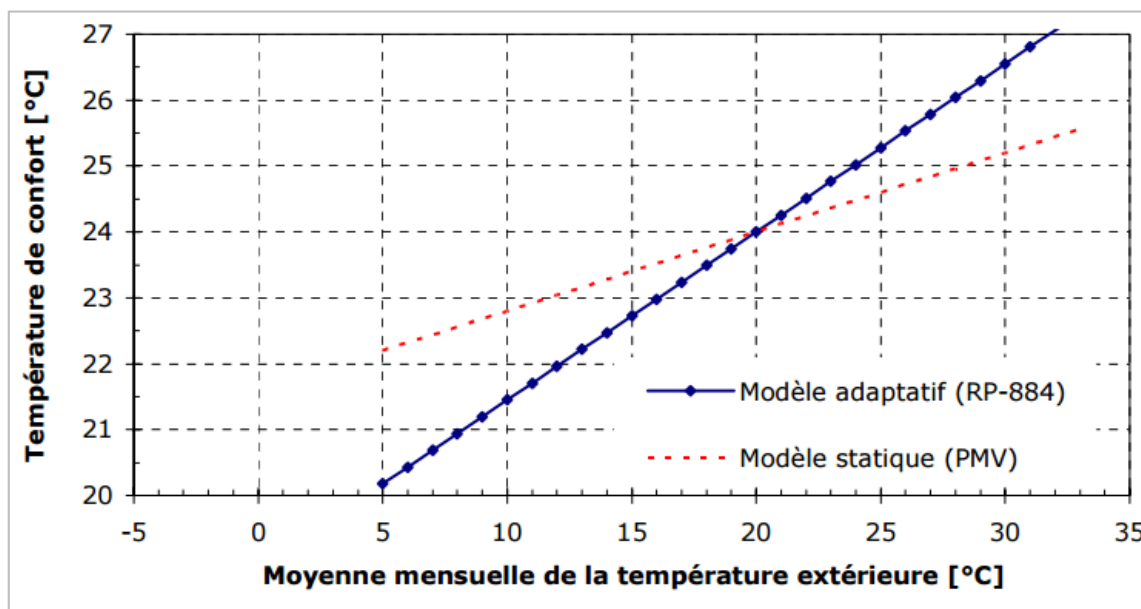


Figure 4 les deux Modèles adaptatif et statique pour les bâtiments à ventilation naturelle.
Source: DE DEAR.D.J, BRAGER. G.S, Thermal comfort in naturally ventilated buildings: revisions to ASHRAE Standard 55, vol. 34, n° 6, Energy and buildings, 2002, p552

³⁵BENHARKAT.S, ROUAG.D, Approche adaptative du confort thermique dans les espaces d'enseignement universitaire à Constantine, Revue « Nature & Technologie ». A-Sciences fondamentales et Engineering, n° 14, Janvier 2016. Pages 19-28. (http://www.univ-chlef.dz/RevueNatec/issue-14/Article_A/Article374.pdf)

³⁶CANTIN.R, MOUJALLED.B, GUARRACINO.G : « Complexité du confort thermique dans les bâtiments » 6^{ème} congrès Européen de Science des Systèmes Paris, 19-22 septembre 2005, p4. (<http://www.afscet.asso.fr/resSystemica/Paris05/cantin.pdf>)

³⁷ MOUJALLED.B, « Modélisation dynamique du confort thermique dans les bâtiments naturellement ventilés », thèse de doctorat à L'Institut des Sciences Appliquées de Lyon, France, 2007.

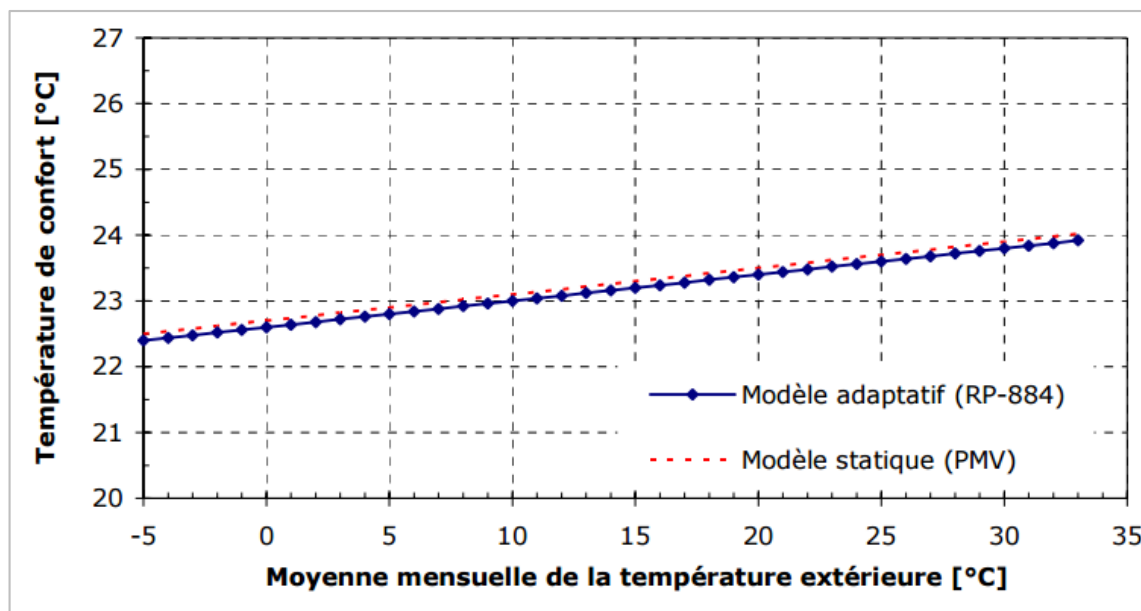


Figure 5: les deux Modèles adaptatif et statique pour les bâtiments climatisés.

Source: DE DEAR.R.J, BRAGER. G.S, Thermal comfort in naturally ventilated buildings: revisions to ASHRAE Standard 55, vol. 34, n° 6, Energy and buildings, 2002, p552.

Pour cela, Humphreys considère : « *si un changement arrive dans un environnement en provoquant un inconfort, les personnes répondront par des réactions qui tendent à rétablir le confort* »³⁸. Cette définition permet de considérer l'occupant comme un élément actif en interaction avec son environnement afin de maintenir son confort et s'adapter avec ce dernier avec un ensemble des réactions qui peuvent être : psychologiques, physiologiques et comportementales.

L'approche adaptative est donc basée sur les études des investigations menées dans des bâtiments in situ, par la mesure des grandeurs physiques de l'ambiance thermique dans différents types de bâtiment. Ces mesures sont accompagnées par les réponses subjectives des occupants sur la qualité de leurs ambiances thermiques indiquées au moment de la mesure sur l'échelle de l'ASHRAE (figure 2) afin de pouvoir déterminer leurs sensations thermiques. Cette base de données permet suite à une analyse des données, de déterminer les conditions de confort thermique dans d'autres bâtiments dans des cas similaires en projetant les résultats obtenues³⁹.

³⁸HUMPHREYS.M.A, Understanding the Adaptive Approach to Thermal Comfort, AHSRAE transactions, vol 104, part 1, 1998, p 991-1004.

³⁹CANTIN.R, MOUJALLED.B, GUARRACINO.G : « Complexité du confort thermique dans les bâtiments » 6^{ème} congrès Européen de Science des Systèmes Paris, 19-22 septembre 2005, p4. (<http://www.afsct.asso.fr/resSystemica/Paris05/cantin.pdf>)

5. CONCLUSION

Dans ce chapitre nous avons essayé de définir le confort thermique à travers les recherches effectuées dans le domaine, ainsi que les paramètres influant sur ce dernier dans le bâtiment.

A ce stade de la recherche, nous pouvons dire que l'ambiance thermique dans les bâtiments est un facteur important pour le confort des occupants, malgré la complexité de le définir à cause de la multitude des paramètres intervenants et la complexité du métabolisme humain. Ceci a conduit à la prise en compte du confort thermique dans les bâtiments avec des méthodes et des outils élaborés à partir de deux approches, simplifiant la complexité des phénomènes interactifs.

La première approche analytique, se basant sur le calcul du bilan thermique du corps humain pour prédire le niveau de confort, à travers des indices (PMV, PPD,...).alors que la deuxième approche, dite adaptative, considère le confort thermique à travers les réactions comportementales qui caractérisent la capacité adaptative de l'occupant dans son environnement en utilisant les résultats des études expérimentales. Elle traite chaque type de bâtiment séparément, et définit la zone de confort en fonction du contexte climatique.

Des recherches ont montré qu'avec l'application de l'approche analytique, le confort prévu ne correspondait pas toujours au confort perçu par les occupants. L'écart était plus marqué dans les bâtiments non climatisés que dans ceux climatisés. Ceci a permis de donner plus d'intérêt à l'approche adaptative.

L'intérêt donné à l'approche adaptative revient aux recherches qui ont montré qu'avec l'application de l'approche analytique, le confort prévu ne correspondait pas toujours au confort perçu par les occupants, avec l'écart marqué plus dans les bâtiments non climatisés que dans ceux climatisés.

Cet état de l'art montre une variété des paramètres influençant sur le confort thermique ainsi, la présence de différentes approches d'évaluation de ce dernier.

CONFORT THERMIQUE	I- LES PARAMETRES LIES AU CONFORT THERMIQUE	1-LES FACTEURS LIES A L'ENVIRONNEMENT	1-la température d'air
			2-L'humidité de l'air
			3-Le mouvement de l'air
		2-LES FACTEURS LIES A L'INDIVIDU	1-L'habillement
	2-L'activité		
	II- LES APPROCHES DU CONFORT THERMIQUE	1-L'approche analytique	1-PMV :le vote moyen prévisible
2-PPD: le pourcentage prévisible d'insatisfaits			
2-L'approche adaptative		-Enquêtes in-situ	

Tableau 1 : Tableau synthétique du premier chapitre
Source : auteur

CHAPITRE II.
L'EFFET DE L'ENVELOPPE
ARCHITECTURALE SUR LE CONFORT
THERMIQUE DANS LE BATIMENT

CHAPITRE II. L'EFFET DE L'ENVELOPPE

ARCHITECTURALE SUR LE CONFORT THERMIQUE

DANS LE BATIMENT

1. INTRODUCTION

Dans ce chapitre, nous nous intéressons à l'effet de l'enveloppe architecturale sur le confort thermique dans le bâtiment. Nous allons l'entamer par quelques définitions de l'enveloppe architecturale, qui se trouve composée par ses parois et sa toiture, pour pouvoir déterminer par la suite, ses comportements thermiques, tels que l'inertie thermique, le pont thermique et l'isolation thermique. Nous finirons ce chapitre, par les différentes stratégies bioclimatiques du chaud et du froid afin d'assurer le confort à l'intérieur des habitations.

2. L'ENVELOPPE DU BATIMENT

L'enveloppe du bâtiment est constituée de la toiture, les murs extérieurs et le plancher d'une structure. Ces éléments forment une barrière qui sépare l'intérieur de l'extérieur du bâtiment. Cette barrière détermine la quantité d'énergie qui sera nécessaire pour maintenir un intérieur confortable par rapport aux conditions extérieures. Elle est l'élément le plus important dans le projet architectural.⁴⁰

Une enveloppe du bâtiment bien conçu peut réduire considérablement les coûts de chauffage durant la saison froide et de réduire les coûts de refroidissement pendant la saison chaude.

2.1- DEFINITION DE L'ENVELOPPE ARCHITECTURALE

« *L'enveloppe crée la coquille habillée d'une habitation, qui forme un système important pour protéger le bâtiment contre les éléments de l'extérieur et assurer à l'intérieur le confort des occupants* »⁴¹. Elle est la zone de la liaison et l'espace de transition entre les différents environnements. Il est difficile de la définir, d'où nous allons la considérer sous des différents aspects ⁴²:

⁴⁰ Office de l'efficacité énergétique, emprisonnons la chaleur : Le mécanisme de la maison, Ressources naturelles Canada, 2002, 156p.

(http://www.rncan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/energy/pdf/habitations/Emprisonnons-la-chaleur_F.pdf)

⁴¹GAGNE.A, enveloppe du bâtiment, conseils technique : pour bien comprendre les rôles et fonctions de l'enveloppe, Québec habitation, AVRIL/MAI 2009, p18.

(<https://maisonsaine.ca/wp-content/uploads/2010/01/enveloppe-qchabitation.pdf>)

⁴²HERANT.P, chef de département bâtiment et urbanisme, conclusion de la journée thématique : bâtiment 2010, consacrée à l'enveloppe du bâtiment, agence de l'environnement et de maîtrise de l'énergie ADEME, communication/art. tech/ journenvel, 04/03/2004, p2-3. (<http://www.prebat.net/IMG/pdf/pherant.pdf>)

- Les thermiciens la considèrent comme une zone de transition entre l'ambiance intérieure et l'environnement extérieur.
- Les architectes la voient comme étant une surface de contact entre le bâtiment et son entourage, qui permet d'obtenir une lecture contextuelle de ce bâtiment.
- Pour les ingénieurs, l'enveloppe n'est qu'une liaison entre les composantes passives et les systèmes actifs.
- L'enveloppe est l'objet le plus important pour le chef de projet. Pour cela, elle a un processus spécifique durant sa réalisation.
- C'est l'élément qui caractérise le bâtiment, la cause principale qui pousse les législateurs d'intégrer les technologies performantes disponibles et des exigences réglementaires généralisables.
- Arrivant à l'occupant, qui définit l'enveloppe comme l'ensemble des parois qui l'entourent, cet ensemble constitue un facteur d'esthétique de son bâtiment.

Nous pouvons dire en général que cet élément séparateur entre l'extérieur et l'intérieur d'un bâtiment, est la jonction entre les différents facteurs, concernant de nombreux intervenants dans une construction. L'enveloppe est l'élément le plus important dans le projet architectural. Voir figure 6.

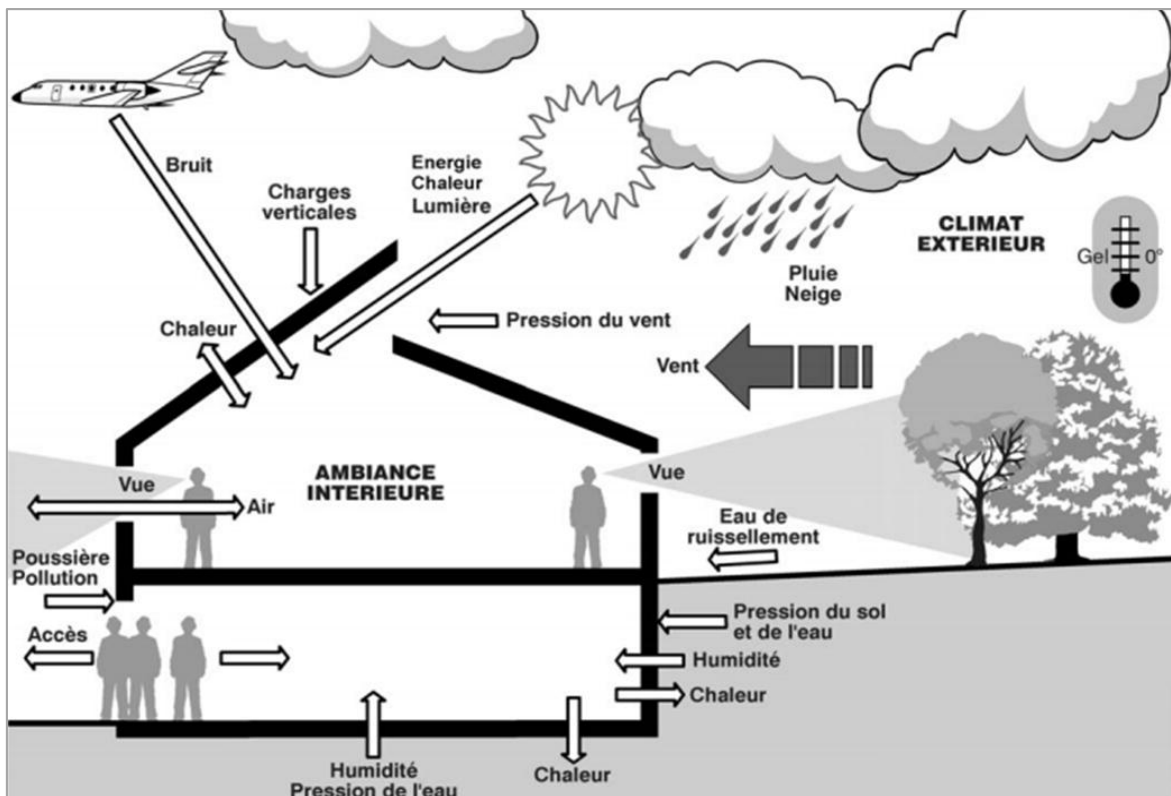


Figure 6 : Les performances de l'enveloppe architecturale

Source : http://energie.wallonie.be/servlet/Repository/Isolation_thermique.PDF?IDR=5610

2.2- LES ELEMENTS DE COMPOSITION DE L'ENVELOPPE ARCHITECTURALE

L'enveloppe du bâtiment joue un rôle de séparation thermique entre l'ambiance intérieure et extérieure, elle intervient comme stockage de la chaleur dans le bâtiment et comme distributeur de cette dernière à l'air intérieur et extérieur, nous proposons d'étudier en détails les différents composants de cette enveloppe qui se présentent sous forme de toiture et des façades.

A. LES PAROIS DE FAÇADES VERTICALES

Le confort thermique dans un bâtiment dépend principalement du comportement thermique des parois de ses façades verticales soumises aux contraintes climatiques. Ces parois composées de plein, de vide et des brises soleil, échangent perpétuellement des flux avec l'environnement extérieur et les ambiances intérieures, filtrent et transforment les sollicitations.

a) LE PLEIN

La relation entre les températures intérieures et extérieures pendant la journée dépend principalement des pleins et des vides de la façade, des surfaces exposées, des gabarits et des occultations. Mais aussi, des pleins représentés par les murs de façade avec une organisation constructive qui exprime les techniques de constructions et les matériaux du mur⁴³.

On trouve parmi les techniques constructives utilisés en Algérie, des murs de façade en simple cloison, et d'autres en triples cloisons. Quant aux techniques constructives, elles sont multiples et elles varient selon le besoin, le site, l'économie, la disponibilité des matériaux et enfin, les compétences et la main d'œuvre.

Ces murs doivent être bien isolés en utilisant des matériaux avec une bonne résistance thermique et à forte inertie, afin de limiter les déperditions calorifiques de l'intérieur chauffé vers l'extérieur froid en hiver et de protéger les locaux contre les apports calorifiques de l'extérieur dus à l'ensoleillement en été.

⁴³AMADIO.P, Etude et Définition d'une enveloppe complexe de bâtiment, Projet de fin d'étude à INSA en génie civil, Strasbourg, Juin 2007.

Remarque : Relativement à notre problématique de recherche, le plein est appréhendé selon RETA en tant que des parois opaques verticaux constituant les façades du bâtiment, où il propose des types standards des murs extérieurs utilisés en Algérie avec leurs caractéristiques et permet aussi de créer d'autres types des parois dans le cas d'absence du modèle recherché.

b) LE VIDE

Parmi les composantes de la façade qui ont une très grande influence sur les définitions de sa forme et sa physionomie, le vide comme une ouverture pratiquée dans la paroi d'un bâtiment pour y créer une fenêtre ou une porte. Percer une façade a toujours représenté une difficulté technique, car cela crée un point de faiblesse qui contrevient les performances du plein.

Le vide, dite l'ouverture est un espace servant. La porte et la fenêtre fonctionnent très différemment dans la relation intérieur /extérieur. Cette différence se base sur la fenêtre qui permet d'une part, de regarder vers l'extérieur, et d'une autre part, la pénétration de la lumière, tandis que la porte est principalement traversée.

Les ouvertures influent sur la consommation d'énergie, à travers quatre aspects ⁴⁴:

- Elles permettent la pénétration de la majeure partie du rayonnement solaire. Donc, elles doivent être conçues d'une manière à profiter au maximum de ce rayonnement pendant l'hiver, mais en évitant les surchauffes en été.
- une plus faible résistance thermique que celle des parois, elles engendrent des pertes thermiques importantes. Elles doivent donc être conçues de manière à minimiser ces pertes durant l'hiver.
- Elles seules assurent un renouvellement de l'air du logement, elles doivent donc être pensées de façon à permettre une bonne ventilation.
- Elles constituent une source de lumière, qui devrait être suffisante pour limiter l'éclairage artificiel durant la journée.

Une bonne conception des ouvertures doit donc tenir compte de tous ces paramètres.

⁴⁴ Règlementation thermique et énergétique des bâtiments neufs en TUNISIE, guide pratique de conception de logements économes en énergies, 2013. (<http://www.enerbat.nat.tn/site/download/guide.pdf>)

Remarque : De son côté, RETA prend en considération durant la simulation thermique les ouvertures trouvées sur les façades du bâtiment, qu'ils s'agissent soit des portes ou parois vitrés (fenêtres, portes fenêtres, châssis ...), vu leurs grandes influences sur le confort à d'intérieur.

c) LES PROTECTIONS SOLAIRES

On appelle protection solaire tout corps empêchant le rayonnement solaire d'atteindre une surface qu'on souhaite de ne pas l'enseillée⁴⁵. Elle peut déterminer quand le rayonnement solaire est recherché (le chauffage solaire pour la période froide) ou quand il devrait être exclu (la période surchauffée). Sa mauvaise prise en compte peut conduire à des situations très inconfortables pour les occupants, vu qu'elles conditionnent de manière importante le confort au sein d'un bâtiment, que ce soit en hiver ou en été.

Les protections solaires peuvent être intégrées à l'architecture : structurales (porche, véranda, brise-soleil) ou appliquées (stores, persiennes, volets). Elles peuvent également être fixes ou mobiles, intérieures ou extérieures, verticales (principalement pour l'est et l'ouest) ou horizontales⁴⁶. Ces dispositions, peuvent également être liées à l'environnement naturel, telle que, la végétation à feuilles caduques procurant un ombrage naturel saisonnier. Généralement des essences avec peu de branchages sont mise en place, pour avoir un ombrage minimum en hiver, mais avec un feuillage dense pour la raison inverse, en été⁴⁷. Contrairement à des stores, elles ne nécessitent ni manipulation quotidienne, ni entretien important.

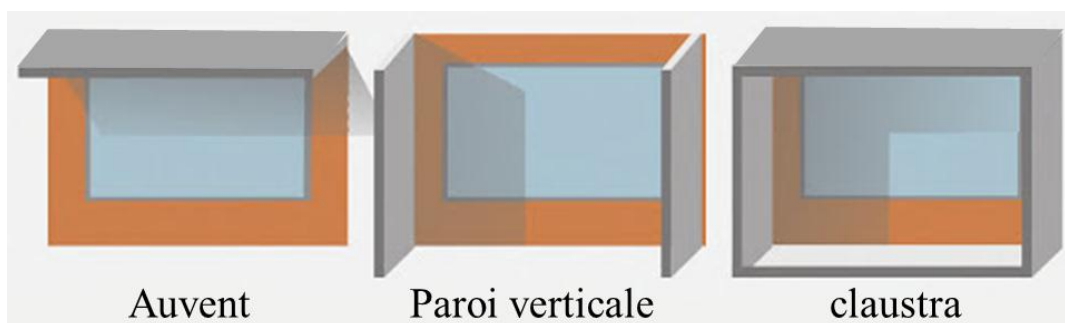


Figure 7 : les protections solaires fixes

Source : ROULET.C-A, Éco-confort : pour une maison saine et à basse consommation d'énergie, éd PPUR Presses polytechniques, 2012, p48.

⁴⁵SZOKOLAY.V, «Introduction to architectural science: the basis of sustainable design», éd Routledge, 2014, 384p.

⁴⁶DERNERS.C,POTVIN.A,« le brise-soleil :la dernière grande invention environnementale en architecture »,in revue :Le bulletin d'information de l'ordre des architectes ,Volume 15,N°5,Quebec,2004. (<https://www.grap.arc.ulaval.ca/files/grap/7-GRAP-brise-soleil.pdf>)

⁴⁷SALOMON.T, BEDEL.S, « La maison des [nega] watts, Le guide malin de l'énergie chez soi », éd Terre vivante, 2004.

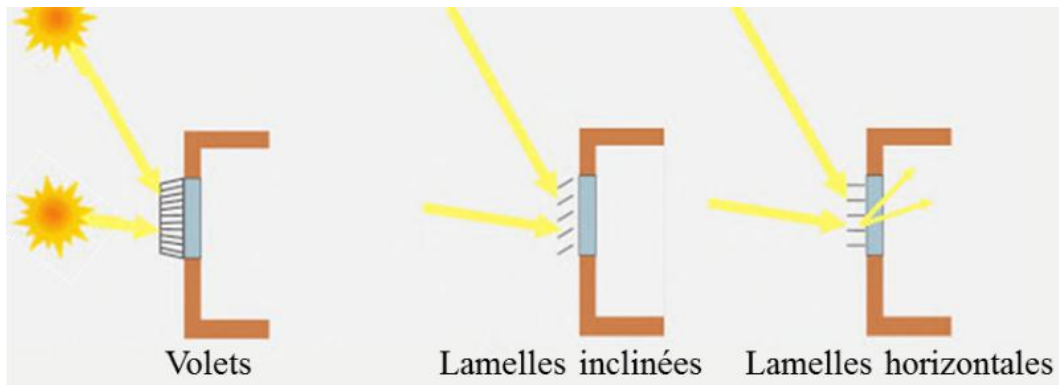


Figure 8: les protections solaires mobiles

Source : Roulet. C-A, Éco-confort : pour une maison saine et à basse consommation d'énergie, Ed PPUR Presses polytechniques, 2012, p50.

Remarque : les différents aspects des parois vitrées dans RETA sont décrits en détail, il s'agit de leurs compositions, les protections d'hiver et d'été pratiquées sur ces parois (fenêtres, portes fenêtres...) ainsi les surfaces vitrées et ensoleillées.

Les différents types de protections proposées sont : avec voilage, rideaux, des occultations ou avec des types de vitrage isolant.

B. LA TOITURE

Après avoir abordé les parois de façades verticales, nous allons nous intéresser à la cinquième façade du bâtiment dite « toiture ». Cette dernière participe aussi à la limite de l'espace intérieur et à sa protection

Selon René VITTONÉ, la toiture se définit comme : « *un ensemble d'éléments porteurs et de protection destinés à former la fermeture supérieure de l'édifice, elle peut être inclinée ou horizontale. Toute construction trouve son achèvement, dans la toiture qui la protège des intempéries ou du soleil, comme elle protège aussi les occupants* »⁴⁸

a) LES TOITURES INCLINEES

Il s'agit des toitures de pente traditionnelle dont l'inclinaison par rapport à l'horizontale est supérieure à 5%⁴⁹. Les matériaux de ces couvertures sont nombreux afin d'éviter la pénétration des eaux de pluie. Elle peut être à un seul, à deux ou à plusieurs versants.

⁴⁸VITTONÉ.R, bâtir : manuel de la construction, éd PPUR Presses polytechniques, 2010, p551.

⁴⁹<http://fablab.web-5.org/lib/exe/fetch.php/projets:jardin:dtu43-1.pdf>.

b) LES TOITURES TERRASSES

C'est une couverture presque horizontale, construite selon l'utilisation qui en sera faite, terrasse accessible ou inaccessible. Cela va influencer sur le choix des matériaux, leur épaisseur, sur les caractéristiques de la protection de l'étanchéité⁵⁰... etc.

Remarque : RETA considère les toitures comme des planchers supérieurs opaques, horizontales (terrasse accessible, terrasse inaccessible, enterré) ou avec un degré d'inclinaison (toiture à versant). Cette paroi est en contact avec les locaux non chauffés et non conditionnés ou avec l'extérieur.

C. LE PLANCHER BAS :

Le plancher bas est un des éléments qui constituent l'enveloppe du bâtiment avec les façades et la toiture. Ce plancher représente une paroi inférieure qui désigne une surface horizontale dont sa face supérieure donne sur un local chauffé, tandis que sa face inférieure peut donner sur : local non chauffé, vide sanitaire ou sur terre-plein⁵¹.

Cette paroi constitue une source d'inconfort pour les occupants et de déperditions thermiques souvent importantes entre 7 et 10 % selon les cas⁵².

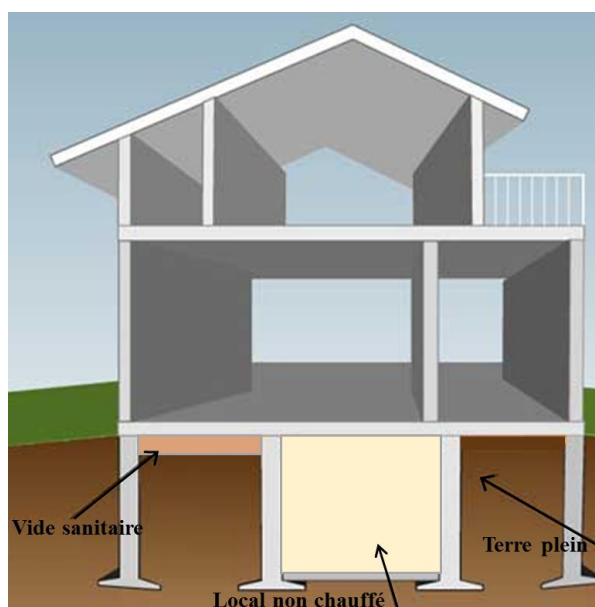


Figure 9: les différents dispositifs du plancher bas
Source : traité par l'auteur

⁵⁰ <http://www.cnrs.fr/aquitaine/IMG/pdf/Totures.pdf>.

⁵¹ Guide Des Bonnes Pratiques Pour La Rénovation Energétique Des Logements, Isolation des planchers bas. (http://www.ajena.org/renovact/media/technique_isolation-planchers-bas.pdf)

⁵²TALPIN .J, Economies d'énergie, éd France Agricole, 2010, p342.

Remarque : RETA considère le plancher bas du bâtiment en tant qu'une paroi opaque inférieure horizontale, en contact avec un local non chauffé ou sur terre-plein (plancher bas enterré).

3. LE COMPORTEMENT THERMIQUE DE L'ENVELOPPE DES BATIMENTS

3.1- L'INERTIE THERMIQUE

Un flux de chaleur s'établit lorsque les matériaux se trouvent exposés à des conditions climatiques données. Le maximum de température atteint sur la face extérieure n'est pas immédiatement senti sur la face intérieure de la paroi, Le temps de déphasage⁵³, est en fonction de l'inertie thermique des matériaux. Cette dernière désigne l'ensemble des caractéristiques thermo physiques d'un bâtiment qui le font résister à la variation des flux de chaleur qui s'exercent sur lui⁵⁴.

D'après Liebard⁵⁵ « l'inertie thermique est une notion qui recouvre à la fois l'accumulation de chaleur et sa restitution, avec un déphasage dépendant des caractéristiques physiques, dimensionnellement et d'environnement de la paroi de stockage »

L'inertie thermique a un effet positif sur l'ambiance intérieure du bâtiment en limitant l'inconfort dû aux fortes variations des températures, telle que montre la figure 10.

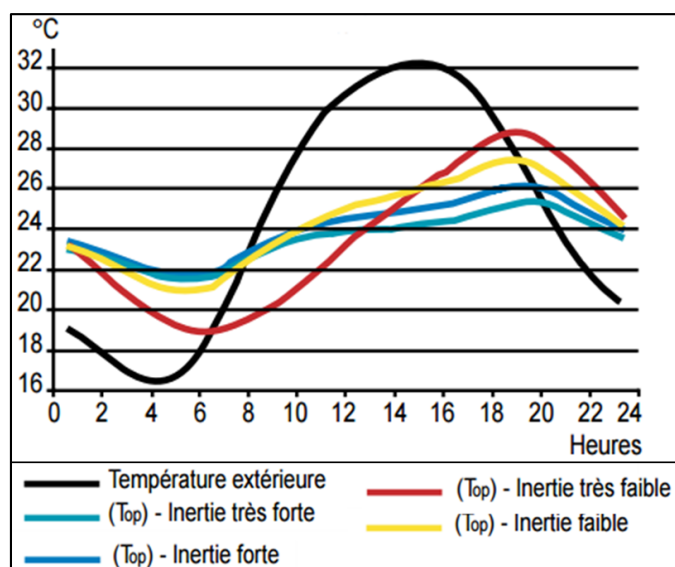


Figure 10 : exemples d'évolution des températures pour un logement collectif
Source : www.infociments.fr/telecharger/CT-B63.pdf

⁵³ **Déphasage** : correspond au temps que met une onde de chaleur pour traverser une paroi.

⁵⁴ ROULET.C.A, « Santé et qualité de l'environnement intérieur dans les bâtiments », éd Presses polytechniques et universitaire romandes, Lausanne, Suisse, 2004.

⁵⁵ LIEBARD.A, DE HERDE.A, Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques : concevoir, édifier et aménager avec le développement durable, éd Le Moniteur, 2006.

Les caractéristiques de l'inertie thermique peuvent être regroupées en deux grandeurs : la diffusivité et l'effusivité thermique⁵⁶.

La première « la diffusivité » caractérise la vitesse à laquelle se diffuse un flux de chaleur dans un matériau par conduction. Par conséquent, plus la diffusivité thermique d'un matériau est faible, plus la chaleur met du temps à le traverser. Elle dépend de la conductivité thermique du matériau et de sa capacité de stocker la chaleur. Tandis que, la deuxième « l'effusivité » renseigne sur la capacité d'un matériau à absorber ou restituer rapidement un apport de chaleur. Plus cette effusivité est élevée, plus le matériau absorbe rapidement de la chaleur sans se réchauffer en surface et à l'inverse, plus cette dernière est faible plus le matériau se réchauffe rapidement en surface en absorbant peu de chaleur⁵⁷.

Afin d'assurer le confort dans les bâtiments et de diminuer l'utilisation de climatisation, comme celle de chauffage, les parois doivent présenter une faible diffusivité et une forte effusivité⁵⁸. En outre, l'épaisseur du matériau joue un rôle primordiale, plus les murs sont épais et les matériaux sont lourds, plus l'inertie thermique est importante.

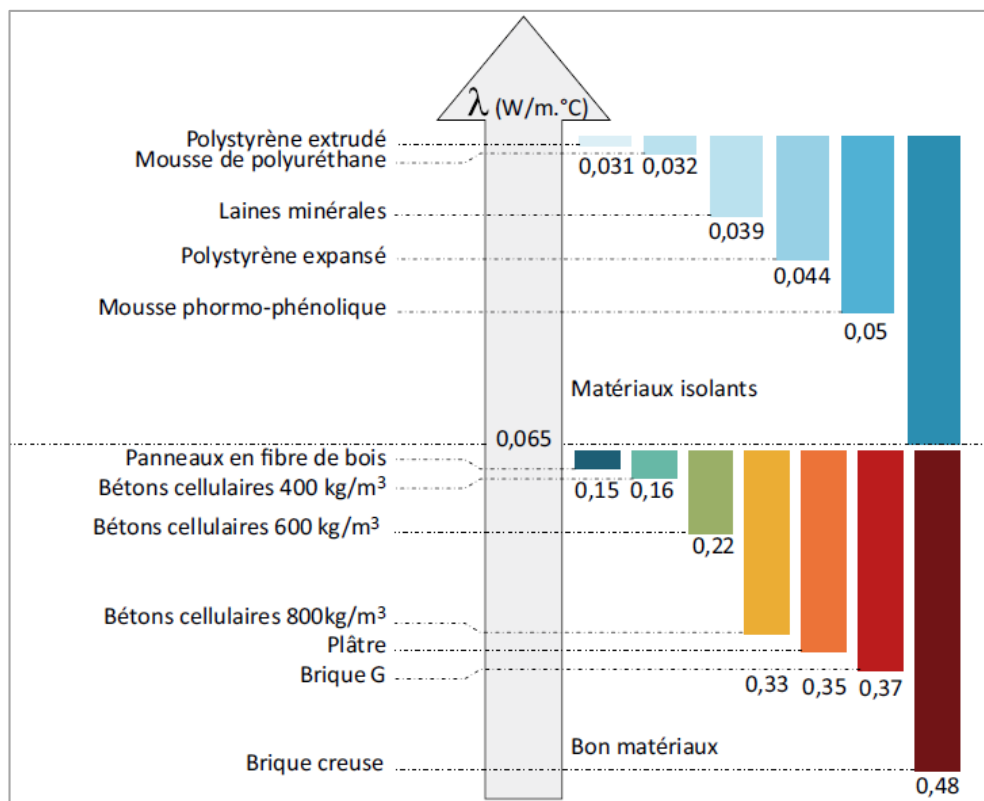


Figure 11: Conductivités thermiques de quelques matériaux

Source : Guide pour une construction éco énergétique en Algérie, APRUE et GIZ, 2014, PDF

⁵⁶TRACHTE.S, Matériau, matière d'architecture soutenable : Choix responsable des matériaux de construction, pour une conception globale de l'architecture soutenable, éd Presses univ, Louvain, 15 juil 2012, p69.

⁵⁷ Idem.

⁵⁸SADDOK.A, Etude du confort thermique des salles de cours des établissements scolaires à différentes typologies, Mémoire de magistère en architecture, Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou, 2016.

3.2- LES PONTS THERMIQUES

En général, les ponts thermiques sont dus à des contraintes constructives et ils sont des points faibles de l'enveloppe, où s'écoule plus de chaleur par rapport aux éléments adjacents.

Ils sont constitués par toute discontinuité dans la couche isolante, par un changement de matériaux, par une modification de la géométrie ou par un raccord de deux éléments de construction ⁵⁹(fig12).

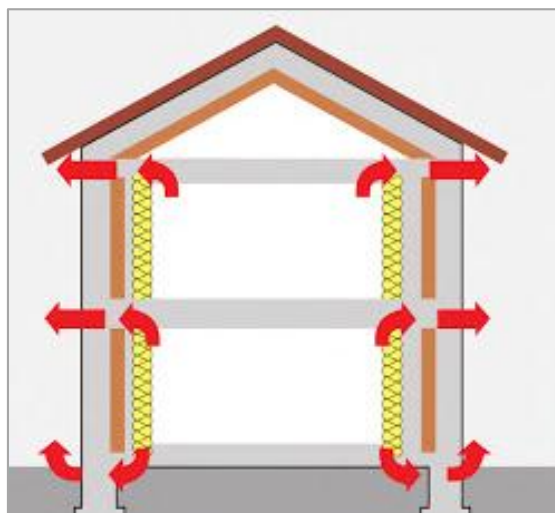


Figure 12: Exemple des ponts thermiques à travers l'enveloppe du bâtiment.

Source : Roulet .C-A, *Éco-confort : pour une maison saine et à basse consommation d'énergie*, Ed PPUR Presses polytechniques, 2012.

Ces ponts thermiques ne causent pas seulement des pertes de chaleur ,mais aussi des condensations superficielles là où il y a une baisse des températures superficielles et ceci peut faire apparaître des moisissures et par conséquent une dégradation de la paroi, ceci provoque par la suite, des dépenses énergétiques, un inconfort sur le plan d'hygiène et une détérioration progressive des matériaux⁶⁰.

D'un point de vue thermique, un pont thermique est une partie de l'enveloppe d'un bâtiment où la résistance thermique est modifiée de façon sensible. Il existe deux familles de ponts thermiques, que nous présentons ci-dessous. Il peut s'agir ⁶¹:

⁵⁹ZÜRCHER.C, FRANK.T, « Physique du bâtiment : Construction et énergie », éd vdf Hochschulverlag AG, Zürich, 2014.

⁶⁰ROULET .C-A, « Éco-confort : pour une maison saine et à basse consommation d'énergie », éd PPUR Presses polytechniques, 2012.

⁶¹TRACHTE.S, « Matériau, matière d'architecture soutenable : Choix responsable des matériaux de construction, pour une conception globale de l'architecture soutenable », éd Presses univ, Louvain, 2012.

- Des ponts thermiques linéaires : ils sont dus à l'interruption ou changement de l'isolation au niveau des liaisons entre les parois du bâtiment⁶², représentés dans la figure 14.
- Des ponts thermiques intégrés ou ponctuels : ils sont générés par l'interruption ou la dégradation de l'isolation au sein de la paroi. Souvent, ce type de pont thermique est causé par les éléments de fixation de l'isolant⁶³, représentés dans la figure 13.

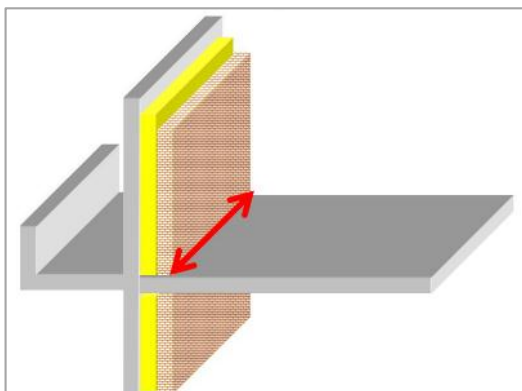


Figure 13: pont thermique linéaire : le cas d'un balcon.
Source : traité par l'auteur.

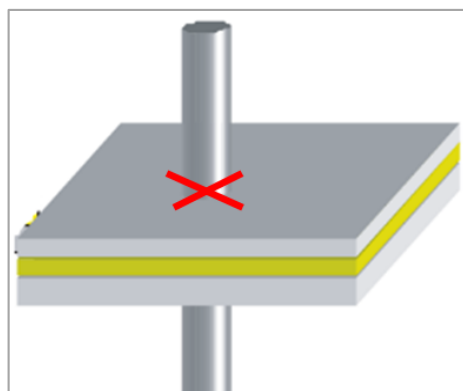


Figure 14: pont thermique ponctuel : le cas d'un poteau.
Source : traité par l'auteur.

3.3- ISOLATION THERMIQUE

La grande partie des déperditions d'une maison chauffée s'effectue à travers les surfaces de l'enveloppe « déperditions surfaciques » : toiture, murs et vitrage, ou à travers les ponts thermiques « déperdition linéique ». Ces fuites de chaleurs ne peuvent pas être limitées qu'avec une bonne isolation thermique.

Cette isolation est une mesure passive par excellence pour limiter les déperditions thermique et qui permet de réduire les consommations d'énergie de chauffage ainsi de climatisation en empêchant la chaleur ou la fraîcheur des logements de s'enfuir trop vite vers l'extérieur⁶⁴. Elle est assurée par l'intervention de deux principaux paramètres thermo-physiques qui sont en rapport avec les matériaux isolants :

- la conductivité thermique (λ)
- La résistance thermique (R)

⁶²ROULET .C-A, « Éco-confort : pour une maison saine et à basse consommation d'énergie », éd PPUR Presses polytechniques, 2012, p147.

⁶³Idem.

⁶⁴Idem.

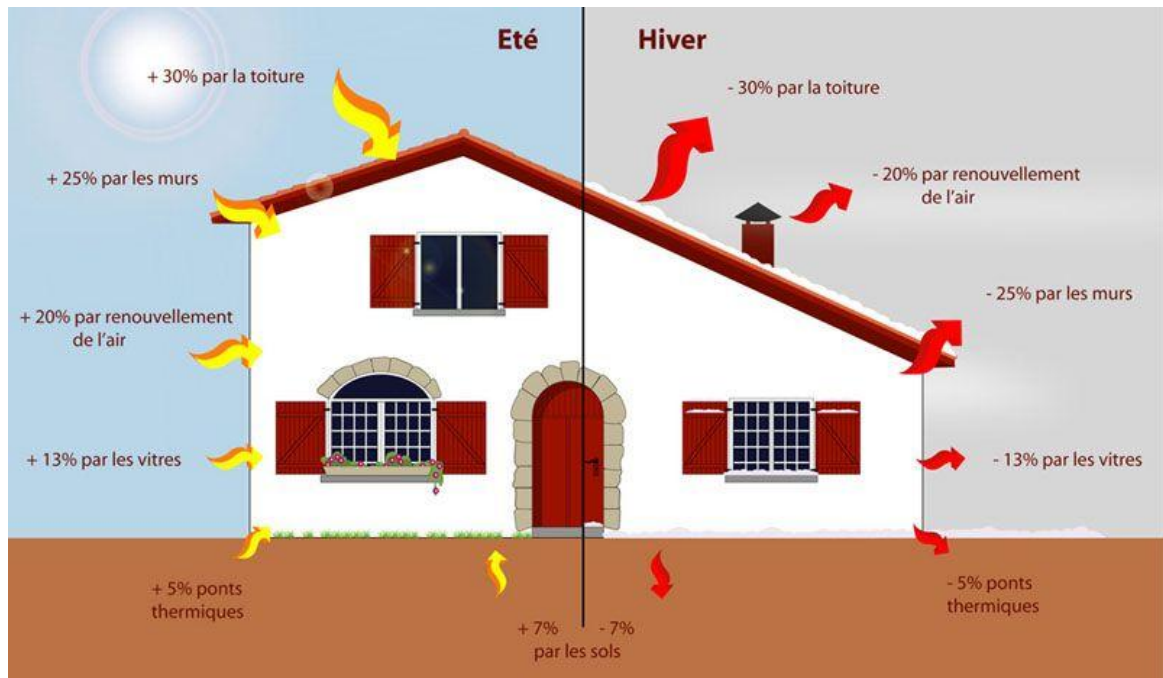


Figure 15: Les déperditions thermiques d'une maison non isolée à travers son enveloppe.

Source : (<http://www.cder.dz>)

Il existe principalement trois possibilités d'isoler une habitation, où l'isolant peut être placé à l'intérieur, à l'extérieur ou intégré « isolation répartie »⁶⁵.

L'isolation posée à l'intérieur est facile à mettre en œuvre, mais présente une faible inertie thermique et des ponts thermiques importants. C'est pourquoi elle n'est intéressante que dans les locaux devant être chauffés ou refroidis rapidement avec une inertie thermique réduite. Cette disposition est adoptée dans le cas de rénovation de bâtiment dont l'aspect de l'enveloppe doit être conservé⁶⁶ (figure16).

Contrairement à cette dernière, une isolation posée à l'extérieur présente plusieurs avantages, telle que : La suppression de la majorité des ponts thermiques (encadrement des baies, abouts de plancher ...), limitation des risques de condensation dans la maçonnerie de l'intérieur, protection des murs contre les intempéries et l'augmentation de l'inertie thermique (figure 17).

Concernant l'isolation répartie, est une combinaison des besoins en isolation au gros œuvre. Nous prenons comme exemple d'un mur comportant une lame d'air, il peut être à isolation

⁶⁵Rapport Technique, Document Technique Règlementaire, 'Règlement Thermique du Bâtiment', CNERIB, Alger, juin 2011.

⁶⁶ROULET .C-A, « Eco-confort Pour une maison saine et à basse consommation d'énergie », éd PPUR, 2012.

répartie si la lame d'air ne contient pas d'isolation thermique, ou à isolation intérieure si la lame d'air contient un isolant thermique entre les deux parois.



Figure 16 : isolation thermique de l'enveloppe par l'intérieur.
Source : traité par auteur.



Figure 17: isolation thermique de l'enveloppe par l'extérieur.
Source : traité par auteur.

4. LES STRATEGIES BIOCLIMATIQUES POUR AMELIORER LE CONFORT THERMIQUE

La stratégie bioclimatique cherche à composer avec le climat en rajoutant à l'enveloppe bâtie une considération autre qu'une frontière du domaine habitable, mais aussi pour qu'elle devienne un élément souple chargé de transformer un climat extérieur inconfortable en un climat intérieur agréable⁶⁷. Ceci permettra par la suite de réduire les besoins énergétiques, aussi bien ceux liés à la construction du bâtiment que ceux liés à son exploitation (chauffage, éclairage, etc.)

L'architecture bioclimatique se base sur un ensemble de choix en rapport avec la forme du bâtiment, son orientation en fonction des particularités du site (climat, ensoleillement, vents dominants, topographie... etc.), son implantation, la disposition des espaces et les matériaux utilisés⁶⁸. En été comme en hiver, L'architecture bioclimatique a développé des stratégies passives, profitant des aspects favorables de l'environnement, pour créer une ambiance intérieure confortable. Deux stratégies résument l'approche bioclimatique du confort thermique :

⁶⁷ LOGEMENTS A FAIBLES BESOINS EN ENERGIE Guide de recommandations et d'aide à la conception, ADEME.

(<https://www.autoconstruction.info/sites/www.autoconstruction.info/IMG/pdf/guide.pdf>)

⁶⁸ <http://www.asder.asso.fr/info-energie/eco-batiment/construction-et-renovation/conception-bioclimatique>

4.1- LE CONFORT D'ETE (STRATEGIE DU FROID)

Cette stratégie est mise en place pour la climatisation passive qui consiste à minimiser les risques de surchauffe par diverses techniques⁶⁹ : Se protéger du rayonnement solaire et éviter des apports de chaleur, minimiser les apports internes, dissiper la chaleur en excès et ventiler naturellement (figure18).

Cette stratégie comprend les points suivants :

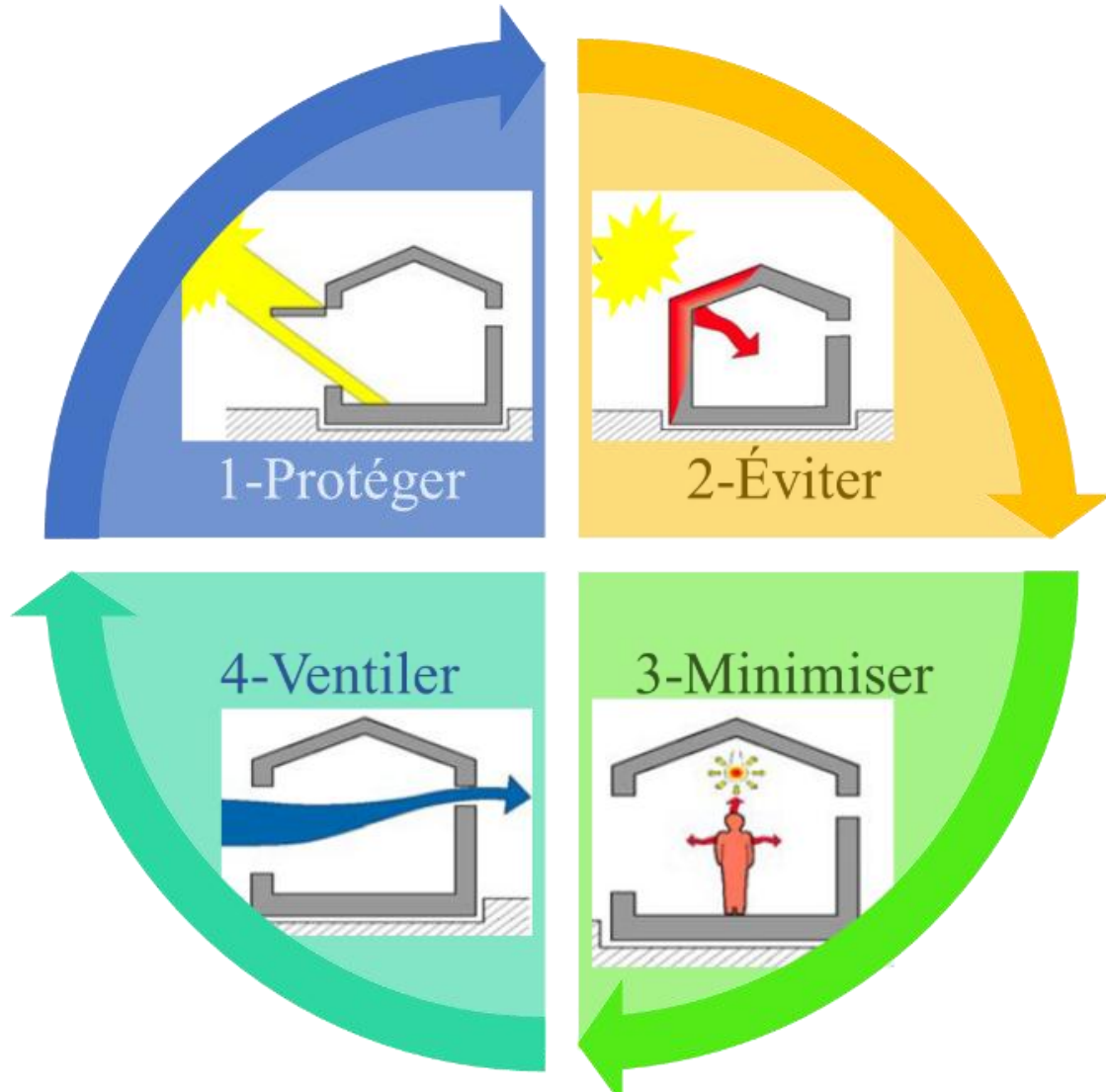


Figure 18: concepts de la stratégie du froid.
Source : auteur.

Protéger : Protéger les parois opaques du bâtiment en empêchant l'accumulation de la chaleur dans la masse. Les ouvertures sont plus prises en considération en disposant des

⁶⁹LIEBARD.A, De HERDE.A, Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques, éd Le Moniteur, 2005, p90.

écrans pour avoir de l'ombre_ sur les surfaces vitrés . Ces dispositions peuvent être permanents ,amovibles ou saisonniers (végétation)⁷⁰.

Minimiser : L'apport de chaleur en limitant les apports internes afin d'éviter les surchauffes dues aux occupants et à l'équipement⁷¹.

Ventiler : La ventilation naturelle peut être assurée en exploitant les gradients de température par un effet de cheminée. La pression du vent et la canalisation des flux d'air peuvent également être mise à profit pour évacuer l'air surchauffé de l'habitation⁷².

Refroidir : Les locaux par des moyens naturels comme la ventilation nocturne ou en augmentant la vitesse de l'air ou encore en disposant des plans d'eau, des fontaines, de la végétation, des conduites enterrés...etc⁷³.

4.2- LE CONFORT D'HIVER (STRATEGIE DU CHAUD)

Comme la protection des surchauffes en été est importante, la récupération de la chaleur en période froide pour se chauffer est de la même importance.

Les principes de la stratégie de chaud sont les suivants (figure19)⁷⁴ : capter le rayonnement solaire, stocker l'énergie ainsi captée, distribuer cette chaleur dans l'habitation, réguler cette et enfin éviter les déperditions dues au vent.

Capter : le rayonnement solaire reçu par un bâtiment dépend du climat et des variations journalières ou saisonnières, de l'orientation du bâtiment, de la nature des surfaces et des matériaux, de la topographie du lieu, de l'ombrage .La chaleur capter est transformée en chaleur⁷⁵.

Stocker : lorsque le rayonnement solaire produit la chaleur au moment où elle n'est pas nécessaire, cette énergie est stockée par les matériaux suivant sa capacité d'accumulation pour la sentir au moment du besoin⁷⁶.

⁷⁰LIEBARD.A, De HERDE.A, Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques, éd Le Moniteur, 2005, p90.

⁷¹ Idem.

⁷² Idem.

⁷³ Idem.

⁷⁴Idem, p88.

⁷⁵ Idem.

⁷⁶ Idem.

Conserver : la limitation des déperditions thermiques du bâtiment pour pouvoir conserver la chaleur de différentes sources par une bonne étanchéité de l'enveloppe et sa forme dans un climat froid ou frais⁷⁷.

Distribuer : la répartition de la chaleur dans les lieux souhaitable du bâtiment ; cette distribution peut être effectuée par une restitution de la chaleur accumulée dans un matériau durant la période d'ensoleillement ou par la thermo-circulation de l'air⁷⁸.

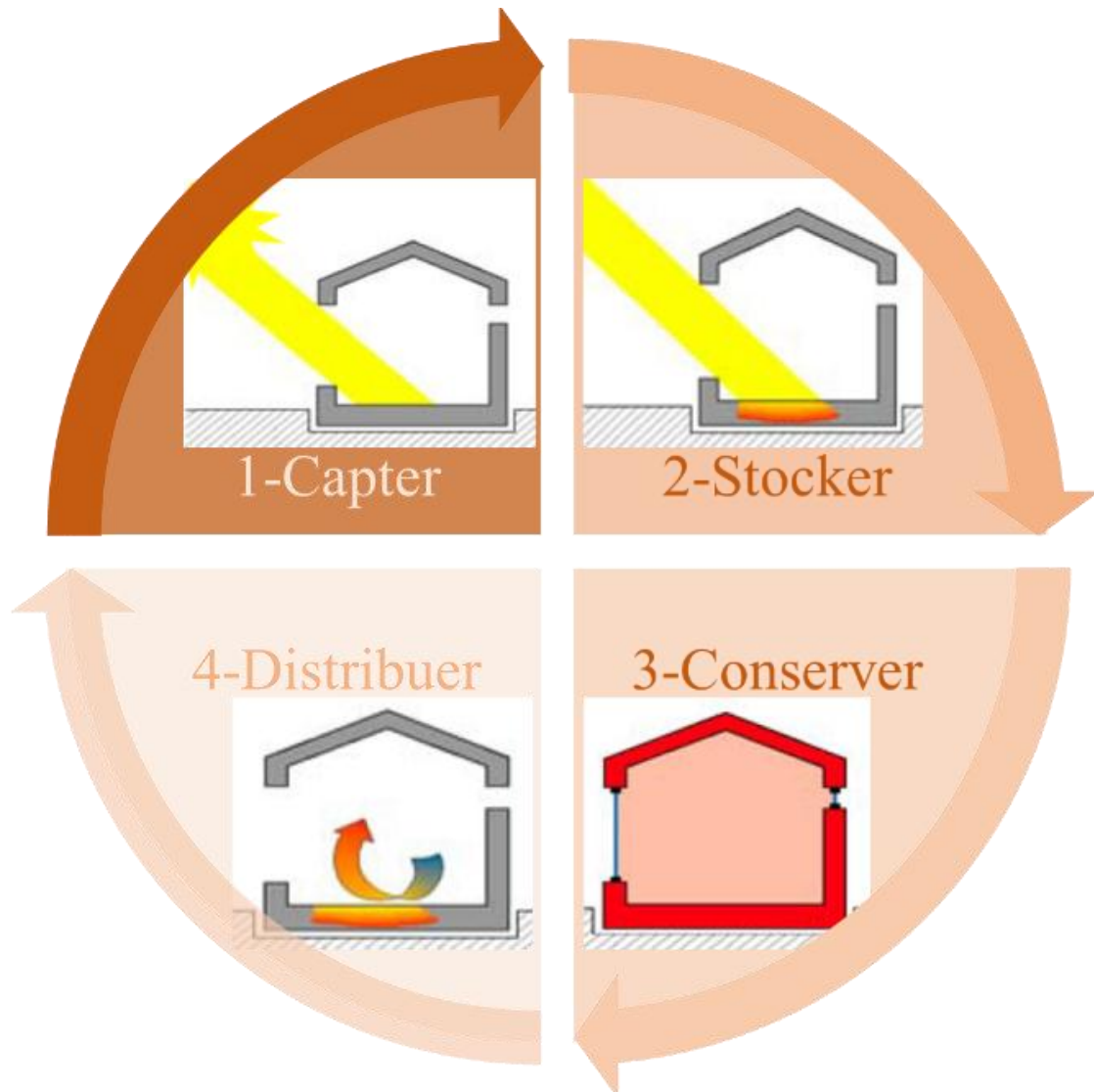


Figure 19: concepts de la stratégie du chaud.
Source : auteur.

⁷⁷ LIEBARD.A, De HERDE.A, « Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques », éd Le Moniteur, 2005, p88.

⁷⁸ Idem.

5. CONCLUSION

La notion de confort thermique d'un bâtiment peut être perçue selon le comportement de son enveloppe architecturale vis-à-vis de l'environnement climatique. Elle est composée des parois verticales opaques et vitrées, ainsi que d'une toiture pour assurer les limites entre l'intérieur habitable et l'extérieur. Les matériaux qui constituent cette barrière se caractérisent par des paramètres propres tels que l'isolation, l'inertie, la diffusivité et l'effusivité thermiques... etc.

Enfin, nous avons jugé utile d'évoquer l'architecture bioclimatique passive avec des méthodes utilisant les énergies renouvelables liées aux différentes méthodes pour améliorer le confort à l'intérieur des édifices pendant toute l'année, en développant des stratégies telles que la stratégie du froid afin d'éviter les risques de surchauffe en été, ainsi que la stratégie du chaud adaptée en hiver.

Après les connaissances acquises dans ce chapitre sur l'enveloppe architecturale, ses composantes et performances thermiques, nous allons nous focaliser dans le prochain chapitre sur la réglementation algérienne exigée dans le domaine de la thermique des bâtiments, ainsi que l'évaluation de ce dernier à l'aide des outils de simulation utilisés à l'étranger et en Algérie pour pouvoir évaluer le confort de notre étude de cas.

L'ENVELOPPE ARCHITECTURALE	I- LES ELEMENTS DE COMPOSITION DE L'ENVELOPPE ARCHITECTURALE	1-LES PAROIS DE FAÇADES VERTICALES	1-le plein
			2-le vide
			3-les protections solaires
		2-LA TOITURE	1-les toitures inclinées
			2-les toitures terrasses
		3-LE PLANCHER BAS	1-sur un local non chauffé
			2-sur un vide sanitaire
			3-sur terre-plein
		II- LE COMPORTEMENT THERMIQUE DE L'ENVELOPPE DE BATIMENT	1-L'INERTIE THERMIQUE
	2-l'effusivité		
	2-LES PONTS THERMIQUE		1-pont thermique ponctuel
			2-pont thermique linéaire
	3-ISOLATION THERMIQUE		1-L'isolation par l'intérieur
			2-L'isolation par l'extérieur
		3-L'isolation intégré	
III- LES STRATEGIES BIOCLIMATIQUES POUR ASSURER LE CONFORT THERMIQUE	1-STRATEGIE DU FROID	1-Protéger	
		2-Minimiser	
		3-Ventiler	
		4-Refroidir	
	2-STRATEGIE DU CHAUD	1-Capter	
		2-Stocker	
		3-Conservier	
		4-Distribuer	

Tableau 2: Tableau synthétique du deuxième chapitre.
Source : auteur.

CHAPITRE III :
LA REGLEMENTATION DU
CONFORT THERMIQUE

CHAPITRE III : LA REGLEMENTATION DU CONFORT THERMIQUE

1. INTRODUCTION

La réglementation thermique du bâtiment est un ensemble de règles à appliquer dans le bâtiment afin d'augmenter le confort des occupants tout en réduisant la consommation énergétique (notamment le chauffage en hiver et la climatisation en été).⁷⁹

Les objectifs de la réglementation thermique sont donc économiques pour réduire la facture énergétique des bâtiments, soit pour de l'habitation (résidentiel) ou pour tout autre usage (tertiaire) en tenant compte de nombreux paramètres dont l'isolation, l'ensoleillement, la ventilation, les équipements et les systèmes de chauffages.

Dans ce qui suit, nous nous sommes intéressés à la réglementation thermique algérienne, afin de voir quelles sont les approches et les techniques utilisées ainsi que les exigences prédéfinies pour contribuer à des bâtiments à basse consommation énergétique et qui assurent le confort des occupants.

2. LE CONTEXTE DE LA REGLEMENTATION THERMIQUE EN ALGERIE :

En Algérie, plusieurs dispositifs réglementaires étaient développés dans les années 1990 concernant l'efficacité énergétique dans le secteur d'habitat. Par la suite, Le ministère de l'habitat et de l'urbanisme a mis en place des documents techniques réglementaires (DTR) en 1997 après des réflexions engagées en 1995, afin de déterminer les valeurs de référence relatives aux déperditions et aux apports calorifiques des bâtiments neufs à usage d'habitation et tertiaire, les méthodes de calcul des déperditions et des apports calorifiques pour les différentes zones climatiques⁸⁰.

Ces documents techniques réglementaires ont par la suite été approuvés par le ministère de l'habitat et ils ont fait l'objet après la mise en application de la loi 99.09, relative à la maîtrise de l'énergie dans le secteur du bâtiment, par la promulgation le 24 avril 2000

⁷⁹ La RT 2012 pour les logements individuels, Lettre d'information n°4, Février 2013, p3.

(<http://www.infoenergie-bourgogne.org/wp-content/uploads/2014/10/Lettre-info-energie-bourgogne-4.pdf>)

⁸⁰ KHOUDJA.A, Comment faire le bilan thermique de sa maison par le DTR ?, recherche et développement, Bulletin n° 32, APRUE, 2014, Alger, p08-09.

(http://www.cder.dz/vlib/bulletin/pdf/bulletin_032_05.pdf)

d'un décret exécutif .Jusqu'à aujourd'hui, la législation sur la construction a fait l'objet de nombreuses refontes concernant les actions de maîtrise de l'énergie proposées pour ce secteur.

Dans le cadre de cette réglementation, le Centre National d'Etudes et de Recherches Intégrées du Bâtiment (CNERIB) a préparé trois documents techniques réglementaires à l'usage des professionnels du bâtiment à savoir :

- Le DTR.C 3-2 qui établit les règles de calcul des déperditions calorifiques d'hiver pour les bâtiments à usage d'habitation.
- Le DTR.C 3-4 relatif aux règles de calcul des apports calorifiques d'été pour les bâtiments.
- Le DTR.C 3-31 relatif à la ventilation naturelle des locaux à usage d'habitation.

Ce document technique règlementaire a pour objectif de :

- fixer les méthodes de détermination des déperditions et des apports calorifiques des bâtiments
- fixer les méthodes de vérification de la conformité des bâtiments à la réglementation thermique
- l'introduction des déperditions calorifiques de base et des apports totaux dans ce DTR. Elle contribue au dimensionnement des installations de chauffage et de climatisation des bâtiments

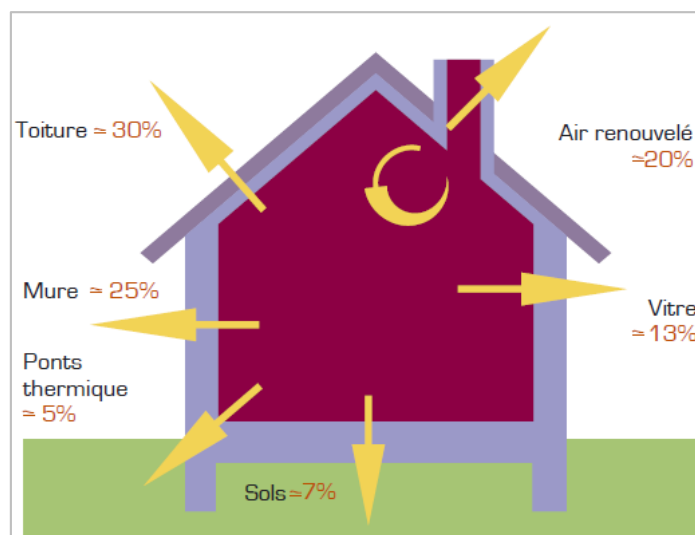


Figure 20: Les déperditions thermiques d'une maison non isolée à travers son enveloppe.

Source : http://www.aprue.org.dz/lettres/aprue_10.pdf

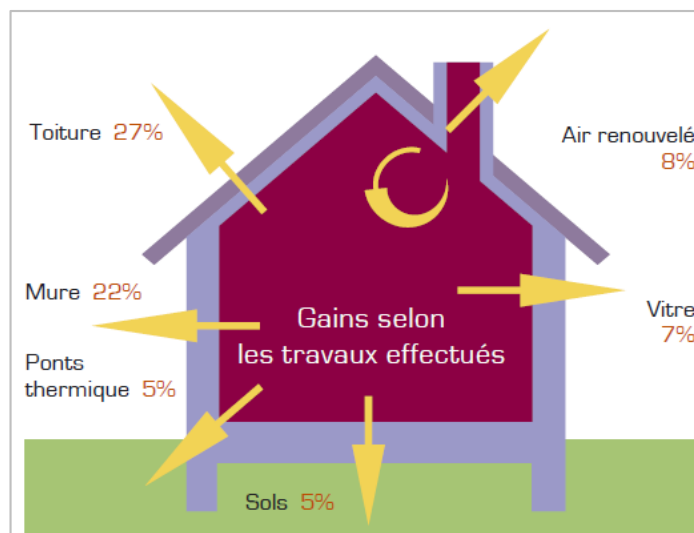


Figure 21: Les déperditions thermiques d'une maison bien isolée à travers son enveloppe.
Source : http://www.aprue.org.dz/lettres/aprue_10.pdf

Le directeur des projets de l'Agence nationale pour la promotion et la rationalisation de l'utilisation de l'énergie (APRUE) a indiqué « Cette réglementation dont la finalité est le renforcement de la performance énergétique globale du bâtiment, laisse ainsi de larges possibilités aux concepteurs et aux maîtres d'ouvrage de choisir entre les performances thermiques globales du bâtiment aussi bien dans le choix des matériaux que la conception du cadre bâti »⁸¹,

Suite à l'application de cette réglementation ,40% pour les besoins en chauffage et en climatisation vont être réduite selon des estimations données par APRUE⁸² en fixant des exigences en matière de performance énergétique de l'enveloppe.

2.1- PRESENTATION DU D.T.R C 3-2 :

Le Document Technique Réglementaire (DTR C 3-2) apporte une première réponse aux problèmes liés à la thermique du bâtiment. Il offre aux professionnels des méthodes d'évaluations thermiques des bâtiments en hiver .Son objectif est de pouvoir déterminer les déperditions calorifiques de bâtiment et de vérifier sa conformité à la réglementation thermique, puis, de contribuer au dimensionnement des installations de chauffage de ce dernier. Ces méthodes de déterminations des déperditions calorifiques du règlement

⁸¹ DALIK, « Mise en application de la réglementation thermique des bâtiments », La Lettre de l'Aprue, Bulletin trimestriel n° 10, décembre 2006, APRUE, Alger, p 06.
(http://www.aprue.org.dz/lettres/aprue_10.pdf)

⁸²APRUE : l'Agence Nationale Pour La Promotion Et La Rationalisation De L'Utilisation De L'Energie.

s'appliquent à tous types de locaux, mais la vérification des déperditions de référence ne concerne que les locaux à usage d'habitation⁸³.

L'exigence réglementaire sur laquelle s'appuie ce DTR C 3-2 consiste à limiter les déperditions calorifiques des logements en fixant un seuil à ne pas dépasser. Une économie de 20 à 30% sur la consommation d'énergie pour le chauffage des logements est assurée suite au respect de ce seuil appelé « déperdition de référence⁸⁴ »

Les méthodes de calcul présentées sont des méthodes simples, permettant de trouver des solutions techniques accessibles.

Ce document technique réglementaire prend en compte d'autres dispositions aux thermiques du bâtiment en ajoutant d'autres textes réglementaires relatives :

- Au Problème d'été.
- Aux Locaux A Usage Autre Que d'habitation.
- A l'aération Des Locaux.
- Au Problème d'hiver En Introduisant Non Seulement Les Déperditions Calorifiques, Mais Egalement Les Apports Solaires Et Internes.
- A La Migration De Vapeur d'eau Et A Sa Condensation

La méthode présentée dans le document technique réglementaire DTR C 3-2 repose sur quatre étapes principales :

1. Définir les volumes thermiques.
2. Calculer pour chaque volume thermique les pertes par transmission et les pertes par renouvellement d'air.
3. Vérifier que les déperditions par transmission du logement si elles sont inférieures aux déperditions de référence.
4. Calculer éventuellement les déperditions de base qui expriment les besoins de chauffage.

⁸³Rapport Technique, 'Document Technique Réglementaire, "Règlement Thermique du Bâtiment"', CNERIB, Alger, juin 2011.

⁸⁴Déperdition de référence **Dref** est calculé par la formule suivante : $D_{ref}=a \times S_1 + b \times S_2 + c \times S_3 + d \times S_4 + e \times S_5$, où les **S** représentent les surfaces des parois en contact avec l'extérieur (toiture, plancher, mur..) et les coefficients a,b,c,d ,sont donnés par rapport à la nature du logement et de la zone climatique .

Les déperditions calorifiques d'un bâtiment, telles que présentées dans le D.T.R. C3-2, peuvent être résumées à travers le schéma suivant :

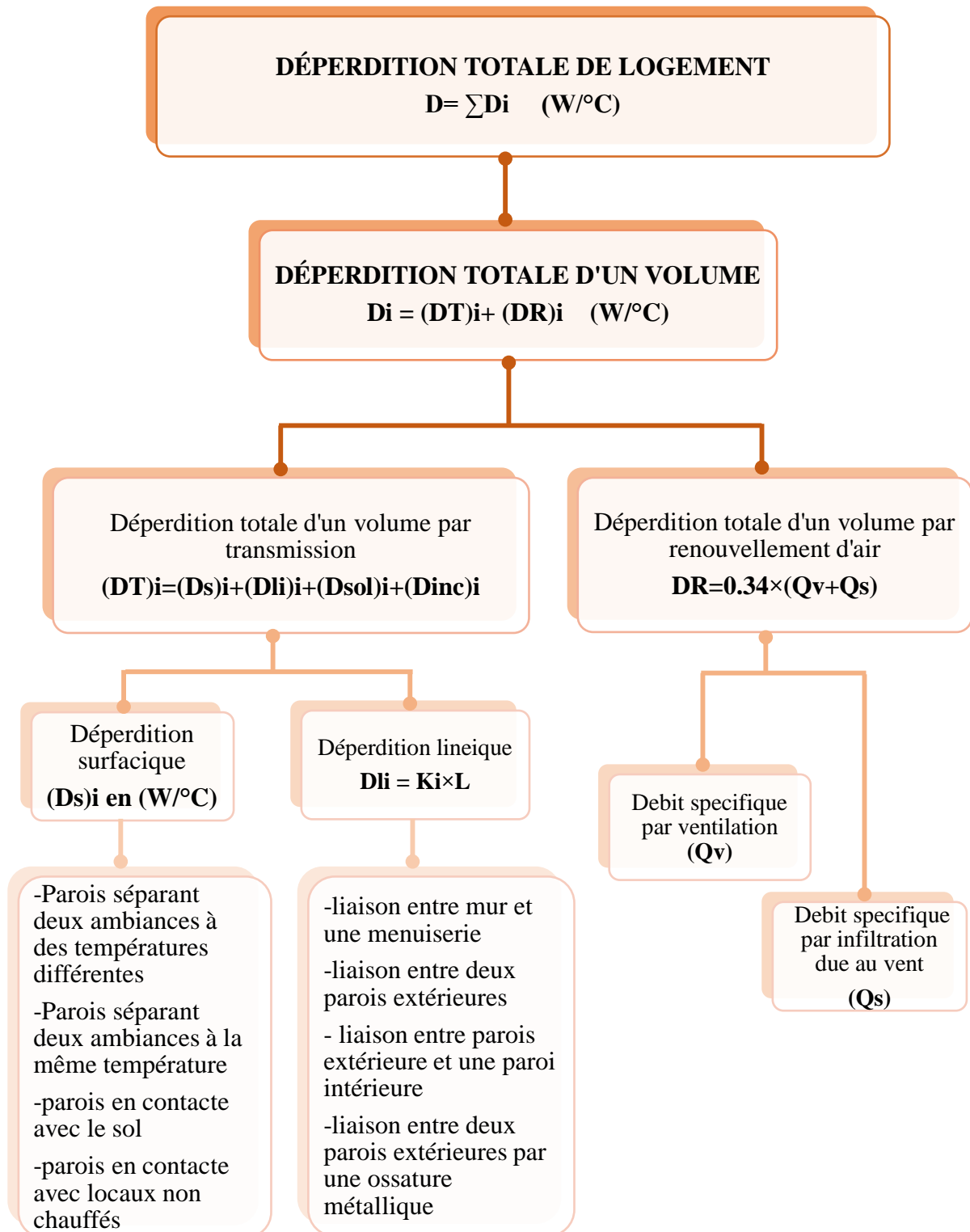


Figure 22: Les déperditions calorifiques totales selon le D.T.R C 3-2.

Source : auteur.

2.2- PRESENTATION DU D.T.R C 3-4 :

Le DTR C 3-4 édité en faisant référence au DTRC 3-2 «Réglementation thermique des bâtiments d'habitation - Règles de calcul des déperditions» par le CNERIB en 1998. Il a pour objet de fixer les méthodes de détermination des apports calorifiques des bâtiments, ainsi que la méthode de vérification de la conformité à la réglementation thermique d'été des bâtiments. Il s'applique à la plupart des locaux, entre autres ceux à usage d'habitation, d'hébergement, de bureaux, d'enseignement, d'accueil, de réunion, de vente, de restauration, artisanal, etc. Mais les vérifications réglementaires ne concernent que les locaux à usage d'habitation, de bureaux et d'hébergement.

Dans ce document technique DTR C 3-4, la question des apports calorifiques est abordée en six chapitres, dans un premier temps, par un rappel des formules générales et des conditions de base, par la suite, le développement en détail des règles et des méthode de calcul des apports calorifiques dus à l'environnement extérieur traversant les différents compartiments de l'enveloppe du bâtiment et ceux dus à l'environnement intérieur.

Les apports de chaleur par les parois opaques extérieures tiennent compte de la différence de température entre les faces des parois, de l'ensoleillement, de l'amortissement et du déphasage dans la paroi du flux de chaleur induit. Alors que les apports de chaleur par ensoleillement dus aux parois vitrées, ainsi que les gains internes, sont calculés en considérant qu'une partie de ces gains est amortie par les parois opaques internes et externes.

Les apports calorifiques doivent être déterminés selon les étapes suivantes⁸⁵ :

1. Définition des zones (ou volumes) thermiques : une zone thermique est un volume d'air dont les conditions intérieures sont supposées être homogènes
2. Détermination de l'intervalle de temps critique : pour chaque façade, on détermine l'heure qui correspond aux gains maxima par transmission à travers les parois opaques et vitrées.
3. Calcul des apports calorifiques pour chaque volume thermique et pour toutes les heures situées dans l'intervalle de temps critique
4. Calcul des apports calorifiques effectifs
5. Calcul de la puissance frigorifique

⁸⁵ DTR 3-4 Les Règles De Calcul Des Apport Calorifiques Des Bâtiments « CLIMATISATION», éd CNERIB, 2005.

6. Adoption d'un système de conditionnement d'air (aspect non traité par ce DTR).

Les apports calorifiques d'un bâtiment, tels que présentés dans le D.T.R. C 3-4, peuvent être résumés par le schéma ci-dessous.

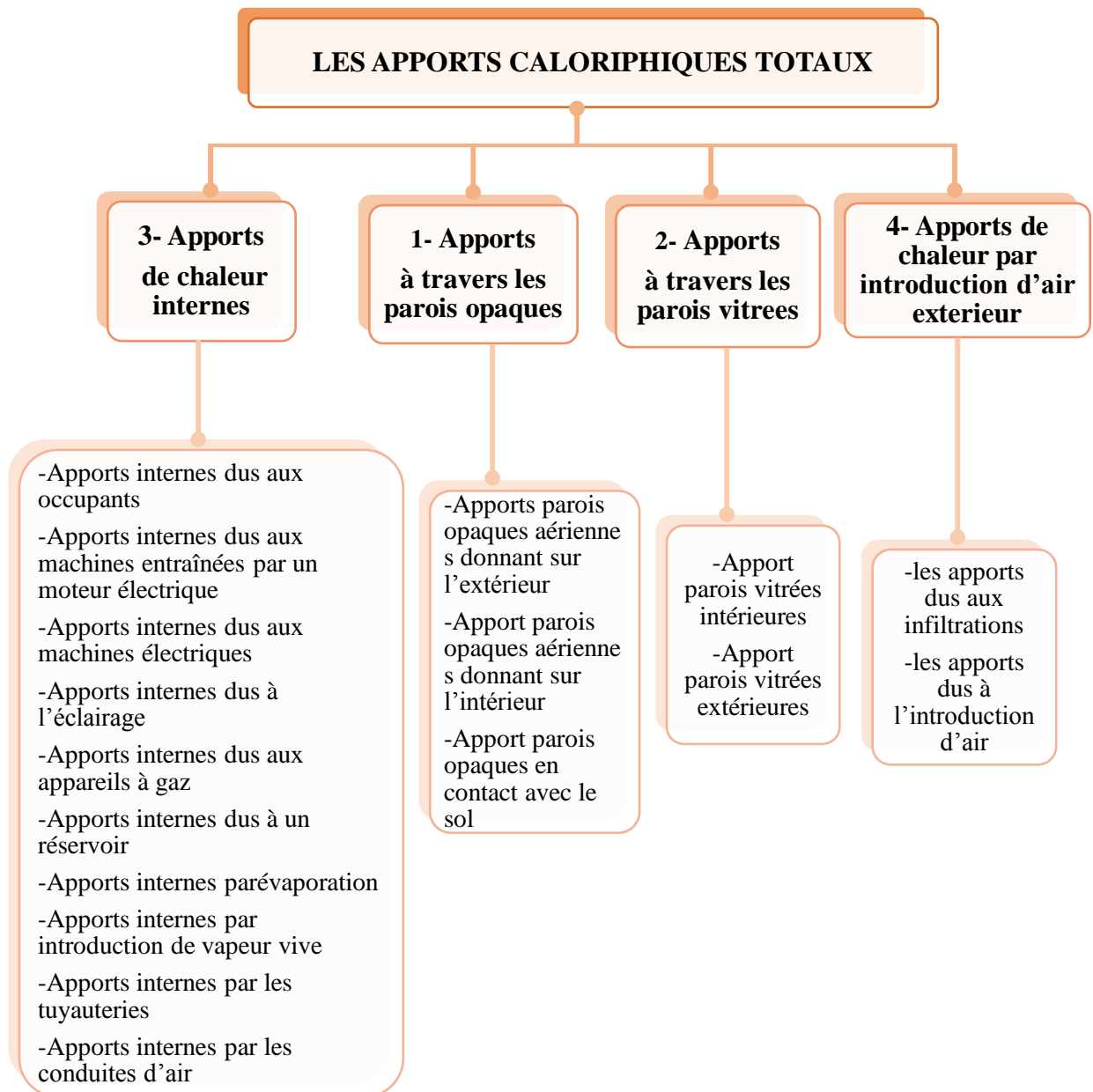


Figure 23: Les Apports calorifiques totaux selon le D.T.R C 3-4.

Source : auteur.

3. LES OUTILS DE LA SIMULATION NUMERIQUE DU CONFORT THERMIQUE

La simulation numérique est une méthode permettant de réaliser des études de conception ou d'analyse pour les bâtiments. Elle peut être appelée tout au long de la vie du bâtiment pour vérifier sa conformité thermique. En phase de conception, elle permet à l'architecte de prévoir un projet qui assure le bien-être dans un environnement dit conventionnel. En phase d'exploitation, la comparaison entre un calcul thermique et des données de consommations peut permettre d'identifier le paramétrage des systèmes énergétiques et climatiques. Enfin dans un projet de rénovation, le bureau d'étude utilise les résultats d'un audit énergétique pour nourrir la simulation numérique afin d'étudier différentes solutions de rénovation et les comparer en termes de gains énergétiques ou de retour sur investissements.⁸⁶

Le logiciel utilisé dans le cadre de cette recherche, RETA est le premier logiciel développé en Algérie pour la vérification de la conformité des bâtiments en se basant sur la réglementation thermique algérienne.

3.1- LES OUTILS DE LA SIMULATION NUMERIQUE DU CONFORT THERMIQUE A L'ETRANGER

3.1.1- Logiciel de simulation TRNSYS

Le logiciel TRNSYS ⁸⁷(TRaNsient SYstem Simulation Program) est spécialisé dans la simulation thermique dynamique appliquée au bâtiment, proposée par le CSTB (*Centre Scientifique et Technique du Bâtiment*)⁸⁸

La bibliothèque standard des composants permet la modélisation de l'enveloppe d'un bâtiment et les caractéristiques de son équipement (systèmes de chauffage, climatisation) pour mener une étude de zone détaillée de son comportement thermique.

Ses avantages sont⁸⁹ :

⁸⁶ <https://www.ecotropy.fr/2016/09/simulation-thermique-batiments/>

⁸⁷ TRNSYS : programme de simulation de systèmes transitoires.

⁸⁸ <http://www.trnsys.com/>

⁸⁹ MOKHTARI.F, Formation sur le logiciel TRNSYS, Environnement complet et extensible dédié à la simulation dynamique des systèmes, Bulletin des Energies Renouvelables n° 15-16, 2009, p13. (http://www.cder.dz/vlib/bulletin/pdf/bulletin_015_07.pdf)

- Approche modulaire, il est extrêmement flexible pour modéliser un ensemble de système thermique à différents niveaux de complexité.
- L'accès au code source permet aux utilisateurs de modifier ou d'ajouter des composants qui ne figurent pas dans la librairie d'origine.
- Documentation vaste sur les sous-programmes y compris explications, usages usuels, équations de base.
- Définition très souple de la période de simulation : choix du pas de temps, du début et de la fin de la simulation.
- L'ouverture en termes de connexions vers d'autres outils et langages de programmations (qui rendra compatible l'outil avec la maquette numérique (BIM)).

TRNSYS permet aux bureaux d'études, de simuler les performances thermiques d'un bâtiment, y compris en géométrie 3D, afin de :

- ✓ réduire le temps et le coût des études.
- ✓ prendre en compte des phénomènes physiques dynamiques.
- ✓ valider les choix architecturaux et d'équipements.
- ✓ réaliser des bâtiments énergétiquement performants.
- ✓ expérimenter des approches novatrices compatibles HQE.

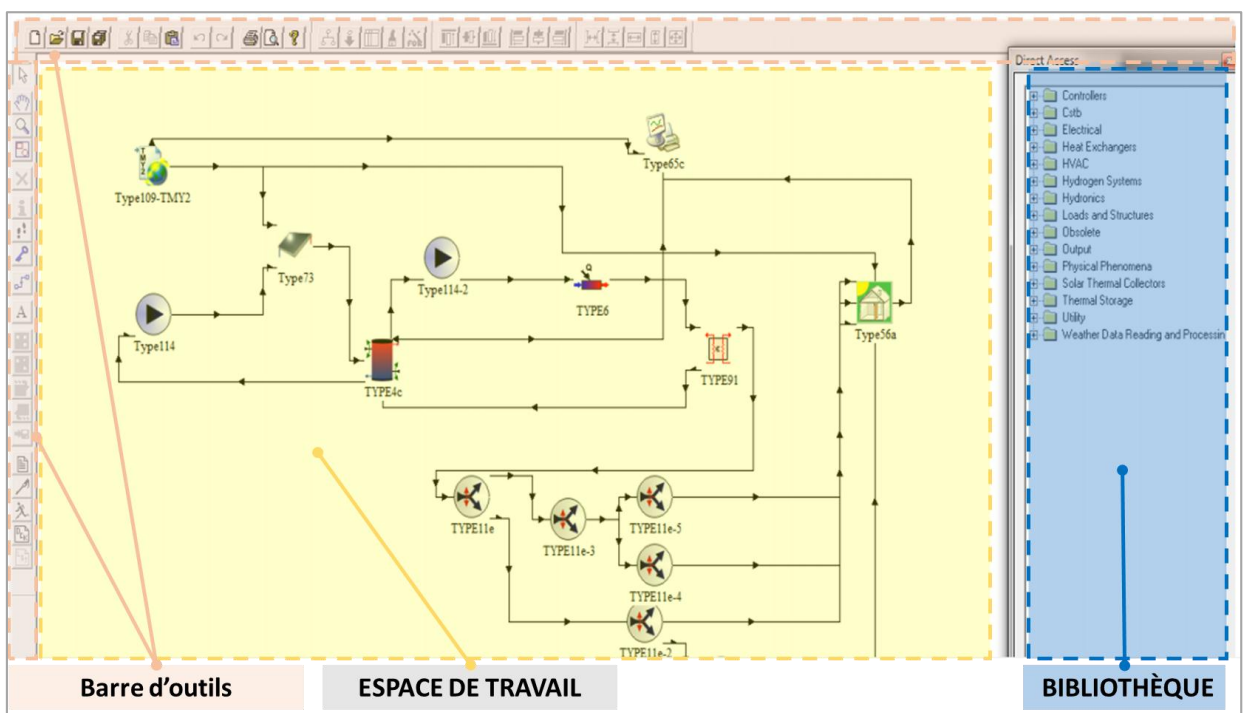


Figure 24: interface de TRNSYS.

Source : traité par l'auteur.

3.1.2- Logiciel de simulation ArchiWIZARD

ArchiWIZARD, est un logiciel numérique appliquée au calcul thermique du bâtiment dès l'esquisse et jusqu'à l'achèvement des travaux, aussi comme le logiciel TRANSYS, il est utilisé pour des conceptions ou même dans les cas de rénovation.

Ce logiciel de simulation thermique et de calcul réglementaire est adapté aux besoins des professionnels du bâtiment (architectes, bureau d'études,...) suite à sa connexion directe avec les maquettes numériques « principales » (Revit, ArchiCAD,...) et même avec le logiciel de modélisation 3D Sketch Up, ce qui permet de tester, vérifier, valider et démontrer la performance énergétique d'un bâtiment.

L'avantage principal de ce logiciel est de permettre d'importer la géométrie de conception ou de l'existant à partir de tous les formats actuellement existants, et d'effectuer en temps réel le calcul thermique et d'éclairage. ArchiWIZARD permet d'effectuer une SED⁹⁰ en appelant le moteur de calcul Energy+. Il permet de Simuler les performances et valider la conformité réglementaire avec un seul et même outil ⁹¹:

- Calcul réglementaire avec le moteur de calcul RT2012⁹² officiel.
- Simulation Thermique Dynamique.
- Calcul des déperditions et dimensionnement des équipements de chauffage.
- Simulation lumière naturelle et consommation d'éclairage artificiel.
- Simulation énergétique temps réel pour l'aide à la conception.

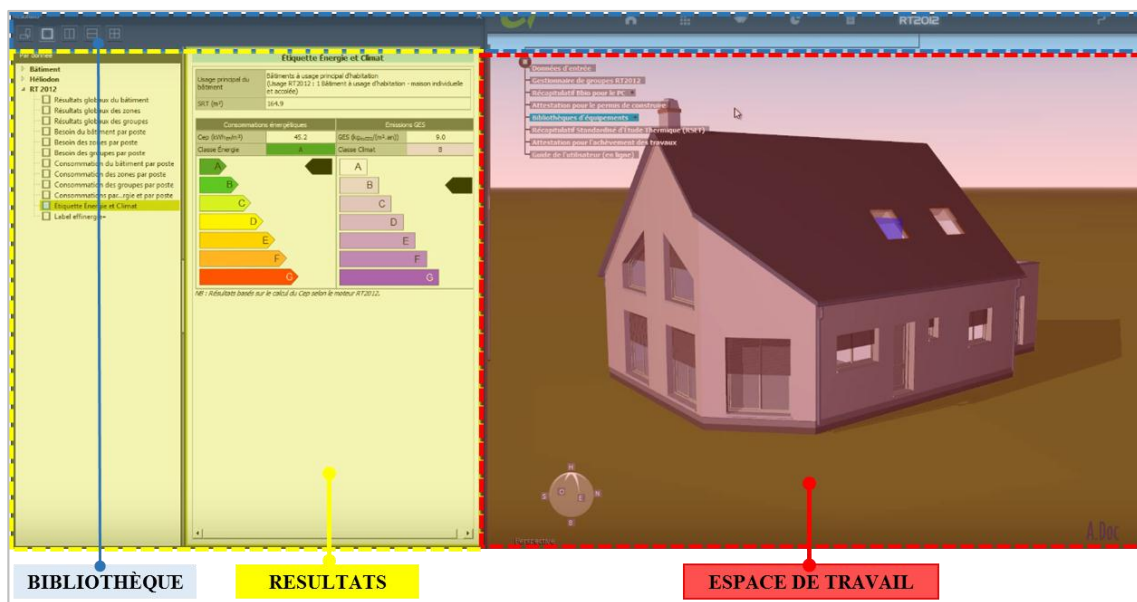


Figure 25: interface d'ArchiWIZARD.

Source : traité par l'auteur.

⁹⁰ SED : la Simulation Energétique Dynamique.

⁹¹ <http://www.graitec.com/fr/archiwizard.asp>

⁹² RT2012 : la réglementation thermique française du 2012.

3.2- L'OUTIL DE LA SIMULATION NUMERIQUE DU CONFORT THERMIQUE EN ALGERIE

- RETA

Une coopération composée d'experts nationaux appartenant à différentes institutions, telle que CDER , CNERIB et experts internationaux de la coopération allemande au développement (GIZ⁹³) a été créé en 2012, dans le but de construire le nouveau siège d'une banque régionale à Batna en intégrant les mesures d'efficacité énergétique. Pour atteindre cet objectif, un document cite 14 critères d'évaluation de l'efficacité énergétique dans le bâtiment tels que la protection thermique en été, les besoins en énergie en hiver selon les saisons, les émissions de CO2, l'utilisation des énergies renouvelables et la puissance électrique⁹⁴.

Ce document devait être une référence pour les projets futurs en termes de réglementation thermique algérienne et performance énergétique du bâtiment à l'aide d'un dispositif d'évaluation thermique. Ainsi, un logiciel de calcul thermique nommé CTBAT a été développé sous la direction de l'APRUE.

Par la suite, l'équipe bioclimatique du CDER a développé en 2015, une application baptisée RETA - **R**Églementation **T**hermique Algérienne-afin de profiter de cette dernière expérience. Ceci permet de vérifier la conformité des projets de construction de bâtiments aux normes algériennes (DTR C3-2 et DTR C3-4). En effectuant les calculs thermiques nécessaires sur un site web⁹⁵ libre d'accès sous forme d'interface graphique, qui permet de décrire les différents composants d'un bâtiment et d'effectuer le calcul thermique pour éviter les erreurs et la perte de temps.

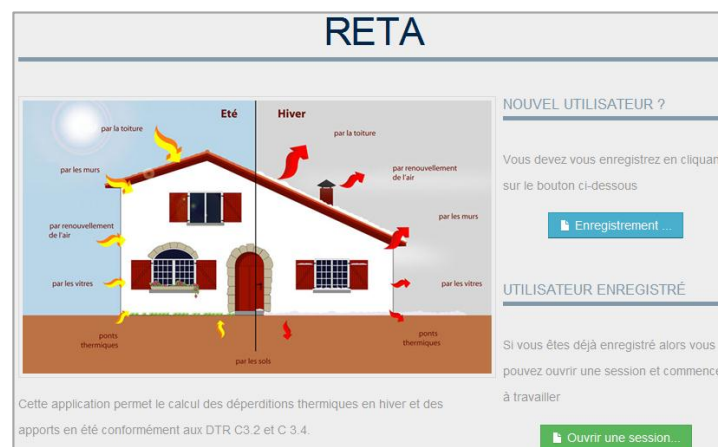


Figure 26: l'interface d'accueil de RETA.

Source : <http://reta.cder.dz/>

⁹³ GIZ : La Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit.

⁹⁴ http://portail.cder.dz/IMG/article_PDF/article_a4969.pdf

⁹⁵ <http://reta.cder.dz>

4. Comparaison entre le logiciel RETA, TRNSYS et ArchiWIZARD



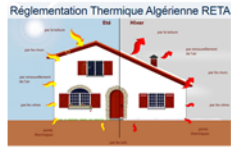
Logiciel	 TRNSYS 17	 ArchiWIZARD®	 RETA
Domaine	Thermique	- Energie - Eclairage naturel et artificiel - Thermique	Thermique
Descriptif	environnement de simulation dédié au calcul des performances thermiques des bâtiments multizones et de leurs équipements, ainsi que des systèmes thermiques en général.	Logiciel d'optimisation solaire du bâti destiné aux architectes.	Un premier logiciel sur la réglementation thermique algérienne, développé pour faciliter l'application de la réglementation thermique algérienne
Mode de calcul	Simulation thermique dynamique Prise en compte : - des apports internes - des masques solaires - des vitrages et des parois - température extérieure - équipement - humidité	Moteur de calcul issu de la RT2012 Maquette numérique Prise en compte : - des apports internes - des masques solaires - des vitrages et des parois - température extérieure de référence - équipements	Simulation thermique sans maquette numérique Prise en compte : - des apports internes - des masques solaires - des vitrages et des parois - température extérieure - équipement
L'échelle d'étude	Bâtiment	Bâtiment	Bâtiment
Stade de l'étude	Conception	de l'esquisse à l'APD	Conception et réhabilitation
Entrés	description de l'enveloppe, des fenêtres, du chauffage, de la ventilation, de l'infiltration, du conditionnement d'air, des charges, des gains, etc.	- géométrie du bâtiment (importables depuis logiciels 3D) - composition des parois et ouvertures - masques solaires, équipement	-Localisation géographique -composition des parois et ouvertures avec les surfaces -équipements -usage
Sorties	performances thermiques des bâtiments multizones et de leurs équipements, ainsi que des systèmes thermiques en général.	- thermique (selon RT2012) - apports solaires - besoins en éclairage artificiel - éclairage artificiel et naturel - besoins en eau chaude	un bilan thermique d'un bâtiment, il permet d'avoir les déperditions thermiques d'hiver les apports de chaleur d'été et de les comparer aux valeurs de référence. Afin de vérifier la conformité du bâtiment aux exigences réglementaires
Développé par :	le <i>Centre Scientifique et Technique du Bâtiment</i>	RayCreatis	Centre de Développement des Energies Renouvelables

Tableau 3: une comparaison entre le logiciel TRNSYS, ArchiWIZARD et RETA.

Source : auteur.

Après la comparaison des trois logiciels présentés dans le tableau ci-dessus, nous relevons les remarques suivantes :

- ❖ Le logiciel de la réglementation thermique algérienne RETA contrairement aux deux autres logiciels étrangers TRNSYS et ArchiWIAZRD ,n'utilise pas durant sa simulation une maquette numérique qui a pour but de faciliter les taches de simulation et aussi de rapprocher la forme du bâtiment avec ses accrochements afin de pouvoir déterminer les différentes composantes de l'enveloppe plus précisément .
- ❖ Si Archiwizard se base pour son évaluation thermique sur la réglementation thermique française, RETA de son côté aussi se base sur les documents techniques réglementaires algériens DTR afin de pouvoir évaluer chaque bâtiment dans son contexte géographique.

5. Conclusion

Les facteurs influant les conditions thermiques des bâtiments sont nombreux. Parmi lesquels, ceux qui sont liés aux conditions climatiques « extérieures », et d'autres sont liés à l'enveloppe du bâtiment « intérieures » ; d'où nous constatons que la nécessité d'évaluer les niveaux de confort dans les bâtiments a mené au développement de plusieurs outils de simulation thermique telle que TRNASYS et Archiwizard.

Ces outils de simulation thermique développés à l'étranger ne permettent pas d'effectuer des calculs des déperditions calorifiques d'hiver et des apports calorifiques d'été selon le contexte algérien et suivant les documents techniques réglementaires algériennes, d'où un nouveau logiciel basé sur ces DTR a été développé par des professionnels de la thermique afin de pouvoir évaluer les bâtiments d'habitations et tertiaires en Algérie et de contribuer directement à la réduction des consommations des énergies . Dans le cadre de notre recherche, et afin d'évaluer la conformité de notre étude de cas, nous allons faire appel à ce logiciel thermique RETA.

Dans le chapitre suivant, nous allons étudier la thermique de notre étude de cas, et évaluer sa conformité à la réglementation thermique algérienne, afin d'assurer le confort à l'intérieur du bâtiment aux habitants.

LA RÉGLEMENTATION ET LA SIMULATION THERMIQUE	I- LA REGLEMENTATION THERMIQUE :	DTR C 3-2	<p>-L'évaluation thermique en hiver . -Déterminer les déperditions thermiques du bâtiment. -Il s'applique à tous type de bâtiment ,mais la vérification des déperditions de référence ne concerne que les habitations.</p>		
		DTR C 3-4	<p>-L'évaluation thermique en été . -Déterminer les apports calorifiques du bâtiment. -Il s'applique à tous type de bâtiment ,mais la vérification de référence ne concerne que les habitations, les bureaux et les hébergements .</p>		
	II- LES OUTILS D'EVALUATION ET DE SIMULATION THERMIQUE	1-les outils utilisées à l'étrangers	1-TRANSYS		
			2- ArchiWIZARD		
	2- L'outil utilisé en Algérie	-RETA			

Tableau 4 : Tableau synthétique du troisième chapitre.
 Source : auteur.

CHAPITRE IV :
ETUDE DU CONFORT THERMIQUE
DANS LA RESIDENCE ALLIANCE
PANORAMA

CHAPITRE IV : ETUDE DU CONFORT THERMIQUE **DANS LA RESIDENCE ALLIANCE PANORAMA**

1. Introduction

Dans ce chapitre nous allons accomplir les étapes de la simulation thermique à l'aide de RETA. Après l'identification de toutes les parois qui constituent l'enveloppe la résidence Alliance Panorama en cours de réalisation et son contexte.

Nous allons présenter dans ce chapitre, les composantes des parois de l'enveloppe du projet (parois opaque ,parois vitré ...)ainsi que ses systèmes de chauffage et de climatisation. Notre objectif est d'évaluer la conformité de la résidence Alliance Panorama à la réglementation thermique algérienne (DTR 3-2 et DTR3-4) et le fait que le projet est en cours de réalisation. Ceci nous permet d'apporter des recommandations architecturales dans le cas d'absence du confort dans les habitations.

2. Présentation de l'étude de cas : La Résidence Alliance Panorama

La résidence Alliance Panorama se situe à Kouba, wilaya d'Alger dans la zone climatique A, qui comprend le rivage de la mer et parfois le versant Nord des chaînes côtières. Cette résidence s'étend sur trois niveaux de sous-sol, un entre sol, quatre étages d'habitations avec un attique habitable.



Figure 27: plan de situation de la résidence Alliance Panorama.
Source : traitée par l'auteur.

Le projet est conçu avec l'idée d'intégration aux spécificités du site ; en s'adaptant au terrain en pente .C'est une résidence composée de deux bloc adjacents et associés à la vocation principale, à savoir l'habitat, s'ajoute à cela, une activité tertiaire au rez-de-chaussée et l'entre sol, matérialisée par des bureaux et locaux de l'agence bancaire. Au-dessous de cette agence, se trouve les sous-sols destinés aux parkings. Sur les niveaux habitables se trouvent trois appartements dont chaque niveau est desservi par deux ascenseurs et une cage d'escalier dans chaque bloc. Le dernier étage attique est aménagé sur deux niveaux avec des terrasses accessibles.



Figure 28: Une vue sur les façades EST et SUD –OUEST de la résidence.
Source : la filiale Alliance Real Estates.



Figure 29: Une vue sur les terrasses aménagées de la résidence.
Source : la filiale Alliance Real Estates.

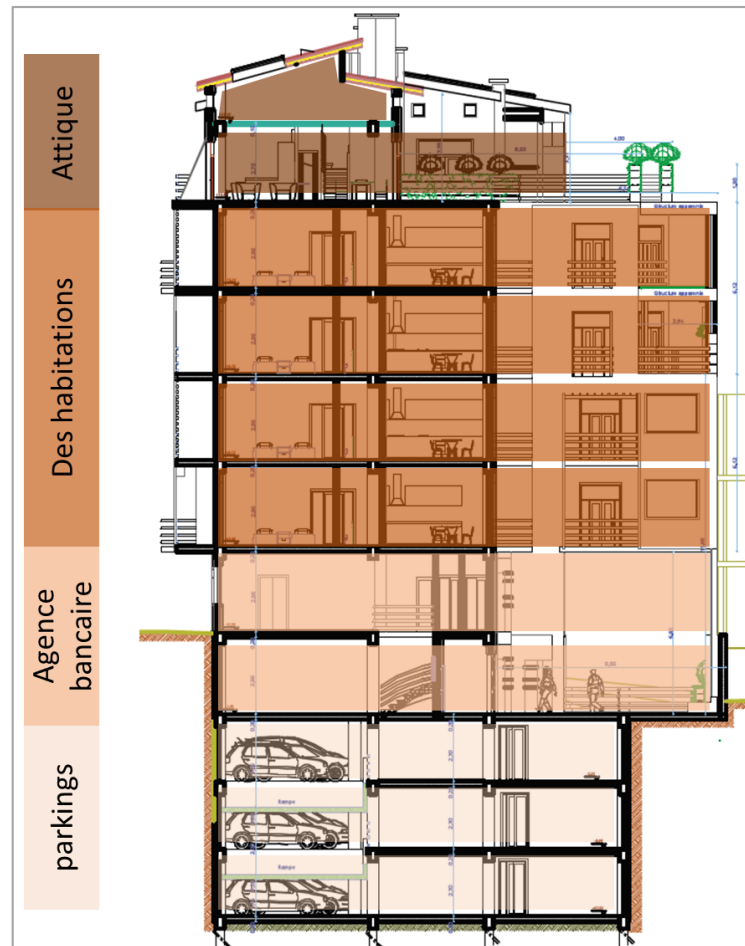


Figure 30: les différents niveaux de la résidence Alliance Panorama.
Source : traité par l'auteur.

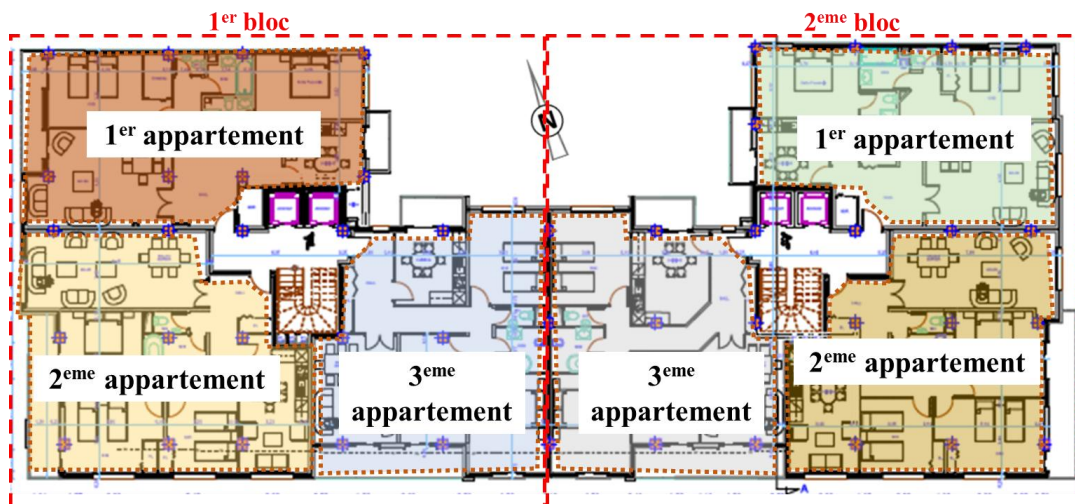


Figure 31: plan du 2ème étage avec les 3 appartements dans chaque bloc.
Source : traité par l'auteur.

Les blocs d'habitations forment un îlot (figure 32), ce dernier constitue un espace semi privé pour les habitants, depuis lequel s'effectuent l'entrée au parking et aux blocs.

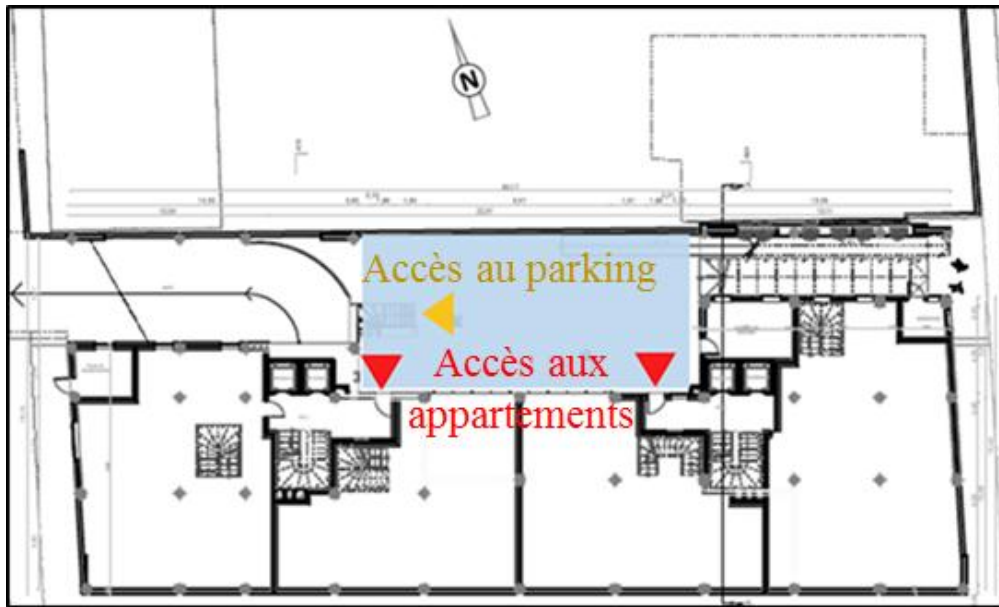


Figure 32 : les entrées aux habitations et au parking depuis le cœur d'îlot.
Source : figure traitée par l'auteur.

3. Présentation du fonctionnement de RETA

La plate-forme RETA est accessible via le serveur web⁹⁶ du CDER, pour y accéder, un enregistrement préalable est exigé.

L'entité principale dans l'application est le projet, qui détaille les données de base communes à toutes les autres entités composant le projet. Le déroulement de la simulation thermique de ce projet sous RETA peut être résumé quatre étapes importantes (figure33) :



Figure 33: Les étapes de calcul avec RETA.
Source : auteur.

Première étape :

Elle débute préalablement par l'introduction d'un certain nombre de renseignements sur le projet avec sa description et ses données géographiques : altitude, latitude, wilaya, commune.

⁹⁶ <http://reta.cder.dz>

Figure 34: interface pour créer un nouveau projet.
(Source : <http://reta.cder.dz/interact/#/project/>)

Deuxième étape :

Il s'agit de la création des enveloppes thermiques. Cette information est demandée conformément aux définitions du DTR C3-2, en intégrant toutes les parois opaques et vitrées de façon à créer un espace fermé, avec les caractéristiques thermiques et physiques des matériaux qui les composent. C'est durant cette étape que les apports thermiques qui s'y produisent sont définis.

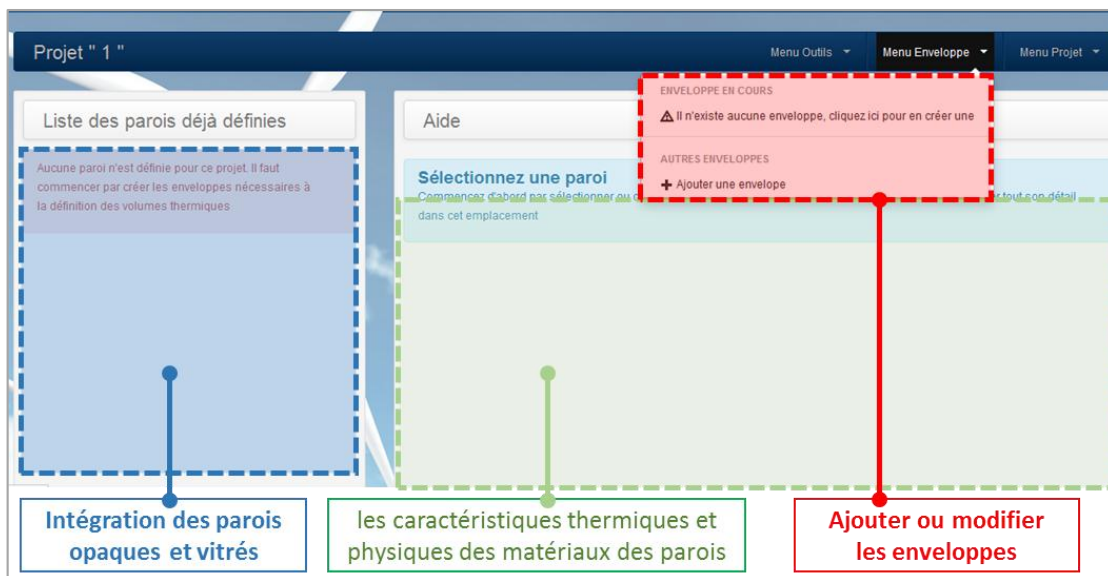


Figure 35: l'interface de RETA pour ajouter une enveloppe et ses composantes.
Source : auteur.

Troisième étape : Une fois les enveloppes du bâtiment définies, il ne reste que de décrire les différentes dispositions de chauffage, climatisation et de renouvellement d'air.

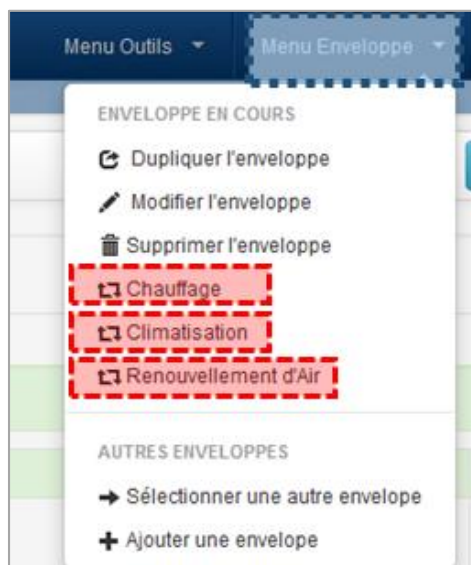


Figure 36: chauffage, climatisation et renouvellement d'air du menu enveloppe.
Source : traitée par l'auteur.

Quatrième étape : Les résultats des simulations thermiques exécutées sur RETA sont affichés dans un rapport détaillé qui détermine la conformité ou l'in-conformité du bâtiment contenant les représentations des composantes architecturales de l'enveloppe sous forme des tableaux et des profils de températures des parois.

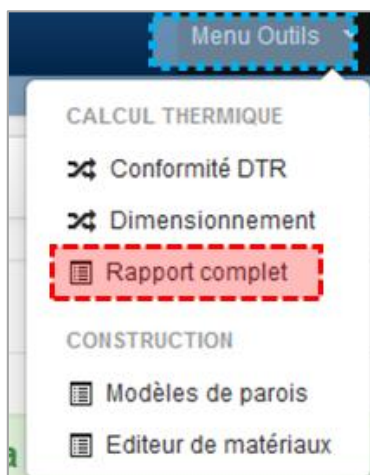


Figure 37: rapport complet du menu enveloppe.
Source : traitée par l'auteur.

4. Simulation thermique de la Résidence Alliance Panorama à travers RETA

Notre simulation avec RETA a pris un chemin qui peut être résumé ainsi :

1-La création d'un projet, on a d'abord commencé par l'introduction des données géographiques de la résidence Alliance Panorama et sa description.

The screenshot shows a web form titled "Nouveau projet" with two tabs: "Données techniques" and "Description". The "Données techniques" tab is active. The form contains several input fields and dropdown menus, all with green checkmarks indicating they are filled or selected. The fields include: "Titre du projet" (RESIDENCE ALLIANCE ASSURANCE PANORAMA*), "Altitude (m)" (112), "Latitude en °" (36.44), "Site d'implantation" (Zones urbaines ; zones indus), "Classe de rugosité" (Classe IV), "Coef. de limpidité de l'atmosphère" (0,870), "Wilaya" (16 – Alger), "Zones Climatiques" (Eté : A, Hiver : A), and "Groupes de communes" (Sélectionner, parmi ces groupes la commune d'implantation du projet : Toutes les communes).

Figure 38: la localisation géographique du projet.
Source : <http://www.cder.dz>

The screenshot shows the "Description" tab of the "Nouveau projet" form. The "Données techniques" tab is also visible. The "Description résumée du projet" section contains a text area with the following text: "Le projet RÉSIDENCE ALLIANCE ASSURANCE PANORAMA s'étend sur 3sous sol(des parkings),un entre sol(locaux de l'agence bancaire),R+4(où le RDC est destiné à l'agence bancaire et le reste des étages sont aménagés en appartements avec des terrasses) et un étage attique (habitable ,aménagé sur deux niveaux)". Below this, there are three input fields: "Localisation" (Kouba ,Hussein dey), "Date" (janvier 2017), and "Auteur" (MERIDJI Rofaida).

Figure 39: la localisation géographique du projet.
Source : <http://www.cder.dz>

2- Après la création du projet, nous avons passé à une fenêtre qui nous a permis de décrire les entités composantes tout le bâtiment. Le premier composant à définir est l'enveloppe des habitations du 1^{er} étage jusqu'à l'étage attique, ces niveaux sont des volumes d'air homogènes en température avec des conditions de confort améliorées avec des installations de climatisation qui fonctionnent 12h/j.

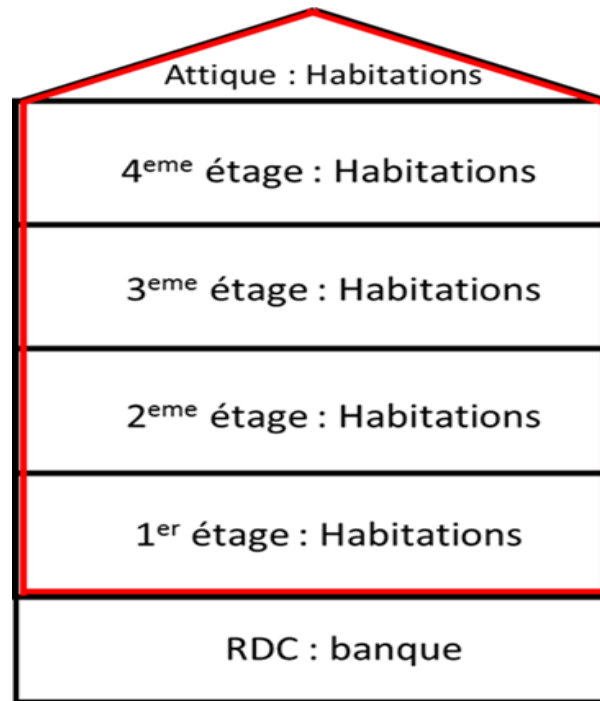


Figure 40: les différents niveaux constituant l'enveloppe de l'habitation.
Source : auteur.

Nouvelle enveloppe

Général

Nom de l'enveloppe	Habitation ✓	Surface des planchers intermédiaires (m2)	3093.5 ✓
Volume brut (m3)	9054.0 ✓	Volume d'air net (m3)	7243.2 ✓

Calcul Hiver

Type de l'enveloppe	Immeuble collectif ✓
---------------------	----------------------

Calcul été

Usage de l'enveloppe	Habitation ✓	Temps de fonctionnement (climatisation)	12 Heures ✓
Conditions internes	Confort Amélioré (24°) ✓	<input type="checkbox"/> Gains latents importants ?	

Figure 41: la création de l'enveloppe d'habitation.
Source : <http://www.cder.dz>

3-Dès que l'enveloppe des habitations est définie, RETA offre la possibilité de déterminer les différentes parois du bâtiment. Il s'agit de déterminer le type de la paroi (opaque, vitrée ou une porte), sa surface, son inclinaison (toiture, verticale ou plancher), son orientation et à la fin son contacte (avec extérieur, non chauffé et non climatisé, enterré entièrement ou partiellement).

Après avoir déterminé ces caractéristiques générales des parois, nous avons déterminé les matériaux de composition de chaque une, ainsi que son facteur d'absorption qui est en relation avec la couleur extérieure des parois. Si une des composantes des parois ne se trouve pas parmi les modèles que propose RETA, ce dernier nous propose de créer des modèles et de les intégrer dans la base de données.

Nouvelle paroi

Nom de la paroi NE ✓	Surface (m ²) 911.6 ✓	Inclinaison Verticale ✓
Orientation NE ✓	Type Opaque ✓	Contact Extérieur ✓

Figure 42: la création de la paroi opaque NORD-EST.
Source : <http://www.cder.dz>

Matériau de l'extérieur vers l'intérieur	Ep. e	Rés. r	M. Sur. P	Cond. A
Facteur d'absorption α : 0,70 (couleur moyenne)				
0 - Mortier de ciment	0,02 m	0,0143 (m ² .°C)/W	44,0000	1,4000 W/m.°C
1 - Brique creuse	0,10 m	0,2083 (m ² .°C)/W	90,0000	0,4800 W/m.°C
2 - lame d'air pour mur de 10 à 11 mm	0,07 m	0,1400 (m ² .°C)/W	0,0000	0,0000 W/m.°C
3 - Brique creuse	0,10 m	0,2083 (m ² .°C)/W	90,0000	0,4800 W/m.°C
4 - Plâtre courant d'enduit intérieur	0,02 m	0,0571 (m ² .°C)/W	15,0000	0,3500 W/m.°C
Total	0,3100 m	0,6281 (m ² .°C)/W	239,0000	

Figure 43: un modèle créé pour déterminer les matériaux qui composent la paroi NORD-EST.
Source : <http://www.cder.dz>

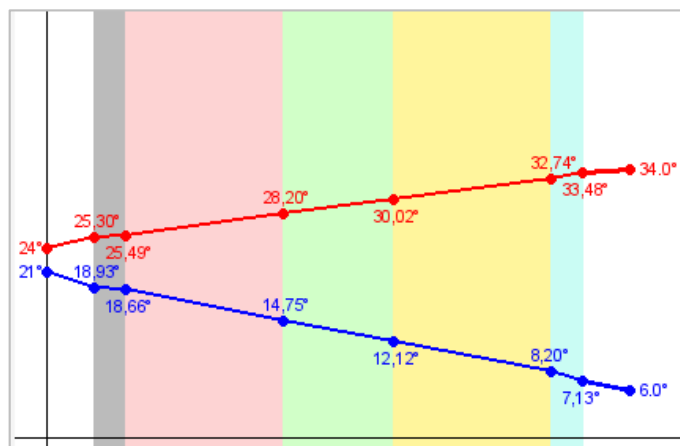


Figure 44 : profil de température de l'intérieur vers l'extérieur de la paroi opaque NORD-EST.
Source : <http://www.cder.dz>

Nouvelle paroi

Nom de la paroi	Surface (m²)	Inclinaison
ouverture non protégée NE ✓	36 ✓	Verticale ✓
Orientation	Type	Contact
NE ✓	Vitrée ✓	Extérieur ✓

Figure 45: la création de la paroi vitrée NORD-EST.

Source : <http://www.cder.dz>

La composition de la paroi vitrée ne diffère que celle des parois opaque, où les hauteurs moyennes des ouvertures par rapport au sol doivent être déterminées avec le type de vitrage (double vitrage dans notre cas), la menuiserie (métal pour toutes les ouvertures de notre habitation) ainsi l'épaisseur de la lame d'air (de 10 à 11 m).

Surface vitrée (m ²)	25.2 ✓
Hauteur moyenne du sol (m)	1 ✓
Menuiserie	Métal ✓
Type de vitrage	Vitrage Double ✓
Epaisseur lame d'air	10 à 11 ✓

Figure 46 : la composition de la paroi vitrée NORD-EST.

Source : <http://www.cder.dz>

La protection des parois vitrées est prise en considération par RETA en été et en hiver, où nous avons déterminé pour chaque ouverture sa protection par voilage, avec rideau ou il s'agit d'une protection avec occultation en définissant son épaisseur et les différentes couches qui composent cette paroi.

Dans notre enveloppe d'habitation les protections solaires sont dans peu d'ouvertures sous forme d'auvent ou des parois verticaux des balcons qui influent sur les surfaces ensoleillées.

Protection avec voilage Résistance du voilage 0,0250 ?

Protection avec rideaux Résistance des rideaux 0,0300 ?

Protection avec occultation Résistance de l'occultation 0,0000 ?

Catalogue

Choisissez une valeur : [dropdown] ✓

Filtrer par famille

Choisissez une valeur : [dropdown] ✓

Filtrer par sous famille

Choisissez une valeur : [dropdown] ✓

Epaisseur (m) 0.0 ✓

Matériau

Choisissez une valeur : [dropdown]

Figure 47: la protection du vitrage en hiver dans la paroi NORD-EST.

Source : <http://www.cder.dz>

Vitrage Double

Vitrage interne: Glace réfléchissante quelconque (6.0 mm) ✓

Vitrage externe: Glace réfléchissante quelconque (6.0 mm) ✓

Laine d'air: 6.0 mm ✓

Figure 48 : la protection du vitrage en été dans la paroi NORD-EST.

Source : <http://www.cder.dz>.

Surface vitrée : 25.2 m²

C (m) 0.22 ✓

D (m) 0.22 ✓

H sans le cadre (m) 1.5 ✓

F (m) 0 ✓

B sans le cadre (m) 2 ✓

b (m) 0 ✓

Figure 49: déterminer les surfaces ensoleillées de la paroi vitrée non protégée NORD-EST.

Source : <http://www.cder.dz>

4-Un autre composant à définir après avoir déterminé toutes les parois verticales de l'habitation, c'est le plancher bas de l'enveloppe architecturale . Le modèle du plancher de notre habitation ne se trouvait pas parmi les modèles de RETA ,c'est pourquoi nous avons ajouté un modèle de la dalle aux corps creux .

Nouvelle paroi

Nom de la paroi	Surface (m²)	Inclinaison
Plancher bas ✓	785.0 ✓	Plancher ✓
Orientation	Type	Contact
Horizontal ✓	Opaque ✓	Local non chauffé et non clim ✓

Figure 50: la création du plancher bas de l'enveloppe d'habitation .

Source : <http://www.cder.dz>

Composition Sélectionner un Modèle

Matériau de l'extérieur vers l'intérieur	Ep. e	Rés. r	M. Sur. P	Cond. λ
0 - Plâtre courant d'enduit intérieur	0,02 m	0,0571 (m ² .°C)/W	15,0000	0,3500 W/m.°C
1 - Entrevous - dalle de compression en béton courant	0,16 m	0,1103 (m ² .°C)/W	172,8000	1,4500 W/m.°C
2 - Béton plein	0,04 m	0,0229 (m ² .°C)/W	88,0000	1,7500 W/m.°C
3 - Sable sec	0,02 m	0,0333 (m ² .°C)/W	26,0000	0,6000 W/m.°C
4 - Carreaux de mosaïque de marbre dit « granito »	0,02 m	0,0095 (m ² .°C)/W	44,0000	2,1000 W/m.°C
Total	0,2600	0,2332	345,8000	

Figure 51: un modèle créé pour déterminer les couches qui composent le plancher bas.

Source : <http://www.cder.dz>

Nous avons par la suite défini l'agence bancaire comme un local non chauffé et non climatisé adjacent au plancher bas. En été, il est considéré comme un local non conditionné à usage de bureaux, tandis qu'en hiver il est considéré comme un local tertiaire avec des parois isolées.

Définition pour calcul été

Cas ✓ Locaux non conditionnés d'un logement, les locaux à usage d'enseignement, d'hébergement, de bureaux et de réunion

Masse rapportée < 150 Kg/m²

Définition pour calcul hiver

Cas ✓ Détails ✓

Le local non chauffé est un local tertiaire (à usage commercial, artisanal, ou à usage de bureaux) avec parois extérieures isolées

Figure 52: définir le local adjacent au plancher bas.

Source : <http://www.cder.dz>

5-la couverture de notre enveloppe d'habitation est une toiture inclinée en dalle pleine couverte par des tuiles, elle est composée par des parois vitrées inclinées (ouvertures).

Le modèle de la toiture inclinée n'existait pas dans la liste des modèles déjà définis, c'est pourquoi nous avons créé un autre modèle pour définir la toiture inclinée en tuile non isolée.

Nom de la paroi Toiture NE ✓	Surface (m²) 257.5 ✓	Inclinaison Toiture ✓
Orientation Horizontal ✓	Type Opaque ✓	Contact Extérieur ✓

Figure 53: la création de la couverture de l'enveloppe d'habitation.
Source : <http://www.cder.dz>

Matériau de l'extérieur vers l'intérieur	Ep. e	Rés. r	M. Sur. P	Cond. λ
Facteur d'absorption α : 0,80 (tuile) 				
0 - Tuiles	0,02 m	0,0250 (m².°C)/W	38,0000	0,8000 W/m.°C
1 - Béton plein	0,15 m	0,0857 (m².°C)/W	330,0000	1,7500 W/m.°C
2 - Plâtre courant d'enduit intérieur	0,02 m	0,0571 (m².°C)/W	15,0000	0,3500 W/m.°C
Total	0,1900 m	0,1679 (m².°C)/W	383,0000	

Figure 54: un modèle créé pour déterminer les couches qui composent la toiture inclinée non isolée.
Source : <http://www.cder.dz>

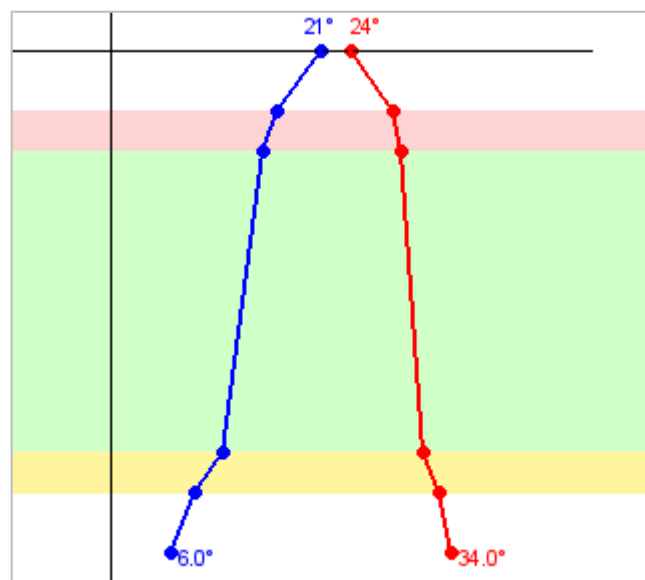


Figure 55 : profil de température de l'intérieur vers l'extérieur de la toiture.
Source : <http://www.cder.dz>

6- Avant de vérifier la conformité de l'habitation à la réglementation thermique, nous avons effectué le calcul de :

- ✓ Les échanges dus au renouvellement et la circulation d'air qui est en relation avec le volume de l'enveloppe et non pas avec les parois.
- ✓ Chauffage.
- ✓ Climatisation.

Volume d'air net de l'enveloppe	Nombre de "Pièce principale"
7243.2 ✓	104 ✓
Nombre de "Cuisine"	Nombre de "Salle de bains"
30 ✓	30 ✓
Nombre de "Cabinet d'aisance"	Nombre de "Autre salle d'eau"
30 ✓	30 ✓

Figure 56: définition des données de renouvellement d'air pour une enveloppe à usage d'habitation.
Source : <http://www.cder.dz>

Cin : Coefficient de surpuissance
Chauffage discontinu pour une construction de classe d'inertie Faible ou Moyenne ✓
Cr : Coefficient des pertes calorifiques dues au réseau de tuyauteries éventuel
Chauffage central avec tuyauterie entièrement calorifugée ✓

Figure 57: définition des données de chauffage.
Source : <http://www.cder.dz>

Nombre d'occupants"	
148 ✓	
Puissance d'éclairage (W)"	Autres puissances dégagées (W)"
34600.0 ✓	0.0 ✓

Figure 58: définition des données de climatisation.
Source : <http://www.cder.dz>

5. Présentation et discussion des résultats

Le rapport final contient tous les résultats de calculs des déperditions et des apports thermiques pour pouvoir synthétiser les données sous forme de petit tableau contenant l'évaluation de la conformité réglementaire du bâtiment.

Le résultat de notre habitation montre qu'elle est non conforme à la réglementation en hiver avec une valeur de 1,05 , tandis qu'en en été elle est plus loin de la somme des apports référentiels avec une valeur de 2,00.

RESIDENCE ALLIANCE ASSURANCE PANORAMA*						
Vérification réglementaire						
Conformité DTR		Echanges thermiques par transmission				
Enveloppe	D = $\Sigma DT + DR$	$\Sigma Dréf$	Vérification C-3.2	A = $\Sigma APO + \Sigma AV$	Aréf = $\Sigma APOréf + \Sigma AVréf$	Vérification C-3.4
Habitation	7 215,69	6 845,72	1,05 ✗ Non conforme	91 734,37	45 966,82	2,00 ✗ Non conforme

Figure 59: synthèse des calculs et vérification réglementaire de l'habitation.

Source : <http://www.cder.dz>

Si nous analysons les résultats des échanges thermiques par transmission (figure 60), nous allons remarquer que la grande différence des valeurs des calculs par rapport aux valeurs de références est ceux des apports des parois opaques et des apports des parois vitrées.

Vérification réglementaire							
Conformité DTR		Echanges thermiques par transmission					
Enveloppe	ΣDT	$\Sigma Dréf$	ΣAPO Aériennes	ΣAPO non Aériennes	$\Sigma APOréf$	ΣAV	$\Sigma AVréf$
Habitation	7 215,69	6 845,72	67 775,58	0,00	29 080,28	23 958,78	16 886,54

Figure 60: synthèse des échanges thermiques par transmission.

Source : <http://www.cder.dz>

Ceci revient à l'absence des matériaux isolants au niveau de la toiture vu qu'elle contribue d'une façon directe à la perte de chaleur (figure 61), une grande partie de déperdition est au niveau des parois des deux façades nord-est et sud-ouest (figure 62).

Ces écarts par rapport aux valeurs de références reviennent aussi aux grandes surfaces vitrées et au type de menuiserie adopté pour ces ouvertures en aluminium, qui permet la perte de chaleur contrairement à la menuiserie en PVC ou en bois (figure 63).

Le plancher bas, considéré par RETA comme un plancher en rapport avec un local non chauffé et non conditionné, il permet de son côté aussi des grandes déperditions thermique et des apports des parois opaques (figure 64).

1- Toitures					
Nom	Surface	DT	DTréf	APO	APOréf
6 Toiture NE	257,50 m2	1 003,71 W/°C	283,25 W/°C	7 070,86 W	1 542,90 W
6 Toiture SO	189,00 m2	736,71 W/°C	207,90 W/°C	8 726,80 W	2 003,96 W
Total	446,50 m2	1 740,42 W/°C	491,15 W/°C	15 797,66 W	3 546,86 W

Figure 61 : les déperditions thermiques et les apports des parois opaques de la toiture.

Source : <http://www.cder.dz>

2- Murs

Nom	Surface	DT	DTréf	APO	APOréf
1 façade NE	911,60 m ²	1 370,66 W/°C	1 093,92 W/°C	11 874,28 W	5 958,71 W
2 façade SE	285,00 m ²	428,52 W/°C	342,00 W/°C	5 464,42 W	2 724,80 W
3 façade SO	570,00 m ²	857,04 W/°C	684,00 W/°C	11 957,93 W	6 593,13 W
4 façade NO	261,40 m ²	393,04 W/°C	313,68 W/°C	3 212,15 W	1 778,78 W
Total	2 028,00 m²	3 049,26 W/°C	2 433,60 W/°C	32 508,78 W	17 055,42 W

Figure 62 : les déperditions thermiques et les apports des parois verticales.

Source : <http://www.cder.dz>

3- Fenêtres

Nom	Surface	DT	DTréf	AVT	AVE	AV	AVréf
Total	486,66 m²	1 932,99 W/°C	2 036,97 W/°C	19 242,06 W	4 716,72 W	23 958,78 W	16 886,54 W

Figure 63: les déperditions thermiques et les apports des parois vitrées.

Source : <http://www.cder.dz>

5- Planchers

Nom	Surface	DT	DTréf	APO	APOréf
5 Plancher bas	785,00 m ²	493,02 W/°C	1 884,00 W/°C	19 469,15 W	8 478,00 W
Total	785,00 m²	493,02 W/°C	1 884,00 W/°C	19 469,15 W	8 478,00 W

Figure 64: les déperditions thermiques et les apports des parois opaques du plancher bas.

Source : <http://www.cder.dz>

Concernant les résultats du calcul thermique pour le dimensionnement des matériels techniques pour le chauffage, climatisation et renouvellement d'air, nous avons eu les résultats suivants :

RESIDENCE ALLIANCE ASSURANCE PANORAMA *									
Dimensionnement									
Renouvellement et infiltration d'air Dimensionnement									
Enveloppe	Σ QS	QV	DR	QVinf / Orientation	QVan	ARENs	AINFs	ARENI	AINFI
Habitation	2 861,56	8 350,00	3 811,93	2 831,85 / SO	8 350,00	26 720,00	9 061,92	40 927,94	13 880,45

Figure 65: résultats de renouvellement et infiltration d'air à travers l'enveloppe du bâtiment.

Source : <http://www.cder.dz>

Dimensionnement		
Renouvellement et infiltration d'air Dimensionnement		
Enveloppe	Puissance de chauffage nécessaire	Puissance de climatisation nécessaire
Habitation	258,3 kW	197,93 kW

Figure 66: les résultats de dimensionnement de chauffage et climatisation à installer.

Source : <http://www.cder.dz>

6. Recommandations architecturales

La résidence Alliance Assurance Panorama peut devenir conforme à la réglementation thermique algérienne si on arrive à diminuer les valeurs des apports calorifiques des parois opaques et des parois vitrés. Pour se faire, on propose d'isoler la toiture inclinée par l'extérieur avec une couche de la laine de verre de 5cm afin de réduire les déperditions thermiques par rapport à la toiture non isolée (figure 67-68).

1- Toitures					
Nom	Surface	DT	DTréf	APO	APOréf
6 Toiture NE	257,50 m ²	213,96 W/°C	283,25 W/°C	1 729,18 W	1 542,90 W
6 Toiture SO	189,00 m ²	157,04 W/°C	207,90 W/°C	2 134,14 W	2 003,96 W
Total	446,50 m ²	371,00 W/°C	491,15 W/°C	3 863,32 W	3 546,86 W

Figure 67: les déperditions thermiques et les apports des parois opaques de la toiture isolée.

Source : <http://www.cder.dz>

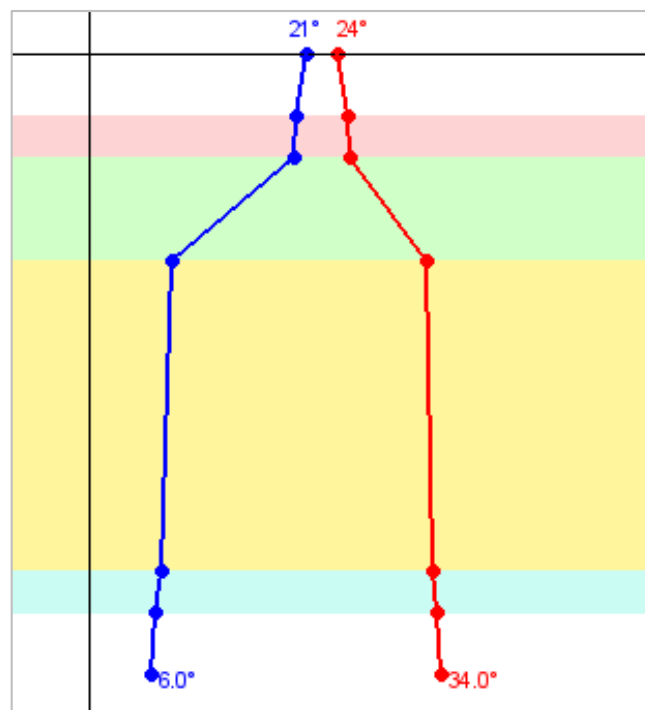


Figure 68 : profil de température de l'intérieur vers l'extérieur de la toiture isolée.

Source : <http://www.cder.dz>

Comme autre recommandation, on propose de remplacer la lame d'air des parois opaques verticales par une couche de polystyrène expansé de 7 cm. Cela nous a permis de retarder le passage de la température de l'intérieur vers l'extérieur grâce à la faible conductivité thermique du polystyrène (figure 69-70).

2- Murs

Nom	Surface	DT	DTréf	APO	APOréf
1 façade NE	911,60 m ²	478,53 W/°C	1 093,92 W/°C	4 042,81 W	5 958,71 W
2 façade SE	285,00 m ²	149,61 W/°C	342,00 W/°C	1 860,46 W	2 724,80 W
3 façade SO	570,00 m ²	299,21 W/°C	684,00 W/°C	4 071,28 W	6 593,13 W
4 façade NO	261,40 m ²	137,22 W/°C	313,68 W/°C	1 093,63 W	1 778,78 W
Total	2 028,00 m²	1 064,57 W/°C	2 433,60 W/°C	11 068,18 W	17 055,42 W

Figure 69: les déperditions thermiques et les apports des parois verticales isolées .

Source : <http://www.cder.dz>

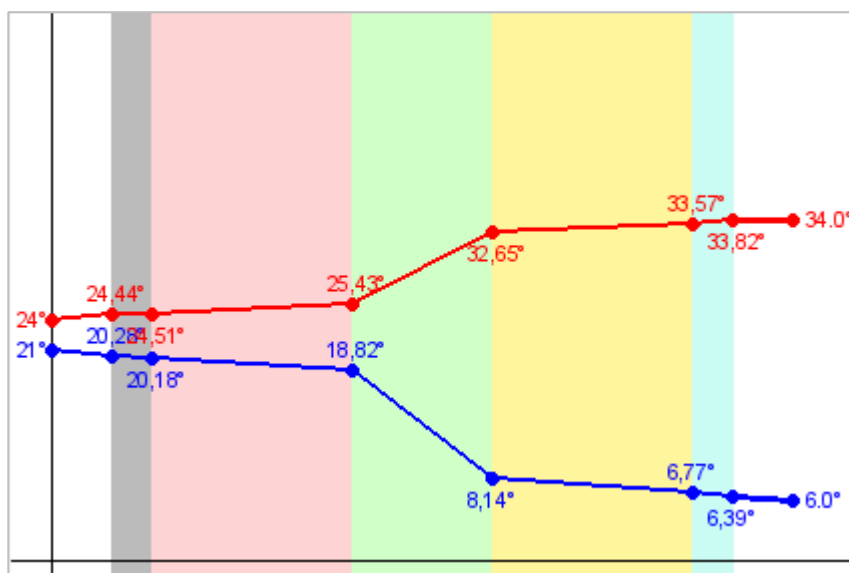


Figure 70 : profil de température de l'intérieur vers l'extérieur de la paroi opaque NORD-EST isolée.

Source : <http://www.cder.dz>

Par la suite, on propose de remplacer les menuiseries en aluminium par des menuiseries en PVC permettant d'éviter les pertes de chaleurs par ces dernières.

3- Fenêtres

Nom	Surface	DT	DTréf	AVT	AVE	AV	AVréf
Total	486,66 m²	1 475,38 X W/°C	2 036,97 W/°C	14 670,49 W	17 418,14 W	32 088,62 W X	16 746,64 W

Figure 71: les déperditions thermiques et les apports des parois vitrées en PVC.

Source : <http://www.cder.dz>

En analysant les résultats de la simulation suivant les recommandations qu'on a proposé (figure 72), on remarque que l'habitation est devenu conforme à la réglementation en hiver, mais en été elle reste in-conforme même si elle s'est rapprochée de la valeur de référence. Cette in-conformité est due aux surfaces vitrées non isolées suivant les résultats donnée sur les échanges thermiques par transmission où la seule valeur des apports des parois vitrées est en écart avec celle de référence (figure 73).

Des brises soleil sont nécessaires dans ce cas afin de protéger les ouvertures et diminuer les apports des parois vitrées.

Vérification réglementaire

Conformité DTR Echanges thermiques par transmission

Enveloppe	D = $\Sigma DT + DR$	$\Sigma Dréf$	Vérification C-3.2	A = $\Sigma APO + \Sigma AV$	Aréf = $\Sigma APO_{réf} + \Sigma AV_{réf}$	Vérification C-3.4
Habitation	3 403,96	6 845,72	0,50 ✔ Conforme	64 542,35	45 826,92	1,41 ✘ Non conforme

Figure 72: synthèse des calculs et vérification réglementaire de l'habitation isolée.

Source : <http://www.cder.dz>

Vérification réglementaire

Conformité DTR Echanges thermiques par transmission

Enveloppe	ΣDT	$\Sigma Dréf$	ΣAPO Aériennes	ΣAPO non Aériennes	$\Sigma APO_{réf}$	ΣAV	$\Sigma AV_{réf}$
Habitation	3 403,96	6 845,72	32 453,73	0,00	29 080,28	32 088,62	16 746,64

Figure 73 : synthèse des échanges thermiques par transmission de l'habitation isolée.

Source : <http://www.cder.dz>

Les puissances de chauffages et de climatisation à installer sont diminuées suite à nos recommandations avec presque la moitié des puissances nécessaires avant l'isolation de l'enveloppe architecturale (figure 74).

Cette décroissance est même ressentie au niveau d'apports d'infiltrations et de renouvellement d'air ,telle que montre la figure 75 .

ALLIANCE ASSURANCE -isolé

Dimensionnement

Renouvellement et infiltration d'air Dimensionnement

Enveloppe	ΣQS	QV	DR	QVnf / Orientation	QVan	ARENs	AINFs	ARENI	AINFI
Habitation	2 861,56	4 345,92	2 450,54	2 831,85 / SO	4 345,92	13 906,94	9 061,92	21 301,74	13 880,45

Figure 74 : résultats de renouvellement et infiltration d'air à travers l'enveloppe isolée du bâtiment.

Source : <http://www.cder.dz>

ALLIANCE ASSURANCE -isolé

Dimensionnement

Renouvellement et infiltration d'air Dimensionnement

Enveloppe	Puissance de chauffage nécessaire	Puissance de climatisation nécessaire
Habitation	136,2 kW	138,30 kW

Figure 75 : les résultats de dimensionnement de chauffage et climatisation à installer après l'isolation de l'enveloppe du bâtiment.

Source : <http://www.cder.dz>

7. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons essayé d'évaluer le niveau de confort thermique procuré par la résidence Alliance Panorama en cours de réalisation à Kouba, à travers son enveloppe architecturale réalisée par les matériaux les plus utilisées dans la région, à l'aide de la réglementation thermique algérienne RETA. Ce dernier, permet à son utilisateur de se décharger complètement des calculs thermiques nécessaires aux vérifications réglementaires décrites dans les DTR C3-2 et le DTR C3-4, où veiller à bien décrire son projet suivant l'application.

Pour cela, nous avons déterminé les différentes parois qui composent le volume thermique de l'habitation et les installations à prendre en charge (chauffage, climatisation et renouvellement d'air).

Après la simulation avec RETA, dans la période estivale et hivernale, nous avons remarqué une absence de conformité à la réglementation thermique dans cette résidence pratiquement pendant toute l'année, ceci fut démontré par les deux résultats d'été et d'hiver. L'inconformité des apports calorifiques est estimée à (2) ; tandis que celle des déperditions thermiques elle est estimée à (1.05).

Cette situation d'inconfort est due à l'inefficacité de l'enveloppe et de ces éléments constructifs, cette dernière ne joue pas son rôle d'atténuation des variations de températures extérieures due à l'absence des matériaux isolants au niveau de la toiture, les surfaces importantes des ouvertures non protégées.

**CONCLUSION GENERALE ET
PERSPECTIVES**

Conclusion générale et perspectives

Afin de répondre à notre problématique à savoir l'impact de l'enveloppe du bâtiment sur son confort thermique, nous avons élaboré une étude de cas residence Alliance Assurance à travers son enveloppe architecturale. Cette étude d'évaluation est faite à l'aide de RETA (réglementation thermique algérienne) basé sur les documents techniques règlementaires DTR C3-4 (pour la climatisation et le DTR C3-2 (pour le chauffage), l'objectif étant d'évaluer et de vérifier la conformité de cette résidence face à la réglementation thermique algérienne en vigueur afin de pouvoir apporter des recommandations pour assurer le confort à l'intérieur des habitations.

Ainsi lors de notre recherche, nos hypothèses émises auparavant n'ont pas été confirmées. Il s'est avéré que le bâtiment jouit d'une enveloppe perméable avec ses grandes surfaces vitrées ainsi que des matériaux de construction non isolants et qui permettent des déperditions thermiques. Ceci mène à une forte utilisation des installations de chauffage et de climatisation donc, elle n'est pas économe en termes d'énergie.

Suite aux résultats de notre simulation, nous avons pu apporter des recommandations pour réassurer le confort thermique à l'intérieur des habitations par la disposition des isolants au niveau des parois verticales en remplaçant lame d'air proposé par le bureau d'étude, ainsi au niveau de la toiture vu que les grandes déperditions sont retrouvées par la toiture d'après les résultats de simulation par RETA. Ceci nous a permis d'atteindre des valeurs proches aux valeurs la conformité de références par rapport à la réglementation thermique algérienne basée sur les deux documents techniques (DTR C3-2 et DTR C 3-4).

Cette isolation de l'enveloppe a conduit à la diminution du besoin des dispositions techniques du chauffage et de climatisation suite à la réduction des puissances demandées pour ces dernières dans les habitations.

Nous sommes arrivés dans notre travail à assurer le confort thermique à l'intérieur des habitations durant la période hivernale d'une valeur de « 0.5 ». Alors que pendant le période estival, le confort reste toujours absent avec une valeur de « 1.40 ». Ceci revient d'une part au contact du plancher bas avec un local non conditionné et non chauffé sans lui prévenir une isolation, d'autre part, à la non mise en place des brises soleil qui demandent une recherche approfondie en prenant en compte l'aspects des façades du bâtiment.

Les Perspectives de recherche

Il serait intéressant dans une recherche ultérieure de :

-simuler le confort thermique de la résidence Alliance Panorama après avoir créé une autre enveloppe au-dessous des habitations de la résidence (considérer cette enveloppe comme un local chauffé, par ce que dans notre cas, RETA nous propose seulement une possibilité de choisir un plancher bas en contact avec un local non chauffé et non conditionné même si le siège de la banque est chauffé) et mettre en place des brises soleils (suite à une étude concernant leurs dispositifs et leurs formes pour atteindre la valeur référence du confort en été, vu que le problème revient aux grandes surfaces vitrées).

-intégrer le troisième document technique règlementaire relatif à la ventilation naturelle des locaux à usage d'habitation DTR C3-31 au RETA pour assurer une performance thermique global des bâtiments.

-développer RETA en intégrant la simulation dynamique, afin de permettre à l'utilisateur une bonne visualisation des données et des résultats.

BIBLIOGRAPHIE

Bibliographie et sources

Ouvrage :

1. ASHRAE Handbook fundamental, « Chapitre 9: Thermal Comfort », éd Inch Pound., 2009.
2. DE DEAR.R.J, BRAGER. G.S, Thermal comfort in naturally ventilated buildings: revisions to ASHRAE Standard 55, vol. 34, n° 6, Energy and buildings, 2002.
3. DTR C 3-2 : Les Règles De Calcul Des Déperditions Calorifiques Des Bâtiments d'habitations « CHAUFFAGE», éd CNERIB, 1998.
4. DTR C 3-4 : Les Règles De Calcul Des Apports Calorifiques Des Bâtiments « CLIMATISATION», éd CNERIB, 2005.
5. HEGGER.M, Construction et énergie : architecture et développement durable, éd PPUR Presses polytechniques, 2011.
6. HUMPHREYS.M.A, Understanding the Adaptive Approach to Thermal Comfort, AHSRAE transactions, vol 104, part 1, 1998.
7. LIEBARD.A, De HERDE.A, « Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques » concevoir, édifier et aménager avec le développement durable, éd Le Moniteur, 2006, éd Le Moniteur, 2005.
8. Rapport Technique, Document Technique Règlementaire, 'Règlement Thermique du Bâtiment', éd CNERIB, Alger, juin 2011.
9. ROULET.C-A, « Eco-confort Pour une maison saine et à basse consommation d'énergie », éd PPUR, 2012.
10. ROULET. C.A, « Santé et qualité de l'environnement intérieur dans les bâtiments », éd Presses polytechniques et universitaire romandes, Lausanne, Suisse, 2004.
11. TALPIN.J, Economies d'énergie, éd France Agricole, Paris, 2010.
12. TRACHTE.S, « Matériau, matière d'architecture soutenable : Choix responsable des matériaux de construction, pour une conception globale de l'architecture soutenable », éd Presses univ, Louvain, 2012.
13. SALOMON.T, BEDEL.S, « La maison des [nega] watts, Le guide malin de l'énergie chez soi », éd Terre vivante, 2004.
14. SZOKOLAY.V, «Introduction to architectural science: the basis of sustainable design», éd Routledge, 2014.
15. VAN HOOFF.J, Forty years of Fanger's model of thermal comfort: comfort for all?, éd Indoor Air, 2008.
16. VITTONI.R, bâtir : manuel de la construction, éd PPUR Presses polytechniques, 2010.
17. ZÜRCHER.C, FRANK.T, « Physique du bâtiment : Construction et énergie », éd vdf Hochschulverlag AG, Zürich, 2014.

Thèses et mémoires :

1. AMADIO.P, Etude et Définition d'une enveloppe complexe de bâtiment, Projet de fin d'étude à INSA en génie civil, Strasbourg, Juin 2007.
2. BENHOUBOU.M , « l'impact des matériaux sur le confort thermique dans les zones semi-arides, cas d'étude :la ville de Djelfa», Mémoire de magister, à l'école polytechnique d'architecture et d'urbanisme EPAU ,Alger ,2012.

3. DEHMOUS.M, «Confort thermique dans les constructions en béton préfabriqué : cas de la faculté des sciences médicales de l'université de Tizi-Ouzou», mémoire de magister soutenu à l'université de TIZI-OUZOU, 2016.
4. MANSOURI.Y, « Conception des enveloppes de bâtiments pour le renouvellement d'air par ventilation naturelle en climats tempérés Proposition d'une méthodologie de conception», Thèse de doctorat, à l'Ecole d'Architecture de Nantes, 2003.
5. MAZARI.M, « Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public : Cas du département d'architecture de Tamda (Tizi Ouzou) » mémoire de magister, université de Tizi-Ouzou, 2012.
6. MOUJALLED.B, « Modélisation dynamique du confort thermique dans les bâtiments naturellement ventilés », thèse de doctorat à L'Institut des Sciences Appliquées de Lyon, France, 2007.
7. SADDOK.A, Etude du confort thermique des salles de cours des établissements scolaires à différentes typologies, Mémoire de magistère en architecture, Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou, 2016.
8. ZOUZOU.A, MOKHTARI.K, « solution hybrides pour maintenir le confort thermique et visuel», Mémoire de magister, à l'université KASDI MEREBAH, Ouargla ,2015.

Revue :

1. BENHARKAT.S, ROUAG.D, Approche adaptative du confort thermique dans les espaces d'enseignement universitaire à Constantine, Revue « Nature & Technologie ». A-Sciences fondamentales et Engineering, n° 14, Janvier 2016.
2. DALI.K, « Mise en application de la réglementation thermique des bâtiments », La Lettre de l'Aprue, Bulletin trimestriel n° 10, APRUE, Alger, décembre 2006.
3. DERNERS.C, POTVIN.A, « le brise-soleil : la dernière grande invention environnementale en architecture », in revue : Le bulletin d'information de l'ordre des architectes, Volume 15, N°5, Québec, 2004.
4. KHOUDJA.A, Comment faire le bilan thermique de sa maison par le DTR ?, recherche et développement, Bulletin n° 32, APRUE, 2014, Alger.
5. MOKHTARI.F, Formation sur le logiciel TRNSYS, Environnement complet et extensible dédié à la simulation dynamique des systèmes, Bulletin des Energies Renouvelables n° 15-16, 2009.
6. Revue des Energies Renouvelables Vol. N°15, 2009.

Site internet et PDF :

- http://app.bruxellesenvironnement.be/guide_batiment_durable/docs/CSS13_FR.pdf
- http://energie.wallonie.be/servlet/Repository/Isolation_thermique.PDF?IDR=5610
- <http://fablab.web-5.org/lib/exe/fetch.php/projets:jardin:dtu43-1.pdf>
- <https://maisonsaine.ca/wp-content/uploads/2010/01/enveloppe-qchabitation.pdf>
- http://portail.cder.dz/IMG/article_PDF/article_a4969.pdf
- <http://reta.cder.dz>
- <http://www.afscet.asso.fr/resSystemica/Paris05/cantin.pdf>
- http://www.ajena.org/renovact/media/technique_isolation-planchers-bas.pdf

-
- http://www.aprue.org.dz/lettres/aprue_10.pdf
 - http://www.aprue.org.dz/lettres/aprue_15.pdf
 - <http://www.asder.asso.fr/info-energie/eco-batiment/construction-et-renovation/conception-bioclimatique>
 - <https://www.autoconstruction.info/sites/IMG/pdf/guide.pdf>
 - http://www.cder.dz/vlib/bulletin/pdf/bulletin_015_07.pdf
 - http://www.cder.dz/vlib/bulletin/pdf/bulletin_032_05.pdf
 - http://www.cnesst.gouv.qc.ca/publications/200/Documents/dc_200_16183_3.pdf
 - <http://www.cnrs.fr/aquitaine/IMG/pdf/Toitures.pdf>
 - <https://www.ecotropy.fr/2016/09/simulation-thermique-batiments/>
 - <http://www.enerbat.nat.tn/site/download/guide.pdf>
 - <https://www.grap.arc.ulaval.ca/files/grap/7-GRAP-brise-soleil.pdf>
 - <http://www.graitec.com/fr/archiwizard.asp>
 - <http://www.infociments.fr/telecharger/CT-B63.pdf>
 - <http://www.infoenergie-bourgogne.org/wp-content/uploads/2014/10/Lettre-info-energie-bourgogne-4.pdf>
 - http://www.lesommer.fr/fileman/Uploads/Documents/Guide%20biotech/guide_bio_tech_confort_d_ete_passif1.pdf
 - <http://www.prebat.net/IMG/pdf/pherant.pdf>
 - http://www.rncan.gc.ca/sites/www.rncan.gc.ca/files/energy/pdf/habitations/Emprisonnons-la-chaaleur_F.pdf
 - <http://www.trnsys.com/>
 - http://www.univ-chlef.dz/RevueNatec/issue-14/Article_A/Article374.pdf
 - Guide pour une construction éco énergétique en Algérie, APRUE et GIZ, 2014.

ANNEXES

Annexes

Resultats de simulation de la résidence alliance panorama non-isolée avec RETA :



Rapport de calcul thermique

RESIDENCE ALLIANCE ASSURANCE PANORAMA*

Le projet RÉSIDENCE ALLIANCE ASSURANCE PANORAMA s'étend sur 3 sous sol(des parkings), un entre sol(locaux de l'agence bancaire), R+4(où le RDC est destiné à l'agence bancaire et le reste des étages sont aménagés en appartements avec des terrasses) et un étage attique (habitable ,aménagé sur deux niveaux)

Fiche technique du projet

RESIDENCE ALLIANCE ASSURANCE PANORAMA*

Le projet RÉSIDENCE ALLIANCE ASSURANCE PANORAMA s'étend sur 3 sous sol(des parkings), un entre sol(locaux de l'agence bancaire), R+4(où le RDC est destiné à l'agence bancaire et le reste des étages sont aménagés en appartements avec des terrasses) et un étage attique (habitable ,aménagé sur deux niveaux)

Donnée techniques

Localisation	Altitude	Latitude	Zone Thermique Hiver	Zone Thermique Eté
kouba	112,00 m	36,44 °	A	A

Conditions externes

Temp. externe en hiver	Temp. externe en été	Humidité spécifique	Ecart diurne
6,00°	34,00 °	14,50	9,00

Synthèse des enveloppes

Nom de l'enveloppe	Usage	Conformité Hiver C-3.2	Conformité Eté C-3.4
Habitation	habitation	Non conforme	Non conforme

Enveloppe : Habitation

Données techniques

Volume Brut	Volume Net	Usage		
9 054,00 m ³	7 243,20 m ³	Habitation	Immeuble collectif	Confort Amélioré
Temps de fonctionnement (climatisation)		Temp. interne Hiver		Temp. interne Eté
12 H		21°		24°

Synthèse des échanges thermiques en hiver

DT	Dréf	Vérification C-3.2	
7 215,69 W/°C	6 845,72 W/°C	1,05	Non conforme

Synthèse des échanges thermiques en été

APO non Aériennes	APO Aériennes	APOréf	AV	AVréf	Vérification C-3.4	
0,00 W	67 775,58 W	29 080,28 W	23 958,78 W	16 886,54 W	2,00	Non conforme

Renouvellement et infiltration d'air en hiver

QS	QV	DR	QVinf
2 861,56 m ³ /h	8 350,00 m ³ /h	3 811,93 W/°C	2 831,85 m ³ /h - Orientation: SO

Renouvellement et infiltration d'air en été

QVan	ARENs	AINFs	ARENI	AINFI	Renouvellement d'air total
8 350,00 m ³ /h	26 720,00 W	9 061,92 W	40 927,94 W	13 880,45 W	90 590,32 W

Puissance de chauffage

Cin : Coefficient de surpuissance	Cr : Coefficient des pertes calorifiques dues au réseau de tuyauteries éventuel	Puissance de chauffage
0,15	0,05	258,3 kW

Puissance de climatisation

Nombre d'occupants	Puissance d'éclairage	Autres puissances dégagées	Puissance de Climatisation
148,00	34 600,00	0,00	197,9 kW

1- Toitures

Nom	Surface	DT	DTréf	APO	APOréf
6 Toiture NE	257,50 m ²	1 003,71 W/°C	283,25 W/°C	7 070,86 W	1 542,90 W
6 Toiture SO	189,00 m ²	736,71 W/°C	207,90 W/°C	8 726,80 W	2 003,96 W
Total	446,50 m ²	1 740,42 W/°C	491,15 W/°C	15 797,66 W	3 546,86 W

2- Murs

Nom	Surface	DT	DTréf	APO	APOréf
1 façade NE	911,60 m ²	1 370,66 W/°C	1 093,92 W/°C	11 874,28 W	5 958,71 W
2 façade SE	285,00 m ²	428,52 W/°C	342,00 W/°C	5 464,42 W	2 724,80 W
3 façade SO	570,00 m ²	857,04 W/°C	684,00 W/°C	11 957,93 W	6 593,13 W
4 façade NO	261,40 m ²	393,04 W/°C	313,68 W/°C	3 212,15 W	1 778,78 W
Total	2 028,00 m ²	3 049,26 W/°C	2 433,60 W/°C	32 508,78 W	17 055,42 W

3- Fenêtres

Nom	Surface	DT	DTréf	AVT	AVE	AV	AVréf
1 fenêtres non protégées	36,00 m ²	149,92 W/°C	162,00 W/°C	1 488,36 W	41,26 W	1 529,62 W	1 106,01 W
1 fenêtres en longueur non protégées	1,50 m ²	6,25 W/°C	6,75 W/°C	62,02 W	1,72 W	63,73 W	46,08 W

Nom	Surface	DT	DTréf	AVT	AVE	AV	AVréf
SO							
Total	486,66 m2	1 932,99 W/°C	2 036,97 W/°C	19 242,06 W	4 716,72 W	23 958,78 W	16 886,54 W

4- Portes

Nom	Surface	DT	DTréf	APO	APOréf
Aucune porte n'a été définie					

5- Planchers

Nom	Surface	DT	DTréf	APO	APOréf
5 Plancher bas	785,00 m2	493,02 W/°C	1 884,00 W/°C	19 469,15 W	8 478,00 W
Total	785,00 m2	493,02 W/°C	1 884,00 W/°C	19 469,15 W	8 478,00 W

Resultats de simulation de la résidence alliance panorama apres l'isolation de son enveloppe architecturale, avec RETA :

Fiche technique du projet

ALLIANCE ASSURANCE -isolé

le projet est un immeuble d'habitation en 3 sous sol ,un entre sol , R+4 et un étage attique les sous sol sont destiné au parking le RDC et l'entre sol sont spécialisés tandis que les étages et l'étage attique sont occupés par des habitations où on trouve des duplexe dans l'attique

Donnée techniques

Localisation	Altitude	Latitude	Zone Thermique Hiver	Zone Thermique Eté
kouba	112,00 m	36,44 °	A	A

Conditions externes

Temp. externe en hiver	Temp. externe en été	Humidité spécifique	Ecart diurne
6,00°	34,00 °	14,50	9,00

Synthèse des enveloppes

Nom de l'enveloppe	Usage	Conformité Hiver C-3.2	Conformité Eté C-3.4
Habitation	habitation	Conforme	Non conforme

Envelope : Habitation

Données techniques

Volume Brut	Volume Net	Usage		
9 054,00 m ³	7 243,20 m ³	Habitation	Immeuble collectif	Confort Amélioré

Temps de fonctionnement (climatisation)	Temp. interne Hiver	Temp. interne Eté
12 H	21°	24°

Synthèse des échanges thermiques en hiver

DT	Dréf	Vérification C-3.2	
3 403,96 W/°C	6 845,72 W/°C	0,50	Conforme

Synthèse des échanges thermiques en été

APO non Aériennes	APO Aériennes	APOréf	AV	AVréf	Vérification C-3.4	
0,00 W	32 453,73 W	29 080,28 W	32 088,62 W	16 746,64 W	1,41	Non conforme

Renouveaulement et infiltration d'air en hiver

QS	QV	DR	QVinf
2 861,56 m ³ /h	4 345,92 m ³ /h	2 450,54 W/°C	2 831,85 m ³ /h - Orientation: SO

Renouveaulement et infiltration d'air en été

QVan	ARENs	AINFs	ARENI	AINFI	Renouveaulement d'air total
4 345,92 m ³ /h	13 906,94 W	9 061,92 W	21 301,74 W	13 880,45 W	58 151,06 W

Puissance de chauffage

Cin : Coefficient de surpuissance	Cr : Coefficient des pertes calorifiques dues au réseau de tuyauteries éventuel	Puissance de chauffage
0,15	0,05	136,2 kW

Puissance de climatisation

Nombre d'occupants	Puissance d'éclairage	Autres puissances dégagées	Puissance de Climatisation
148,00	34 600,00	0,00	138,3 kW

1- Toitures

Nom	Surface	DT	DTréf	APO	APOréf
6 Toiture NE	257,50 m ²	213,96 W/°C	283,25 W/°C	1 729,18 W	1 542,90 W
6 Toiture SO	189,00 m ²	157,04 W/°C	207,90 W/°C	2 134,14 W	2 003,96 W
Total	446,50 m ²	371,00 W/°C	491,15 W/°C	3 863,32 W	3 546,86 W

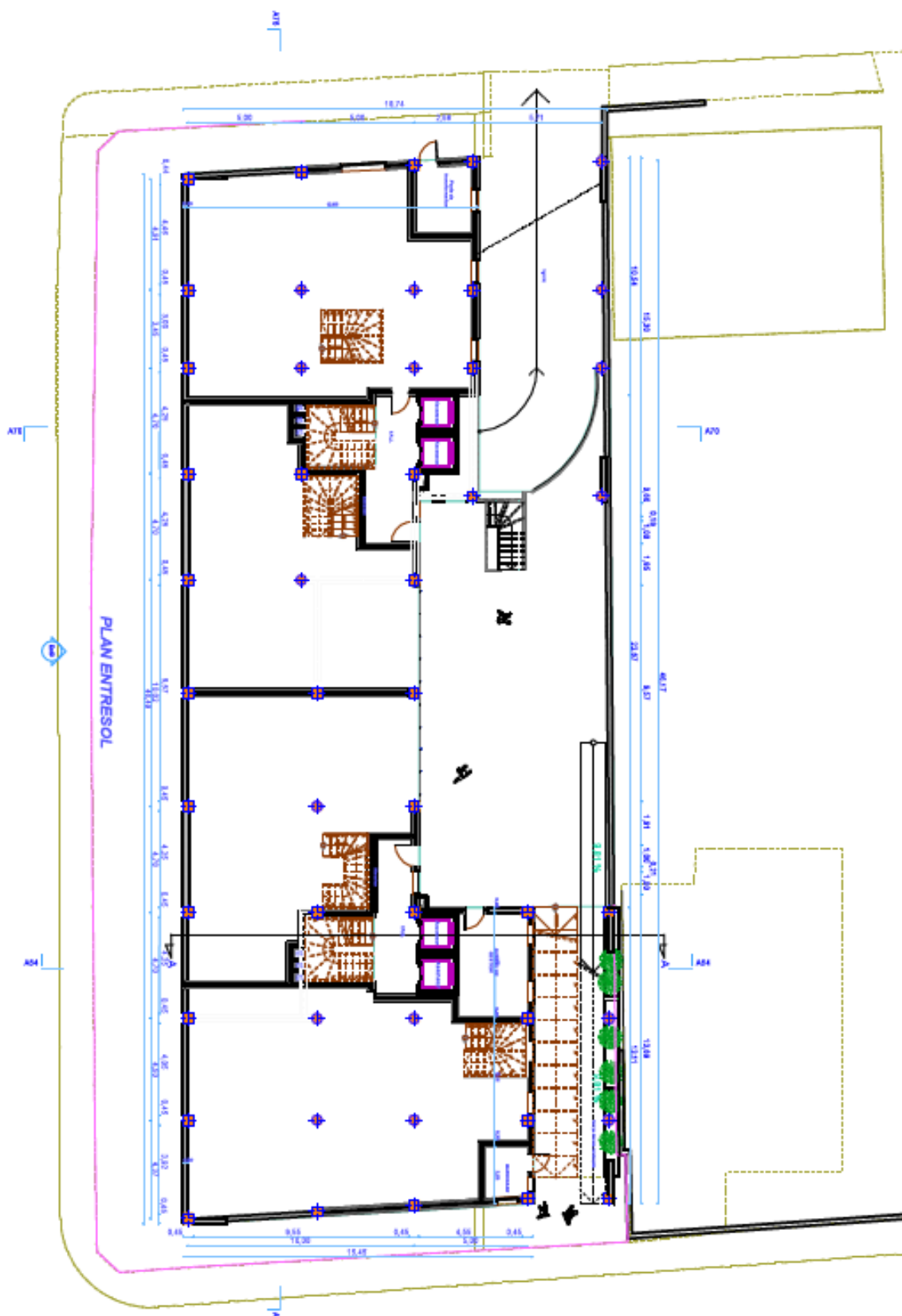
2- Murs

Nom	Surface	DT	DTréf	APO	APOréf
1 façade NE	911,60 m ²	478,53 W/°C	1 093,92 W/°C	4 042,81 W	5 958,71 W
2 façade SE	285,00 m ²	149,61 W/°C	342,00 W/°C	1 860,46 W	2 724,80 W
3 façade SO	570,00 m ²	299,21 W/°C	684,00 W/°C	4 071,28 W	6 593,13 W
4 façade NO	261,40 m ²	137,22 W/°C	313,68 W/°C	1 093,63 W	1 778,78 W
Total	2 028,00 m ²	1 064,57 W/°C	2 433,60 W/°C	11 068,18 W	17 055,42 W

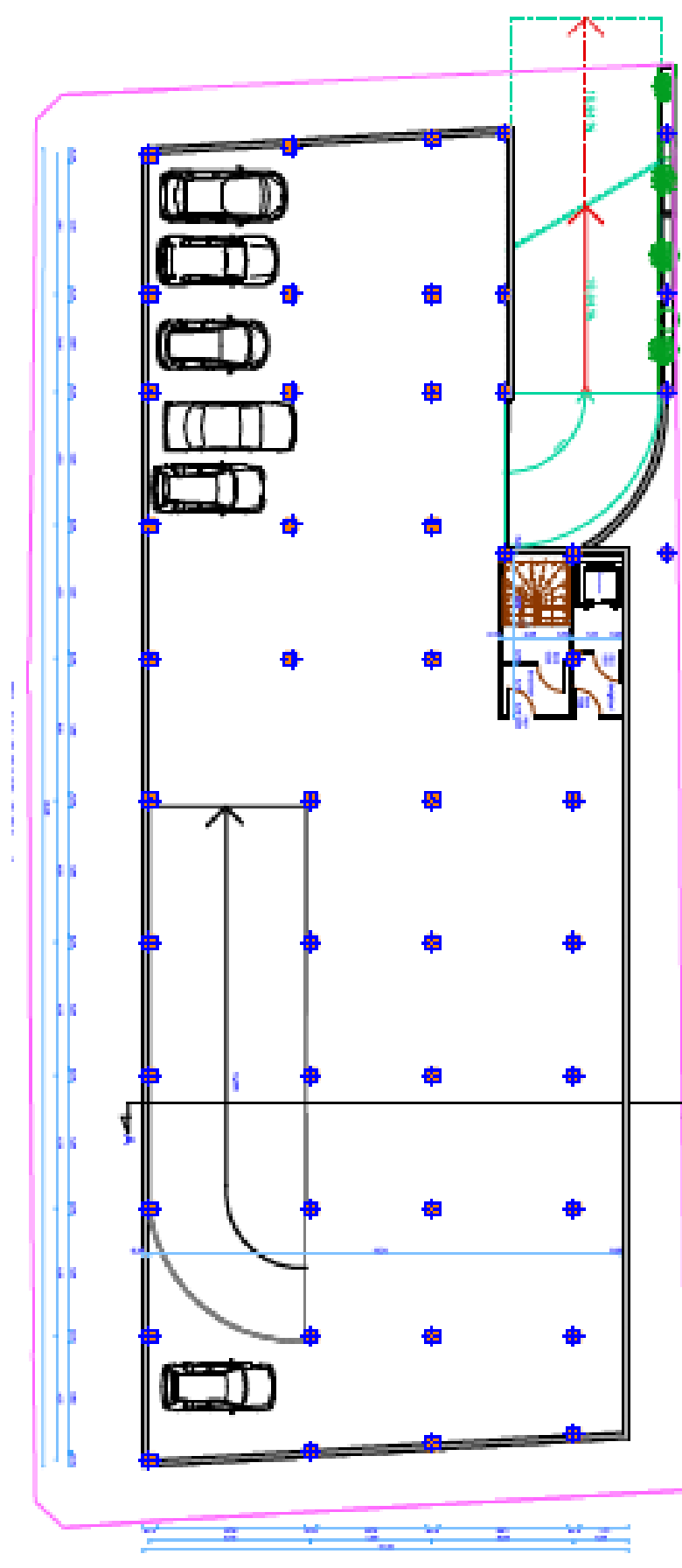
3- Fenêtres

Nom	Surface	DT	DTréf	AVT	AVE	AV	AVréf
1 fenêtres non protégées	36,00 m ²	108,05 W/°C	162,00 W/°C	1 070,81 W	298,39 W	1 369,20 W	1 103,16 W
1 fenêtres en longueur non protégées	1,50 m ²	4,50 W/°C	6,75 W/°C	44,62 W	12,43 W	57,05 W	45,96 W

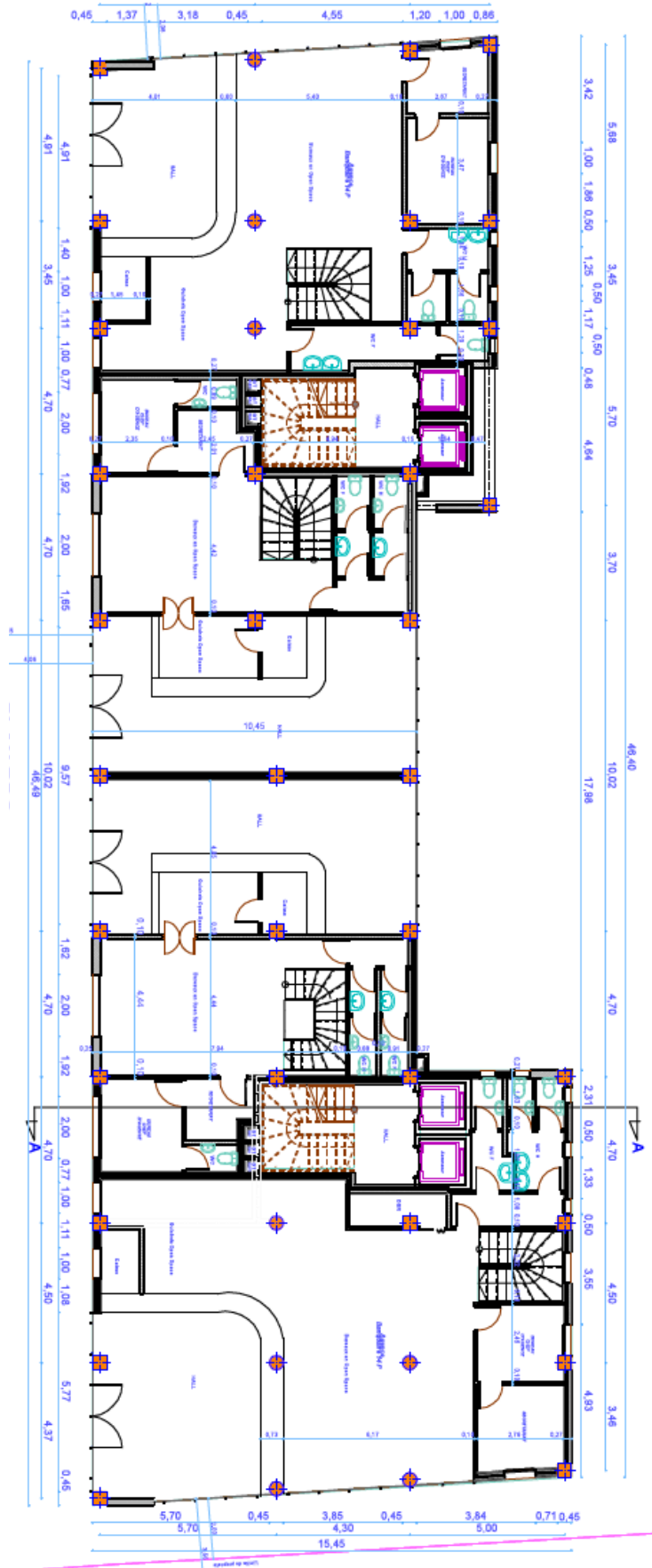
Le dossier graphique de la Résidence Alliance Panorama :



Plan du entre sol
 Source : la filiale Alliance Real Estates

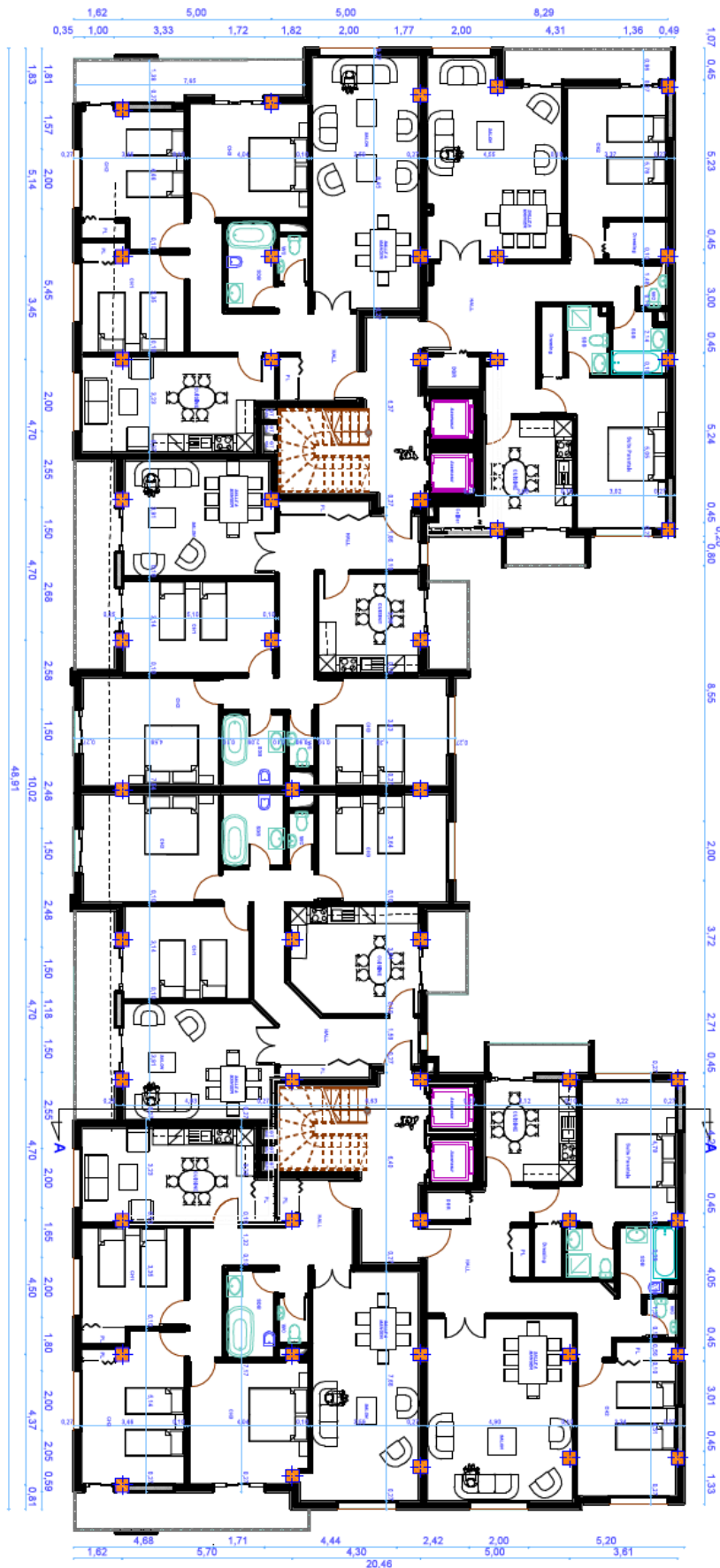


Plan du sous-sol
Source : la filiale Alliance Real Estates



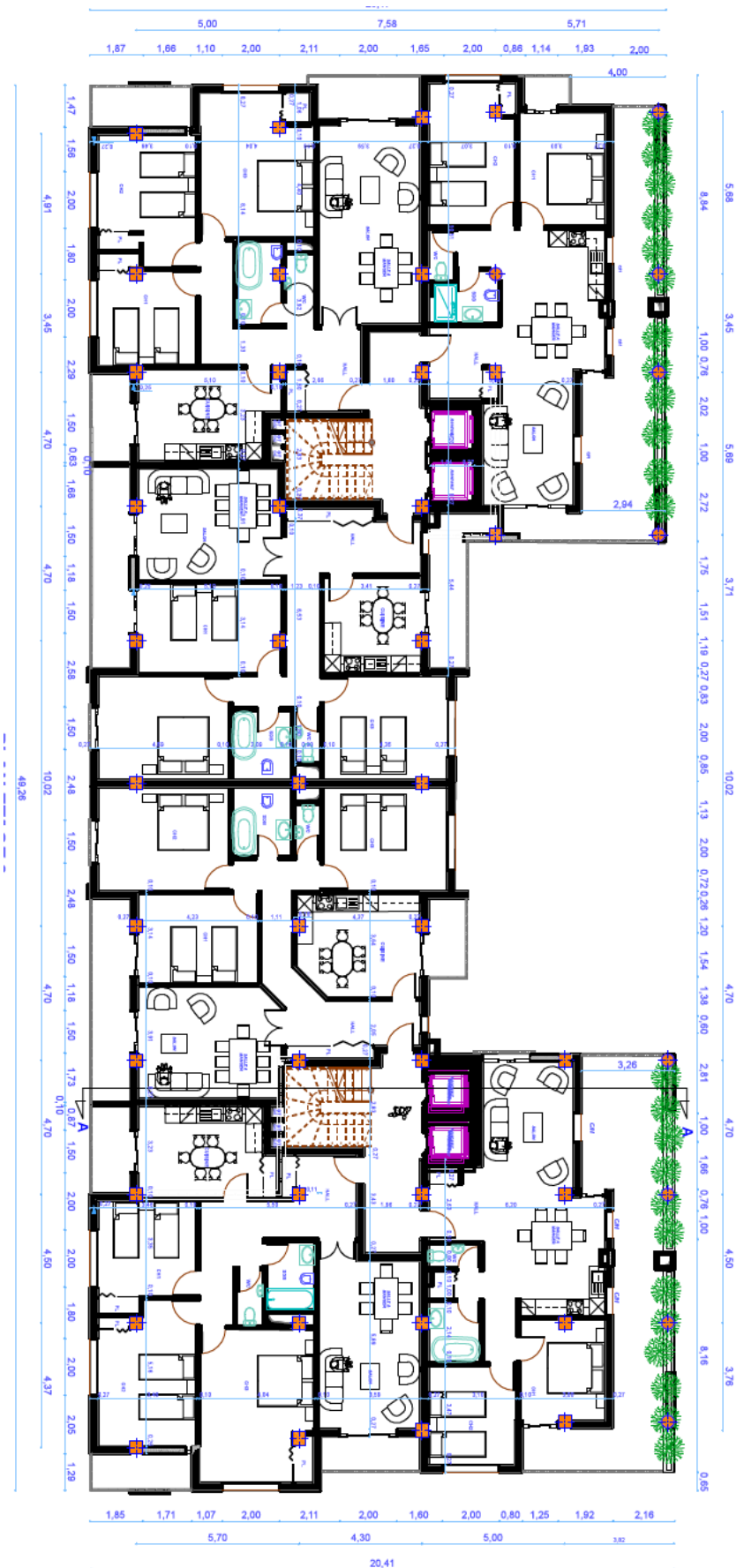
Plan du RDC

Source : la filiale Alliance Real Estates



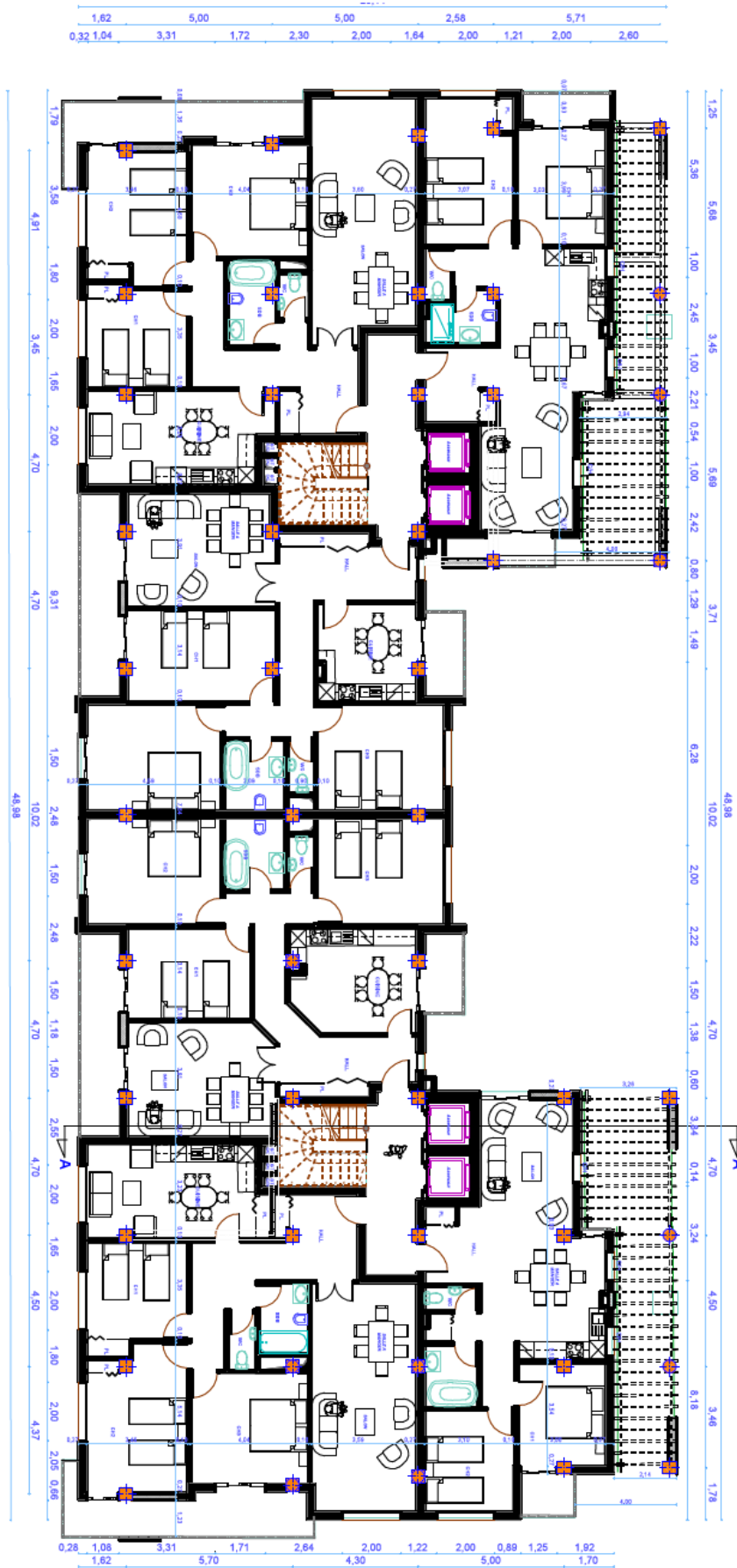
Plan du 2^{eme} étage

Source : la filiale Alliance Real Estates



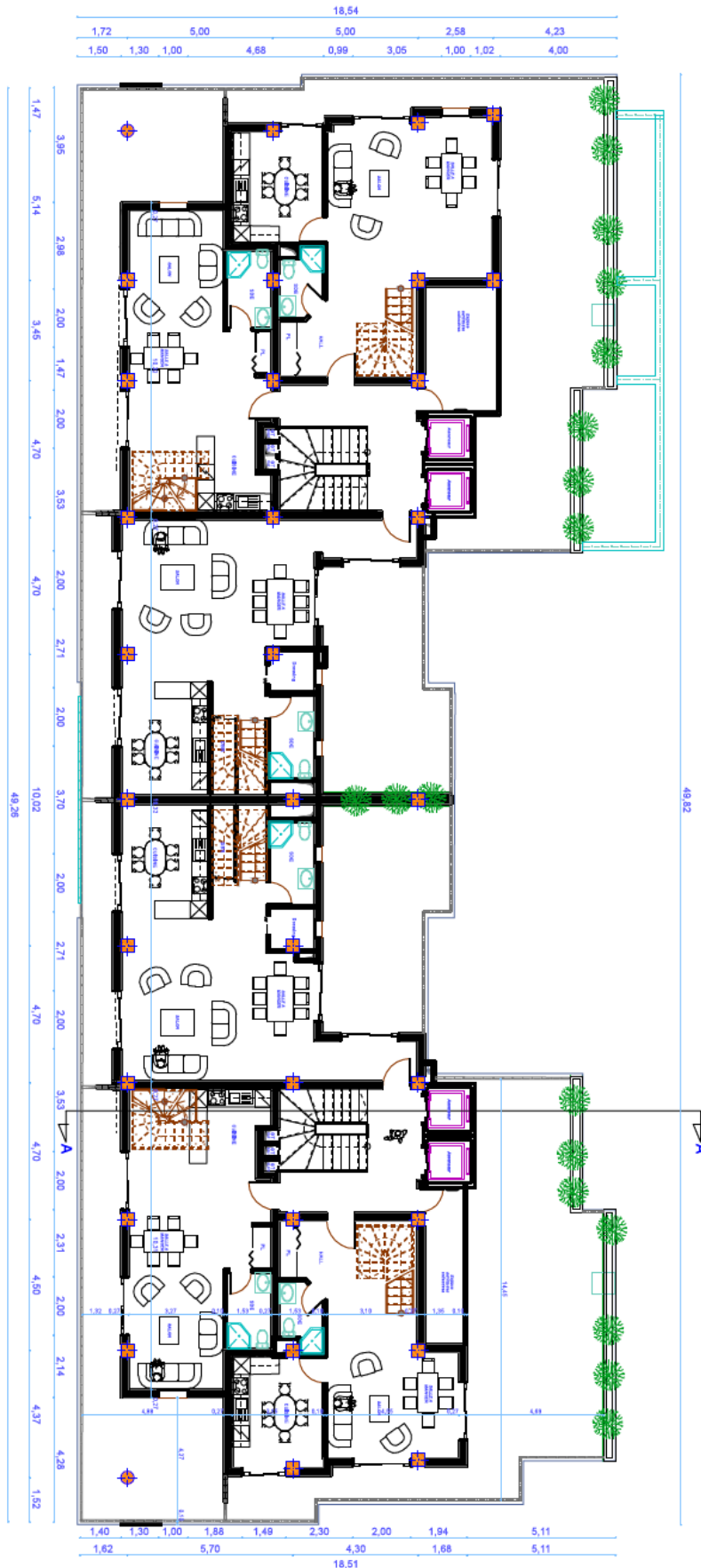
Plan du 3^{ème} étage

Source : la filiale Alliance Real Estates

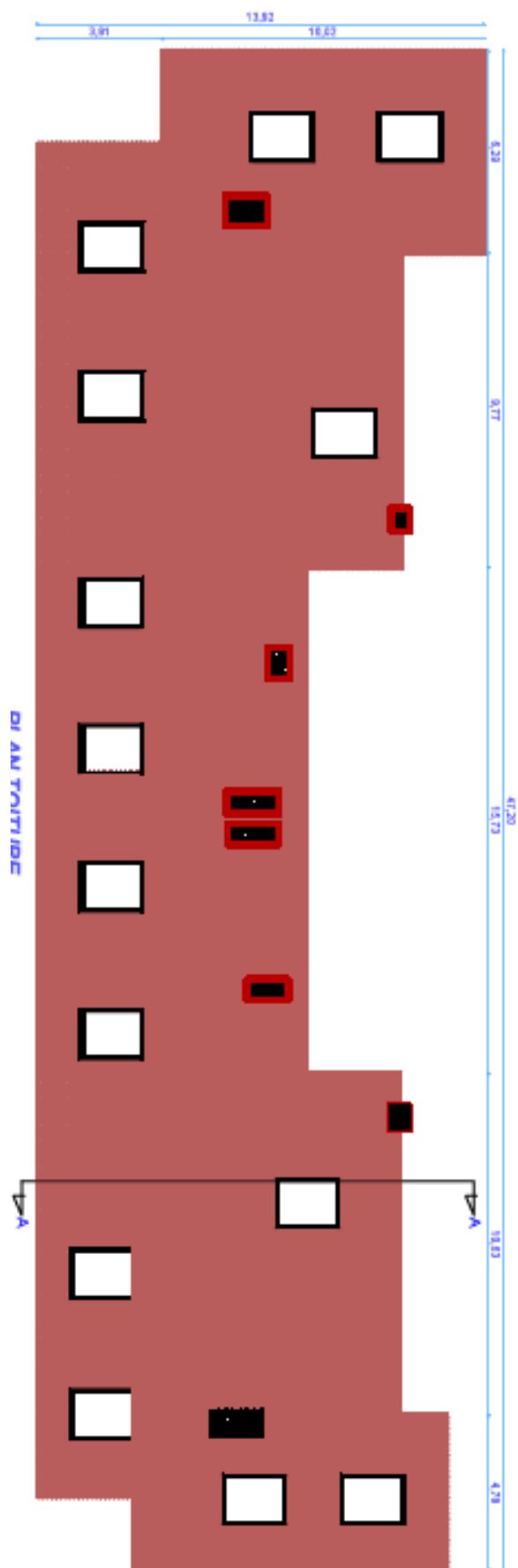


Plan du 4^{ème} étage

Source : la filiale Alliance Real Estates

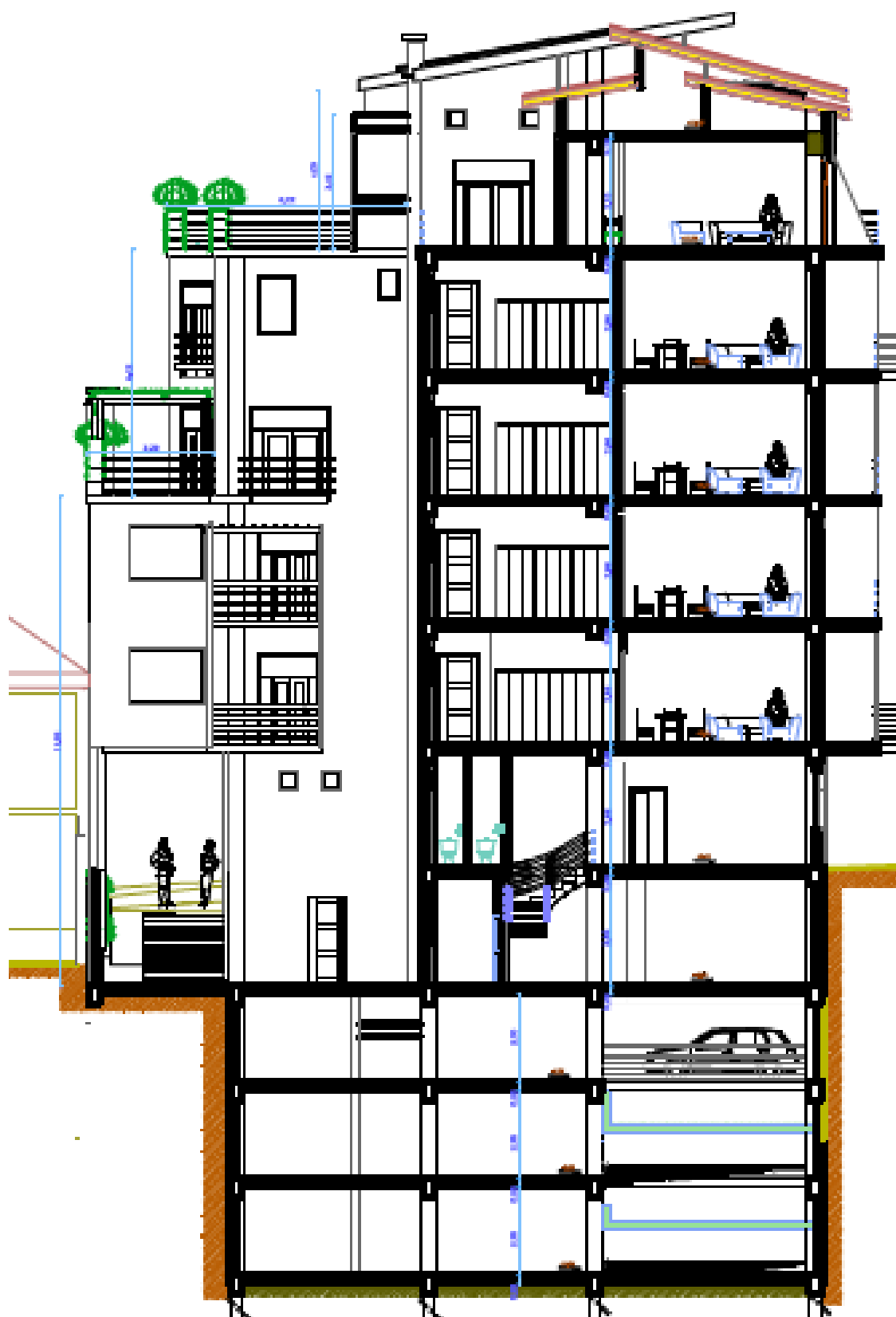


Plan du 5^{ème} étage (Attique)
 Source : la filiale Alliance Real Estates



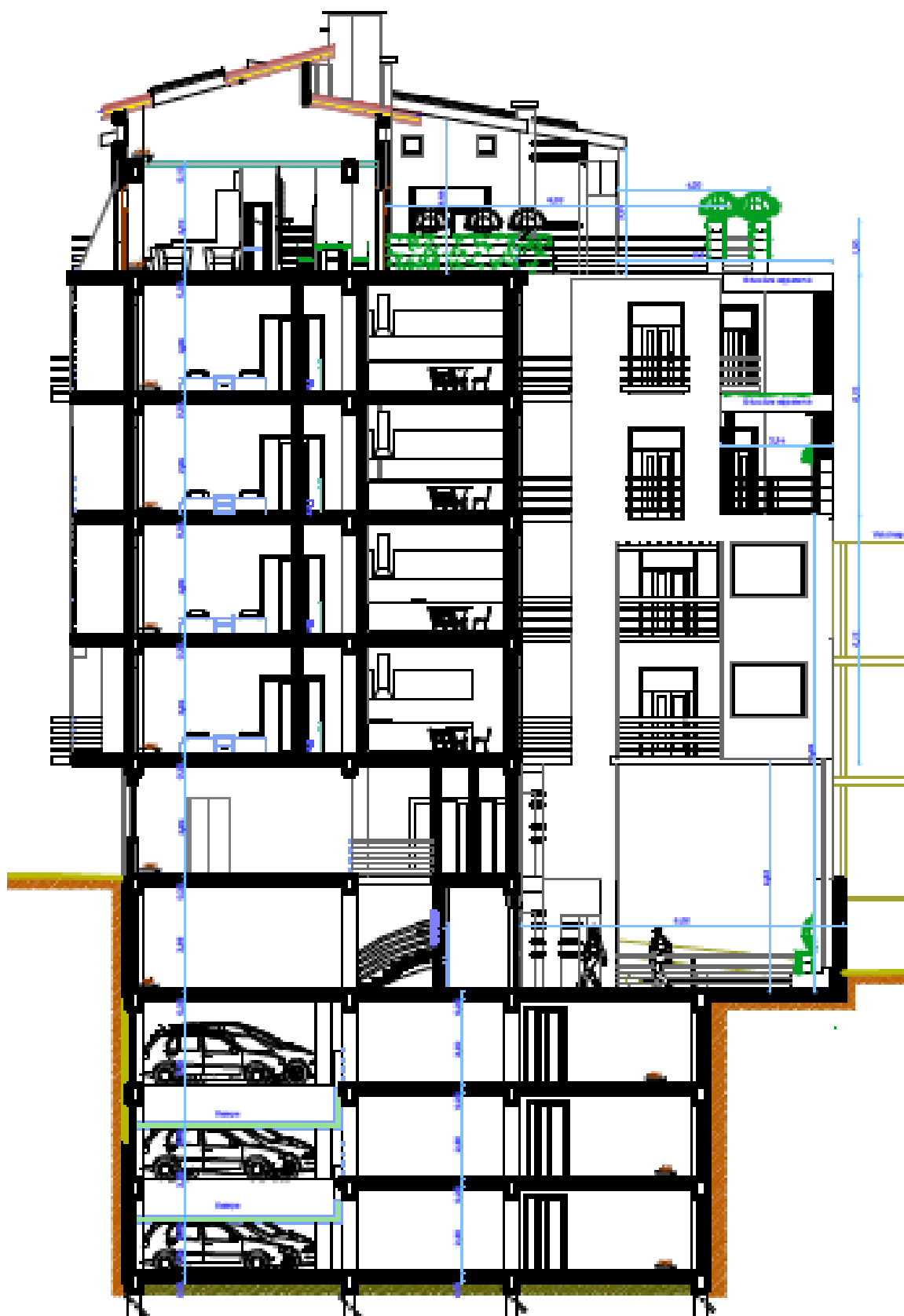
Plan de toiture

Source : la filiale Alliance Real Estates



Coupe AA

Source : la filiale Alliance Real Estates



Coupe BB

Source : la filiale Alliance Real Estates



FAÇADE LATÉRALE DE LA RESIDENCE

Source : la filiale Alliance Real Estates

Les différentes vues sur la Residence Alliance Panorama :



Vue sur la façade sud –ouest
Source : la filiale Alliance Real Estates



Vue sur la façade sud –est et la façade sud-ouest
Source : la filiale Alliance Real Estates



Vue sur la façade nord-ouest
Source : la filiale Alliance Real Estates



Vue sur la façade nord-est
Source : la filiale Alliance Real Estates



Vue sur l'entrée de la résidence vers la cour
Source : la filiale Alliance Real Estates



Vue sur la cour de la résidence
Source : la filiale Alliance Real Estates