

**Republique algerienne democratique et populaire**  
**Ministere de l'enseignement superieur et de la recherche scientifique**

**epau**

**ECOLE POLYTECHNIQUE D'ARCHITECTURE ET  
D'URBANISME**

**Laboratoire Architecture et Environnement**



**Mémoire en vue d'obtention de diplôme de  
master en Architecture & Environnement**

**La médiation environnementale des façades architecturales**  
**« Le confort thermique dans le SPA Alliance Assurance »**

**Présenté et Soutenu par : BOUZIDI Zahoua**

**Mémoire dirigé par :**

Dr. CHEBAIKI-ADLI L.

**Devant le jury composé de :**

**Présidente :** Dr. DRIOUECHE-DJAALALI Nadjiba, enseignante, LAE

**Examinatrice :** Mme BELOUHRANI Wahiba, enseignante, LVAP

**Examinatrice :** Mme ZEKAGH Rachida, enseignante, EPAU

**Février 2017**

"الحمد لله"

*« Avec l'aide de Dieu tout puissant, j'ai pu accomplir ce modeste travail. »*

**Remerciement**

Et voilà, mon mémoire est rédigé et corrigé (enfin !). A plusieurs reprises j'ai senti que je n'y arriverai jamais, mais si ce document est aujourd'hui entre vos mains, c'est que j'y suis, mais pas toute seule, j'ai tellement de personnes à remercier.

Je souhaite tout d'abord remercier Dr. CHEBAIKI-ADLI L, mon encadreur de mémoire de master, pour m'avoir offert l'opportunité de travailler sur une thématique aussi intéressante. J'ai fortement apprécié la confiance et la grande autonomie qu'elle m'a accordées, qui m'a suivi tout le long de l'élaboration de cette recherche, en m'aidant à repousser les limites de la réflexion. Merci pour les nombreuses opportunités offertes.

Je remercie aussi tous les membres du jury, Dr. DRIOUCHE-DJAALALI, Mme BELOUCHRANI et Mme ZEKAGH d'avoir accepté d'évaluer ce mémoire, et pour l'intérêt qu'ils ont porté pour cette recherche. En espérant que leurs remarques, orientations et conseils me seront utiles pour la continuité de ma formation.

Je tiens à remercier tout le personnel de la bibliothèque et de la direction de la post-graduation de l'EPAU.

Enfin, je tiens à remercier ma famille « BOUZIDI et CHALALI » et surtout ma sœur « Samiha », qui m'a soutenu moralement quotidiennement, et qui a fait tant de sacrifice pour que j'arrive à ce niveau. Je remercie également mes amis qui ont été d'un grand soutien, très spécialement Meriem, Roufaida et Zola.

**Dédicace**

Je dédie ce modeste travail ; à ma grande mère, à mes chers parents qui ont fait tout pour que je réussisse dans ma vie, que Dieu me les protège, sans oublier ma sœur « Samiha » et mon frère «Koceila».

***BOUZIDI Zahoua***

## Résumé

En Algérie, le secteur de bâtiment se trouve parmi les secteurs les plus énergivores, d'où la réduction de sa consommation énergétique est au cœur des préoccupations des architectes. Bien que la loi n°99 portant sur la maîtrise de la consommation d'énergie existe, les professionnels trouvent toujours du mal à la mettre en application.

C'est dans cette optique que s'intègre notre travail de recherche en master. Ce dernier se veut comme une contribution à élargir la réflexion de la qualité du confort thermique dans le bâtiment tertiaire. Cette recherche adopte comme stratégie de base l'application et l'intégration de la réglementation thermique algérienne dans le processus d'évaluation et de conception architecturale. Il est à noter que cette réglementation se focalise sur l'enveloppe architecturale.

Pour mener notre recherche, nous avons effectué une étude bibliographique sur la notion du confort thermique ainsi que l'impact de l'enveloppe du bâtiment tertiaire sur le confort thermique intérieur. Par la suite, nous avons établi une lecture théorique comparative entre le contexte réglementaire thermique mondial et national.

Pour arriver à nos objectifs, nous avons pris comme étude de cas à explorer, le siège social SPA Alliance Assurance, en cours de réalisation. Pour se faire, nous avons utilisé le logiciel de simulation thermique algérien RETA.

Les résultats de la simulation montrent que le bâtiment se rapproche d'être conforme à la réglementation thermique en période d'été, tandis qu'il a besoin d'une isolation thermique sur certaines parois de son enveloppe (les parois opaques « plancher bas et murs »).

**Mots clés :** la réglementation thermique, le confort thermique, l'enveloppe architecturale, simulation thermique, logiciel RETA.

## ملخص

في الجزائر، يعتبر قطاع البناء من بين أكثر القطاعات استهلاكاً للطاقة، وبالتالي فإن تخفيض استهلاكها يندرج في صلب اهتمامات المهندسين المعماريين. فرغم وجود القانون رقم 99 الخاص بمراقبة استهلاك الطاقة يبقى تنفيذه دائماً صعباً على المهنيين.

في هذا الإطار يندرج بحثنا، والذي نقصد به المساهمة في توسيع نطاق المناقشات بشأن نوعية الراحة الحرارية في المباني، يعتمد هذا البحث على تنفيذ استراتيجية أساسية لتطبيق وإدراج القانون الحراري في عملية التقييم والتصميم المعماري. ويجدر الإشارة إلى أن هذا القانون يركز على الغلاف المعماري.

لإجراء بحثنا، قمنا بمراجعة البحوث والدراسات التي تطرقت إلى موضوع الراحة الحرارية وتأثير مكونات أغلفة المباني على الراحة الحرارية الداخلية. وأخيراً قمنا بإجراء قراءة لمقارنة نظرية بين القانون الحراري العالمي والوطني.

ل للوصول إلى أهدافنا، اتخذنا كدراسة حالة مبنى في طور الانجاز «SPA siège social Alliance Assurance». وللقيام بذلك، استخدمنا برنامج المحاكاة الحرارية RETA.

تبين نتائج المحاكاة أن المبنى يكاد يتوافق مع القانون الحراري في فترة الصيف، لكنه يحتاج إلى العزل الحراري على بعض جدران غلافه (الجدران المبهمة "الأرضية والجدران").

**كلمات البحث:** القانون الحراري، الراحة الحرارية، الغلاف المعماري، المحاكاة الحرارية، برنامج المحاكاة RETA.

## Abstract

In Algeria, the building sector is among the most energy-intensive sectors; hence, the reduction of its energy consumption is at the heart of the architects' concerns. Although Act 99 on the control of energy consumption exists, professionals still find it difficult to implement it.

It is in this perspective that our research work in master is integrated. It is intended as a contribution to broadening the reflection of the quality of thermal comfort in the tertiary building. This research adopts as a basic strategy the application and the integration of the Algerian thermal regulation in the process of evaluation and architectural design. It should be noted that this regulation focuses on the architectural envelope.

To carry out our research, we carried out a bibliographical study on the concept of thermal comfort as well as the impact of the envelope of the tertiary building on indoor thermal comfort. Subsequently, we have established a comparative theoretical reading between the global and national thermal regulatory context.

To achieve our objectives, we have taken as a case study to explore, the “head office” SPA Alliance Assurance, in progress. To do so, we used the Algerian thermal simulation software RETA.

The results of the simulation show that the building is coming closer to being in compliance with the thermal regulations during the summer period; while it needs insulation on certain walls of its envelope ((The opaque walls "low floor and walls").

**Key words:** thermal regulation, thermal comfort, architectural envelope, thermal simulation, RETA software.

## Liste des acronymes

<b>ANSI</b>	American National Standards Institute (Institut de normalisation américaine)
<b>APRUE</b>	Agence pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie
<b>ASHRAE</b>	American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers (Organisation Internationale Technique dans le Domaine des Génies Thermiques et Climatiques)
<b>CDER</b>	Le centre de développement des énergies renouvelables, allemande au développement
<b>CETHIL</b>	Centre de Thermique de l'INSA de Lyon
<b>CHR</b>	Cafés/Hôtels/Restaurant
<b>CNERIB</b>	Centre National d'Etudes et de Recherches Intégrées du Bâtiment
<b>CoDyBa</b>	Comportement Dynamique De Bâtiment
<b>CSTB</b>	Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
<b>DOE</b>	Département Of Energy (Département d'Energie)
<b>DTR</b>	Document Technique Réglementaire
<b>E.R.P</b>	Etablissements Destinés A Recevoir Du Public
<b>GIZ</b>	Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (Société pour la coopération internationale)
<b>ICC</b>	International Code Council (Conseil International du Code)
<b>IECC</b>	International Energy Conservation Code (Code International de Conservation de l'Energie)
<b>IESNA</b>	Illuminating Engineering Society of North America
<b>LGPL</b>	Lesser General Public License (La Licence Publique Générale Limitée)
<b>MEC</b>	Model Energy Code (Modèle de Code de l'Energie)
<b>PDD</b>	Predicted Percentage Dissatisfied (Pourcentage prévisible d'insatisfaits)
<b>PEB</b>	Performance Energétique d'un Bâtiment
<b>PMV</b>	Predicted Mean Voted (Vote Moyen Prévisible)
<b>RETA</b>	Règlementation Thermique Algérienne
<b>RT</b>	Règlementation Thermique

<b>SimulArch</b>	Simulation Architecture
<b>SPA</b>	Société Par Action
<b>STD</b>	Simulation Thermique Dynamique
<b>STS</b>	Simulation Thermique Statique

**Listes des figures :**

<b>Figure 1:</b> Schéma de structure de mémoire .....	7
<b>Figure 2:</b> Le diagramme de l'air humide.....	13
<b>Figure 3:</b> La stratégie du chaud .....	15
<b>Figure 4:</b> La stratégie du froid .....	16
<b>Figure 5:</b> Echelle de jugement subjectif (FANGER).....	19
<b>Figure 6:</b> Relation entre les indices PPD et PMV.....	21
<b>Figure 7:</b> Le diagramme bioclimatique de GIVONI.....	22
<b>Figure 8:</b> Les pertes d'énergie dans un bâtiment non isolés.....	25
<b>Figure 9:</b> Dalle sur un vide, l'air extérieur(1) - Sur espace adjacent non chauffé(2) - Sur cave(3) - Sur vide sanitaire(4). .....	33
<b>Figure 10:</b> Le transfert de chaleur à partir de plancher.....	34
<b>Figure 11:</b> Les composantes de façades de type double peau.....	36
<b>Figure 12:</b> Organigramme de chauffage selon le DTR C3-2.....	49
<b>Figure 13:</b> Organigramme de climatisation selon le DTR C3-4.....	51
<b>Figure 14:</b> L'écran principal de KoZiBu .....	54
<b>Figure 15:</b> L'interface d'EnergyPlus .....	56
<b>Figure 16:</b> Page d'accueil de l'application .....	59
<b>Figure 17:</b> Structure et étapes de calcul .....	60
<b>Figure 18 :</b> La situation dans le quartier d'affaire de bâtiment siège social alliance assurance.....	65
<b>Figure 19:</b> Les caractéristiques volumétriques de bâtiment .....	66
<b>Figure 20:</b> Coupe explicatif des enveloppes de bâtiment étudié .....	67
<b>Figure 21:</b> Icone nouveau projet .....	69
<b>Figure 22:</b> Icone nouveau projet .....	69
<b>Figure 23:</b> Créer une enveloppe « bureaux ».....	70
<b>Figure 24:</b> Icone nouvelle paroi « plancher bas ».....	71
<b>Figure 25:</b> Icone définir le local adjacent non chauffé et non climatisé.....	71
<b>Figure 26:</b> La composition de la paroi « plancher dalle pleine ».....	72
<b>Figure 27:</b> La composition de la paroi « plancher terrasse» .....	73
<b>Figure 28:</b> Icone nouvelle paroi « paroi Nord 2 mur rideau ».....	74

<b>Figure 29:</b> Icône définir la composition du vitrage .....	74
<b>Figure 30:</b> Icône définir la protection du vitrage en été.....	75
<b>Figure 31:</b> Icône surface ensoleillée .....	75
<b>Figure 32 :</b> Icône de la climatisation.....	76
<b>Figure 33:</b> L'espace de travail de RETA.....	76
<b>Figure 34:</b> La conformité DTR .....	77
<b>Figure 35:</b> L'échange thermique par transmission .....	77
<b>Figure 36 :</b> La puissance de climatisation.....	77
<b>Figure 37:</b> La conformité de SPA Alliance assurance après l'isolation des parois .....	80
<b>Figure 38 :</b> Le dimensionnement de climatisation après l'isolation des parois.....	80
<b>Figure 39:</b> Plan de masse .....	91
<b>Figure 40:</b> Plan N-1 .....	92
<b>Figure 41 :</b> Plan N-2 .....	93
<b>Figure 42:</b> Plan N-3 .....	94
<b>Figure 43 :</b> Plan N-4 .....	95
<b>Figure 44:</b> Plan RDC .....	96
<b>Figure 45:</b> plan Mezzanine .....	97
<b>Figure 46:</b> Plan N+1.....	98
<b>Figure 47:</b> Plan N+2.....	99
<b>Figure 48:</b> Plan N+3.....	100
<b>Figure 49 :</b> Plan N+4.....	101
<b>Figure 50 :</b> Plan N+5.....	102
<b>Figure 51 :</b> Plan N+6.....	103
<b>Figure 52:</b> Plan N+7.....	104
<b>Figure 53 :</b> Plan N+8.....	105
<b>Figure 54:</b> Coupe CC .....	106
<b>Figure 55 :</b> Vue sur la façade nord "en mur rideau" et la façade Sud.....	107
<b>Figure 56:</b> Ambiance intérieur, 7ème étage bureau du président .....	107

**Liste des tableaux :**

<b>Tableau 1:</b> Les caractéristiques thermiques de l'enveloppe architecturale.....	31
<b>Tableau 2:</b> Les principaux types de murs de façade multicouche.....	35
<b>Tableau 3:</b> Les conditions de base d'un local selon le DTR C-3-4.....	50
<b>Tableau 4:</b> La décomposition de l'enveloppe de bâtiment étudié .....	68
<b>Tableau 5:</b> Interprétation des résultats de la simulation.....	78

## Table des matières

<b>LE CHAPITRE INTRODUCTIF</b> .....	1
1. Motivation.....	2
2. Introduction.....	2
3. Problématique.....	4
4. Hypothèses.....	5
5. Objectifs.....	5
6. Méthodologie de recherche.....	5
7. La structure de mémoire.....	6
8. Etat bibliographique.....	8
9. Définitions des concepts utilisés dans la recherche.....	8
<b>LE CHAPITRE 1 : LA NOTION DE CONFORT THERMIQUE DANS LE BÂTIMENT</b> .....	10
1. Introduction.....	11
2. Définition du confort thermique dans le bâtiment.....	11
2.1 Les paramètres influençant le confort thermique.....	12
3. Les stratégies bioclimatiques pour améliorer le confort thermique.....	14
3.1 Le confort d’hiver (stratégie de chaud).....	14
3.2 Le confort d’été (stratégie du froid).....	15
4. Les outils d’évaluation de confort thermique.....	18
A. La méthode statique.....	18
B. La méthode dynamique.....	22
5. L’isolation thermique.....	25
6. Conclusion.....	26
<b>LE CHAPITRE 2 : L’EFFICACITE ENERGETIQUE A TRAVERS L’ENVELOPPE ARCHITECTURALE</b> .....	28
1. Introduction.....	29
2. Définition de l’enveloppe architecturale.....	29
3. Les caractéristiques thermiques de l’enveloppe architecturale.....	30
4. Les types de parois de l’enveloppe architecturale.....	32
4.1 La toiture.....	32
4.2 Les planchers inférieurs.....	33
4.3 Les façades.....	34
5. Les baies et les éléments translucides.....	38
a. Les protections solaires.....	38

6. Conclusion .....	40
<b>LE CHAPITRE 3 : LE CONTEXTE DE LA REGLEMENTATION THERMIQUE DANS LE BATIMENT .....</b>	<b>41</b>
1. Introduction .....	42
2. Objectifs de la réglementation thermique dans le monde .....	42
3. La réglementation thermique en France et aux états unis d'Amérique .....	43
3.1 La réglementation thermique française .....	43
3.2 La réglementation thermique aux états unis Américaine.....	44
3.3 La réglementions thermique Algérienne .....	45
4. Les logiciels d'évaluation thermique (KoZiBu, EnergyPlus, RETA).....	53
4.1 KoZiBu (France).....	53
4.2Energyplus (USA).....	55
4.3 RETA (Algérie) .....	56
5. Conclusion .....	62
<b>CHAPITRE 4 : VERIFICATION DE LA CONFORMITE DE BATIMENT TERTIAIRE « SPA ALLIANCE ASSURANCE » .....</b>	<b>63</b>
1. Introduction .....	64
2. Le choix de l'étude de cas et de logiciel de simulation :.....	64
2.1 Le choix de bâtiment tertiaire « SPA Alliance Assurance » tient à plusieurs raisons : .....	64
2.2 Le choix de logiciel de simulation thermique RETA tient à plusieurs raisons : .....	64
3. Présentation de l'étude de cas SPA Alliance Assurance .....	65
3.1 Localisation du projet.....	65
3.2 Description du projet.....	66
3.3 La décomposition de l'enveloppe de bâtiment .....	67
4. La simulation thermique à l'aide de logiciel RETA .....	68
4.1 Conditions générales de la simulation .....	68
4.2 Présentation des données introduites .....	69
4.3 Présentation des résultats de la simulation.....	77
4.4 Interprétation et discussion des résultats de simulation .....	78
4.5 Les recommandations architecturales sur le bâtiment SPA Alliance Assurance .....	79
5. Conclusion .....	80
<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>82</b>
<b>LES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>	<b>85</b>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>90</b>

## **LE CHAPITRE INTRODUCTIF**

---

## 1. Motivation

J'envisage ma formation au sein de ce master avec une grande motivation, ainsi qu'avec une conscience de l'engagement qu'il nécessite, je suis prête et déterminée d'approfondir mes recherches pleinement dans ce sujet qui m'intéresse beaucoup, vue que c'est un thème d'actualité en relation avec la dimension environnementale, ce dernier me permettra de :

-Comprendre une des mesures fondamentales d'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment, à savoir, celle de la performance thermique à travers l'enveloppe architecturale.

-Maitriser un nouveau logiciel d'application de la réglementation thermique algérienne (RETA), qui va me servir plus tard dans mon domaine professionnel.

## 2. Introduction

L'énergie est omniprésente dans nos activités quotidiennes, que ce soit dans les logements, les lieux de travail ou d'étude, son usage s'est diversifié avec l'apparition de nouveaux besoins et de nouveaux équipements. Elle a aussi bouleversé la notion du confort, particulièrement le confort thermique. L'amélioration de cette notion présente un souci primordial parce qu'elle mène vers des moyens technologiques, pour des raisons de chauffage et de climatisation qui consomment à leur tour beaucoup d'énergie.

À une échelle mondiale la consommation énergétique est en augmentation constante, le changement climatique et la pollution de l'environnement reviennent en tant que causes. Le besoin de maîtriser cette dernière fait naissance à des exigences de développement durable, d'où la volonté d'assurer un confort thermique accru dans le bâtiment a vu le jour.

La situation en Algérie ne diffère pas de la situation mondiale en matière de consommation énergétique. La croissance démographique et la construction massive de bâtiment résidentiel et tertiaire (le secteur le plus énergivore avec une consommation de 46% de l'énergie finale et de 28% de l'énergie primaire)<sup>1</sup>, ont induit à une réalisation intense de bâtiments qui ne répondent pas aux exigences réglementaires sur le plan

---

<sup>1</sup> **IMESSAD Khaled**, *efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment en méditerranée projet de coopération CDER-CNERIB et MED-ENEC*, Bulletin des énergies renouvelable N° 11, juin 2007, p13. ([www.cder.dz/vlib/bulletin/pdf/bulletin\\_011\\_07.pdf](http://www.cder.dz/vlib/bulletin/pdf/bulletin_011_07.pdf))

thermique. Une grande partie de la consommation d'énergie de ces derniers provient des systèmes de chauffage et de climatisation.

D'un côté, le parc existant des bâtiments tertiaires a été renforcé ces dernières années par la construction de plusieurs nouveaux édifices (Hôpitaux, universités ...) à grande consommation énergétique. Il semble que ni dans la conception, ni dans la réalisation de ces édifices, la question de la performance thermique ne fut prise en charge<sup>2</sup>. Ceci implique une augmentation encore plus forte de la consommation d'énergie afin d'assurer un meilleur confort thermique dans le bâtiment.

D'un autre côté, **l'amélioration des performances thermique de l'enveloppe constitue l'une des principales mesures fondamentales d'efficacité énergétique dans le secteur de bâtiment**. Elle permet une réduction de la consommation énergétique de l'ordre de 50%<sup>3</sup>.

En outre, l'absence d'application de la réglementation thermique, ainsi que des difficultés d'application de documents technique règlementaire au sein des bureaux d'étude et des agences d'architecture ont longtemps favorisé la réalisation de bâtiments énergivores<sup>4</sup>.

Des nouvelles perspectives d'application de la réglementation thermique aux seins des bâtiments ont vu le jour. En particulier le bâtiment tertiaire. Il s'agit d'un nouveau logiciel d'application de la réglementation thermique algérienne (RETA), intitulé logiciel de calcul thermique dans le bâtiment créé en 2015, sous la direction de l'APRUE par le centre de développement des énergies renouvelables CDER, en collaboration avec le Centre National d'Etudes et de Recherches Intégrées du Bâtiment CNERIB et d'experts internationaux de la coopération allemande au développement (GIZ), qui permet la vérification de la conformité d'un bâtiment aux exigences réglementaires.

C'est à partir d'une étude de cas, représentée par le bâtiment tertiaire en cours de réalisation « SIEGE SOCIAL \_immeuble de bureaux\_ SPA Alliance Assurance »<sup>5</sup>

---

<sup>2</sup>MAZARI M, *étude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public cas d'étude université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou*, université mouloud Mammeri, mémoire de magister, 2012, p9

<sup>3</sup> Outil et méthodes de certification et d'évaluation environnementale, S4, SP1, **Cours présenté par Dr ATHAMENA Khaled**, les mesures d'efficacité énergétique, EPAU, 2016.

<sup>4</sup> *Guide pour une construction éco énergétique en Algérie*, APRUE et GIZ, 2014, p149.

<sup>5</sup> Projet conçu par le cabinet d'architecture studio A et MLM, dont le Maître d'ouvrage : SARL ALLANCE ASSURANCES REAL ESTATES.

situé dans le nouveau quartier d'affaires d'Alger sis à Bab Ezzouar, que nous allons accomplir notre recherche.

Notre travail consiste en la vérification de la conformité de ce dernier par rapport aux exigences de la réglementation thermique algérienne, qu'on va déterminer suite à une analyse de comportement thermique de l'enveloppe du bâtiment, à l'aide du logiciel RETA, qui porte sur une caractérisation thermique des parois composant l'enveloppe du bâtiment en vue de recommandations pour sa performance thermique.

### 3. Problématique

Le confort thermique est défini comme « *un état de satisfaction du corps* »<sup>6</sup> vis-à-vis de son environnement thermique. Son amélioration dans le bâtiment est très importante.

La constitution de l'enveloppe d'un bâtiment s'avère une solution pertinente dont une enveloppe bien isolée ( murs , couverture , vitrage ...), présente un aspect de performance thermique très amélioré. Elle permet de réduire les déperditions et les apports de chaleur, de réaliser des économies de chauffage et de climatisation, de limiter les émissions de gaz à effet de serre, et de bénéficier d'un meilleur confort.

Actuellement, concevoir une enveloppe thermiquement efficace en Algérie, devient une urgence. La réglementation thermique Algérienne a mis en place des exigences et des critères pour réduire la consommation énergétique des bâtiments, dont plusieurs recherches visent à la création d'outils d'aide pour l'application de cette dernière.

De ce fait, nous posons les questionnements suivants :

- A travers une étude de cas, celle du bâtiment tertiaire SPA Alliance Assurance, comment s'effectue l'impact de l'enveloppe architecturale sur le confort thermique de ce dernier ?
- comment pourrions-nous contribuer à l'intégration de la réglementation thermique algérienne dans la conception architecturale de bâtiments tertiaire ?

---

<sup>6</sup> **BENHALILOU K**, *impact de la végétation grimpante sur le confort hygrothermique estival du bâtiment*, université Mentouri Constantine, mémoire de magister, 2008, p29.

- quels sont les paramètres relatifs au confort thermique au niveau de l'enveloppe du bâtiment tertiaire ?

#### **4. Hypothèses**

A tout questionnement de recherche nous devons émettre certaines hypothèses qui peuvent être confirmées ou infirmées à la fin de notre étude dont :

- L'enveloppe du bâtiment est une des composantes relatives à la maîtrise de la consommation énergétique de ce dernier.
- Le bâtiment tertiaire « SIEGE SOCIAL SPA Alliance Assurance » en cours de réalisation est conforme à la réglementation thermique Algérienne.
- L'enveloppe architecturale portant des procédés par rapport à l'orientation, les ouvertures, l'implantation, les formes et les matériaux de construction agit sur le confort thermique.

#### **5. Objectifs**

Notre recherche a pour objectif de :

1. Etudier l'impact de l'enveloppe architecturale sur le confort thermique du bâtiment, en particulier, puis sur notre étude de cas.
2. vérifier la conformité du bâtiment tertiaire « SIEGE SOCIAL SPA Alliance Assurance » en cours de réalisation, aux exigences de la réglementation algérienne.
3. Saisir quelques stratégies de conception architecturales à adopter pour assurer un confort thermique de bâtiment.
4. Elaborer des recommandations architecturales sur l'enveloppe de « SPA Alliance Assurance », afin d'améliorer son confort thermique.

#### **6. Méthodologie de recherche**

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

## 7. La structure de mémoire

Le présent mémoire est organisé en 4 chapitres, en plus du chapitre introductif et la conclusion générale, distribués comme suit :

Dans le premier chapitre, nous présenterons quelques généralités relatives au confort thermique lié au secteur du bâtiment au niveau mondial à savoir ses paramètres, ses outils d'évaluation, ainsi que l'isolation thermique.

Le deuxième chapitre sera consacré à des investigations théoriques, sur l'influence de la constitution de l'enveloppe du bâtiment, où nous allons présenter les différents types de parois de l'enveloppe et leurs techniques d'isolation.

Le troisième chapitre s'articule autour de deux volets. Le premier portera sur la présentation de la réglementation thermique Algérienne, tout en la comparant avec les réglementations thermiques des pays (FRANCE, USA). Dans le second volet, il y aura la présentation de quelques logiciels de simulation thermique (statique et dynamique). A savoir le logiciel RETA avec lequel nous allons étudier notre étude de cas.

Le quatrième chapitre, a pour but de vérifier la conformité de notre étude de cas par rapport à la réglementation thermique Algérienne, à travers la simulation thermique de son enveloppe par le logiciel RETA, dans lequel nous allons nous intéresser à l'analyse et à l'interprétation des résultats obtenus, en apportant quelques recommandations architecturales sur l'enveloppe de bâtiment tertiaire étudié.

Enfin, nous terminerons par une conclusion générale, et nous proposerons quelques perspectives de recherche pour une éventuelle poursuite de ce travail de recherche.

On résume la structure de notre recherche dans le schéma suivant (Voir fig.1) :

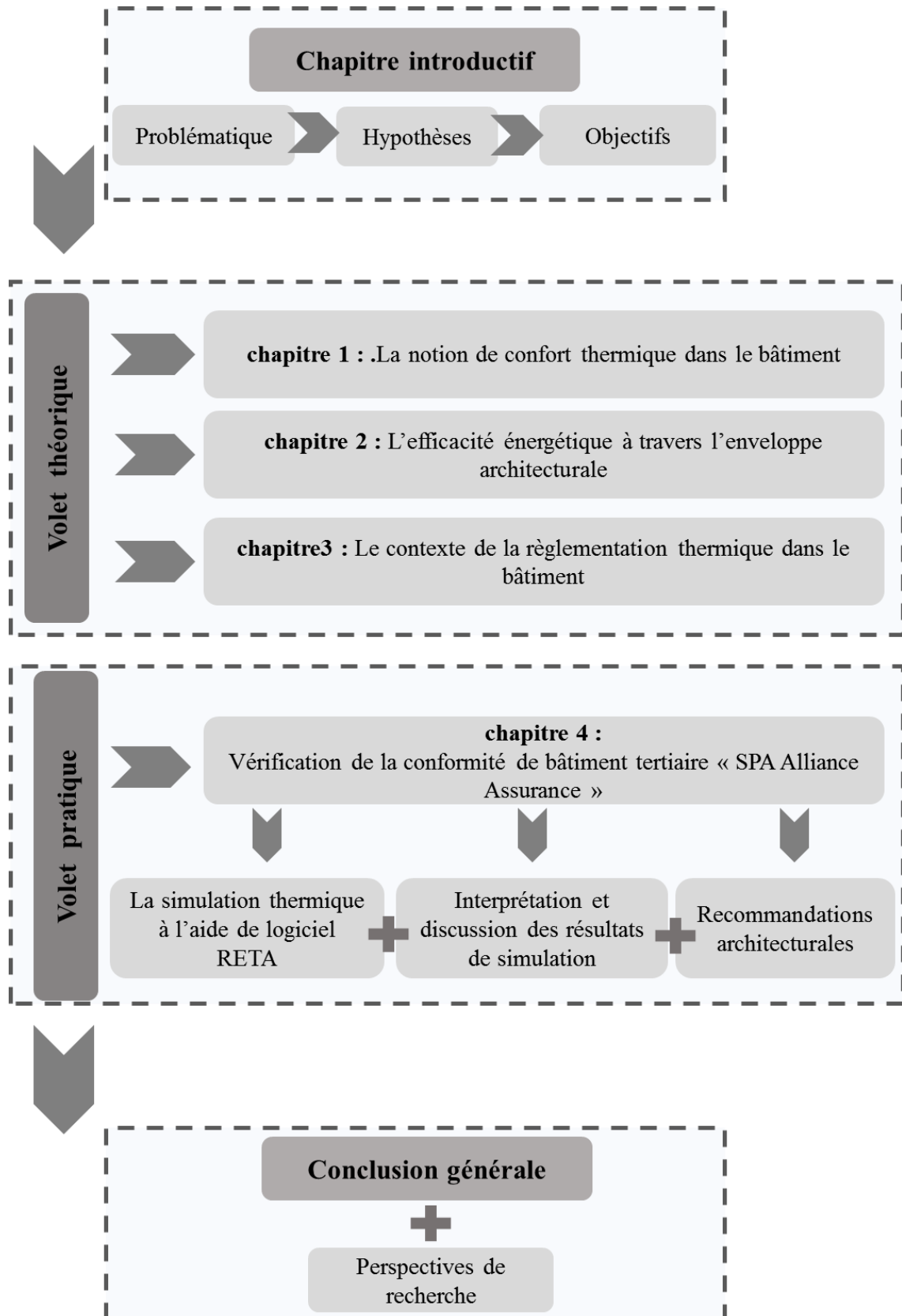


Figure 1: Schéma de structure de mémoire

Source : l'auteur

## 8. Etat bibliographique

Plusieurs travaux de recherches ont été mené dans l'objectif de réduire au minimum le coût d'énergie, employée pour chauffer et climatiser les bâtiments, par le biais de la création d'outils d'aide à la conception thermique, à la base de la réglementation thermique Algérienne. Tel que le logiciel SimulArch, développé par docteur FOURA Smir en 2007 dans sa thèse de doctorat intitulé « Simulation des paramètres du confort thermique d'hiver en Algérie », à l'université Mentouri Constantine, qui pourra nous dire si le bâtiment consomme ou produit de l'énergie en période d'hiver, afin de minimiser le cout d'énergie employé pour chauffer le bâtiment. Ainsi que le travail de Mohamed Aziz HACHEMI dans le cadre de son mémoire de magister en 2011 intitulé « Exploitation et programmation des documents techniques règlementaires relatifs aux déperditions thermiques de ventilation des bâtiments », à l'université M'hamed Bougara, Boumerdes. Dans lequel il a proposé de mettre sous forme d'un logiciel «EcoBâtim», les différentes règlementations publier par le CNERIB, en relation avec la thermique du bâtiment, plus précisément le DTR C 3-4 (pour la climatisation) le DTR C 3-2 (pour le chauffage), le DTR C 3-31 (pour la ventilation), qui permet d'établir le bilan estival et hivernal conformément à ces derniers.

Nous pouvons citer de plus le travail de REBZANI Esmâ dans son mémoire de master en 2016 intitulé «Essai de diagnostic thermographique de l'efficacité énergétique : Cas d'étude la maison prototype du CNERIB/CDER » à l'EPAU, dont l'objectif principal était de signaler l'impact énergétique de respect de la réglementation thermique à travers l'étude de projet pilote du CNERIB et du CDER comme exemple de bâtiment respectant la réglementation thermique algérienne en vigueur.

## 9. Définitions des concepts utilisés dans la recherche

### 9.1 Le bâtiment tertiaire

Un bâtiment tertiaire représente les bâtiments occupés par les entreprises du secteur tertiaire « (*commerces, bureaux, santé, enseignement, infrastructures collectives destinées aux sports, aux loisirs, aux transports, CHR (cafés/hôtels/restaurants), et tous les E.R.P (établissements destinés à recevoir du public).*»<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> [www.climamaison.com/lexique/tertiaire.htm](http://www.climamaison.com/lexique/tertiaire.htm)

## 9.2 L'enveloppe du bâtiment

« Elle se définit par l'ensemble des parois d'un bâtiment séparant le volume intérieur et son environnement extérieur. Les murs, les fenêtres, les portes, la toiture et les planchers donnant sur le sol ou des locaux non chauffés constituent cette enveloppe »<sup>8</sup>. C'est la partie la plus importante du bâtiment sur le plan thermique, car c'est les caractéristiques thermiques de ces composantes qui déterminent le niveau d'isolement de l'ambiance intérieure et affecte la quantité de flux de chaleur entrant ou sortant.

## 9.3 La performance Energétique d'un Bâtiment (PEB)

Elle représente la quantité d'énergie mesurée pour répondre aux besoins énergétiques dans le cas d'un usage normal de bâtiment, contenant l'énergie utilisée pour le chauffage, le système de refroidissement, la ventilation, la production d'eau chaude et l'éclairage<sup>9</sup>. Plus la PEB est grande, moins la consommation d'énergie sera importante ; son calcul prend en considération « la conception et l'emplacement du bâtiment, son isolation, les caractéristiques des installations »<sup>10</sup>.

## 9.4 La réglementation thermique dans le bâtiment

Elle présente l'ensemble des textes de loi, décrets et textes d'applications ; elle est complétée par des normes ou des documents techniques<sup>11</sup>, visant à la maîtrise de l'énergie dans le bâtiment elle est pour but de d'augmenter le confort des occupant tout en réduisant la consommation énergétique des bâtiments<sup>12</sup>.

## 9.5 La simulation thermique

C'est une étude qui permet de déterminer l'impact relatif d'un ou plusieurs paramètres (les déperditions et les apports d'énergie, l'isolation ...), sur la performance thermique de bâtiment, Elle se diffère entre simulation thermique statique et simulation thermique dynamique<sup>13</sup>

---

<sup>8</sup> [www.valenciennes-metropole.fr/themes/.../Guide\\_renovation\\_thermique\\_bat.pdf](http://www.valenciennes-metropole.fr/themes/.../Guide_renovation_thermique_bat.pdf)

<sup>9</sup> [www.logementdurable.eu](http://www.logementdurable.eu)

<sup>10</sup> Idem.

<sup>11</sup> <http://www.climamaison.com/lexique/reglementation.htm>

<sup>12</sup> <http://www.climamaison.com/lexique/reglementation-thermique.htm>

<sup>13</sup> **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, EPAU, 2012.p39.

**LE CHAPITRE 1 : LA NOTION DE CONFORT  
THERMIQUE DANS LE BATIMENT**

---

### 1. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons aborder la notion de confort thermique dans le bâtiment, dans le but de saisir les paramètres qui l'influencent, les stratégies de la conception bioclimatique, les différents outils d'évaluation de confort thermique ainsi qu'aborder la notion de l'isolation thermique. Ceci nous conduira à définir les bases de confort thermique.

D'après des études accomplies par THELLIER, MONCHOUX et BEDRUNE<sup>14</sup> en 2012, 50 % de la population mondiale vit dans des villes et passe près de 90 % de son temps à l'intérieur de bâtiment<sup>15</sup>, d'où le concept de confort représente un enjeu primordial dans la conception de ce dernier.

Le confort physiologique est défini comme un sentiment de bien-être<sup>16</sup>, dont il existe plusieurs types de confort à savoir : le confort acoustique, le confort lumineux, le confort olfactif et le confort thermique, ce dernier va faire l'objet du présent chapitre.

### 2. Définition du confort thermique dans le bâtiment

Le confort thermique fait l'objet d'une attention particulière. C'est une notion complexe qui fait débat, elle n'a pas cessé d'évoluer à travers le temps en fonction des nouveaux besoins de l'homme.

Ce dernier est parmi les principales préoccupations de l'architecture, il est essentiel dans le bilan énergétique ; parce que c'est le premier critère à obtenir, avec la meilleure efficacité énergétique possible et l'économie d'énergie<sup>17</sup>.

Plusieurs recherches ont été élaborées pour définir la notion du confort thermique. Nous citons parmi elles, ces quelques définitions :

Selon la réglementation (ASHRAE<sup>18</sup> 2009) le confort thermique est défini « *état d'esprit où l'homme exprime la satisfaction des conditions thermiques* »<sup>19</sup>.

---

<sup>14</sup> [https://www.u-cergy.fr/\\_attachments/club-eea-actualite-2/JEEA2012\\_ppt\\_Thellier.pdf?download=true](https://www.u-cergy.fr/_attachments/club-eea-actualite-2/JEEA2012_ppt_Thellier.pdf?download=true)

<sup>15</sup> Idem

<sup>16</sup> MAZARI M, *Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public, cas d'étude université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou*, université Mouloud Mammeri, mémoire de magister, 2012.p5.

<sup>17</sup> <http://www.climamaison.com/lexique/confort-thermique.htm>

<sup>18</sup> ASHRAE: l'American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers.

<sup>19</sup> ASHRAE Handbook fundamental, « Chapitre 9: Thermal Comfort », Ed Inch Pound., 2009, p170.

Selon B. MAGALI, (2002) «*la sensation du confort thermique est l'expression du bien-être d'un individu en rapport avec la chaleur. Elle est le résultat de l'interaction entre l'individu et son environnement*»<sup>20</sup>.

Selon P.O. FANGER, (1989), le confort thermique est : «*l'état d'esprit qui exprime une satisfaction vis-à-vis de son environnement* »<sup>21</sup>.

Selon GIVONI, (1978) «*Conditions pour lesquelles les mécanismes d'autorégulation sont à un niveau d'activité minimale* ».<sup>22</sup>

Ces définitions renvoient à l'aspect physiologique du confort thermique. Pour cela, nous pouvons dire que la définition du confort thermique dépend du contexte (le bâtiment) et de l'utilisateur. Il est défini comme une sensation liée à la chaleur. En hiver, un bon confort thermique doit garantir une sensation suffisante de chaleur. En été, il doit limiter cette chaleur pour éviter les surchauffes.

### 2.1 Les paramètres influençant le confort thermique

Les paramètres de confort les plus couramment utilisés en architecture sont basés sur les travaux de FANGER<sup>23</sup>. Ce dernier a développé une théorie selon laquelle le confort thermique dépend de 6 paramètres<sup>24</sup> (liés à la personne, liés à l'environnement) :

**2.1.1 Le métabolisme** (en unité "met") : il s'agit de la production de chaleur interne au corps humain permettant de maintenir celui-ci autour de 36,7 °C.

**2.1.2 L'habillement** : il représente une résistance thermique aux échanges de chaleur entre la surface de la peau et l'environnement, tout comme l'isolation d'une maison crée une résistance thermique conservant la chaleur à l'intérieur.

**2.1.3 La température de l'air (Ta)** : elle concerne les échanges par convection avec l'air ambiant. Et elle se fait à l'aide d'un thermomètre protégé du rayonnement solaire et du rayonnement des parois du local.

---

<sup>20</sup> **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, EPAU, 2012, p20.

<sup>21</sup> Idem, p19.

<sup>22</sup> **BASSAM M**, *Modélisation dynamique du confort thermique dans les bâtiments naturellement ventilés*, Ecole doctorale MEGA, Thèse de doctorat, 2007, p38.

<sup>23</sup> [app.bruxellesenvironnement.be/guide\\_batiment\\_durable/docs/CSS13\\_FR.pdf](http://app.bruxellesenvironnement.be/guide_batiment_durable/docs/CSS13_FR.pdf)

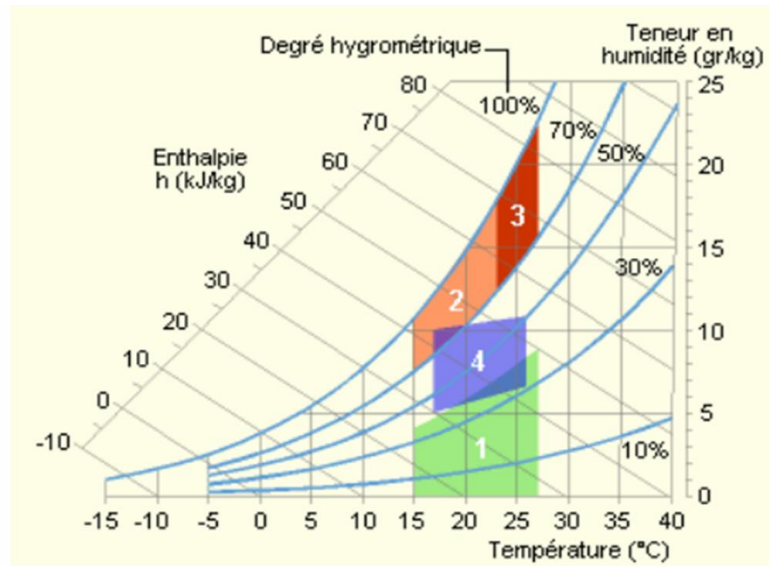
<sup>24</sup> Idem.

**2.1.4 La température des parois (Tp) :** elle intervient dans les échanges par rayonnement, elle est égale à la moyenne des températures des parois environnantes pondérées par leur surface. Elle se fait à l'aide d'une sonde de contact ou onde à rayonnement infrarouge<sup>25</sup>.

**Remarque :** La relation entre la température de l'air (Ta) et la température des parois (Tp) : **La température de confort ressentie** (appelée aussi température résultante sèche ou température opérative) : elle est la moyenne entre la température de l'air et la température des parois, pour une vitesse de l'air inférieure à 0,2m/s et une hygrométrie comprise entre 30 et 70%. «  $T_{\text{confort}} = (T_{\text{air}} + T_{\text{parois}}) / 2$  »<sup>26</sup>

**2.1.5 L'humidité relative de l'air (HR) :** c'est le rapport exprimé en pourcentage entre la quantité d'eau contenue dans l'air, à la température Ta et la quantité maximale d'eau, pouvant être contenue à la même température lorsque l'air est saturé<sup>27</sup>. (fig.2)

- 1: Zone à éviter vis-à-vis des problèmes de sécheresse
- 2 et 3: zone à éviter vis-à-vis des développements de bactéries et de micro-champignons
- 3: zone à éviter vis-à-vis des développements d'acariens
- 4: Polygone de confort hygrométrique



**Figure 2:** Le diagramme de l'air humide

**Source :** BENHOUBOU M, *L'impact des matériaux sur le confort thermique, dans les zones semi-aride*, mémoire de magister, 2012, p22.

**2.1.6 La vitesse de l'air :** elle influence les échanges de chaleur par convection. L'air extérieur s'introduit dans les bâtiments par la ventilation ou par infiltration ; au niveau des défauts d'étanchéité de l'enveloppe.

<sup>25</sup> [app.bruxellesenvironnement.be/guide\\_batiment\\_durable/docs/CSS13\\_FR.pdf](http://app.bruxellesenvironnement.be/guide_batiment_durable/docs/CSS13_FR.pdf)

<sup>26</sup> Idem

<sup>27</sup> BENHOUBOU M, *L'impact des matériaux sur le confort thermique, dans les zones semi-aride*, mémoire de magister, 2012, p22.

En général, dans un bâtiment, les vitesses de l'air ne devraient pas dépasser les 0,2 m/s<sup>28</sup>. En effet, l'individu commence à ressentir le mouvement de l'air à cette vitesse, et les concepteurs de systèmes de ventilation mécanique essaient donc de ne pas la dépasser.

**Remarque :** Il est à noter que le confort thermique de bâtiment est le compromis entre les critères physiques principaux qui sont : la température ambiante, la température des parois, l'humidité relative, et la vitesse de l'air.

### 3. Les stratégies bioclimatiques pour améliorer le confort thermique

Plusieurs recherches ont démontré que le recours aux systèmes actifs de chauffage et de climatisation cause des grandes consommations d'énergie. De plus, les fluides utilisés dans ces systèmes sont néfastes pour l'environnement, Ces derniers produisent de puissants gaz à effet de serre<sup>29</sup>.

Il existe plusieurs solutions architecturales et techniques de construction adaptées (une bonne isolation intérieur/extérieur), qui permettent de régler le problème, relativement au confort d'hiver et au confort d'été, que nous synthétisons dans ce qui suit :

#### 3.1 Le confort d'hiver (stratégie de chaud)

Le confort thermique d'hiver répond à la stratégie du chaud, pour assurer une sensation de confort normalisée. Il découle de la maîtrise des consommations d'énergie, par le biais de l'isolation thermique des parois de l'enveloppe, de l'étanchéité à l'air du bâtiment et du contrôle du chauffage<sup>30</sup>, dont le traitement prioritaire de l'enveloppe est, sur le long terme, le plus rentable.

Le confort thermique d'hiver consiste en fait, à **capter** la chaleur du rayonnement solaire, **stocker** la chaleur dans la masse, **conserver** la chaleur intérieure par l'isolation, et enfin **distribuer** uniformément la chaleur dans le bâtiment tout en la régulant<sup>31</sup>. (Voir fig.3)

---

<sup>28</sup> **LIEBARD A et DE HERDE A**, *traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique*, ED, le Moniteur, Paris, 2005, p30.

<sup>29</sup> **BAREAU H**, *Chaud dehors, frais dedans le confort d'été Réalisation, Graphies Actualisation*, janvier 2011 en ligne, p3. (<https://www.saint-etienne.fr/sites/default/files/Guide%20ADEME%20-%20Le%20confort%20d'%C3%A9t%C3%A9.pdf>.)

<sup>30</sup> [www.lanaturemamaison.be/fiches/fiche15b.pdf](http://www.lanaturemamaison.be/fiches/fiche15b.pdf)

<sup>31</sup> **DEHMOUS M**, *Confort thermique dans les constructions en béton préfabriqué : cas de la faculté des sciences médicales de l'université de Tizi-Ouzou*, université Mouloud Mammeri, mémoire de magister, 2016, p71.

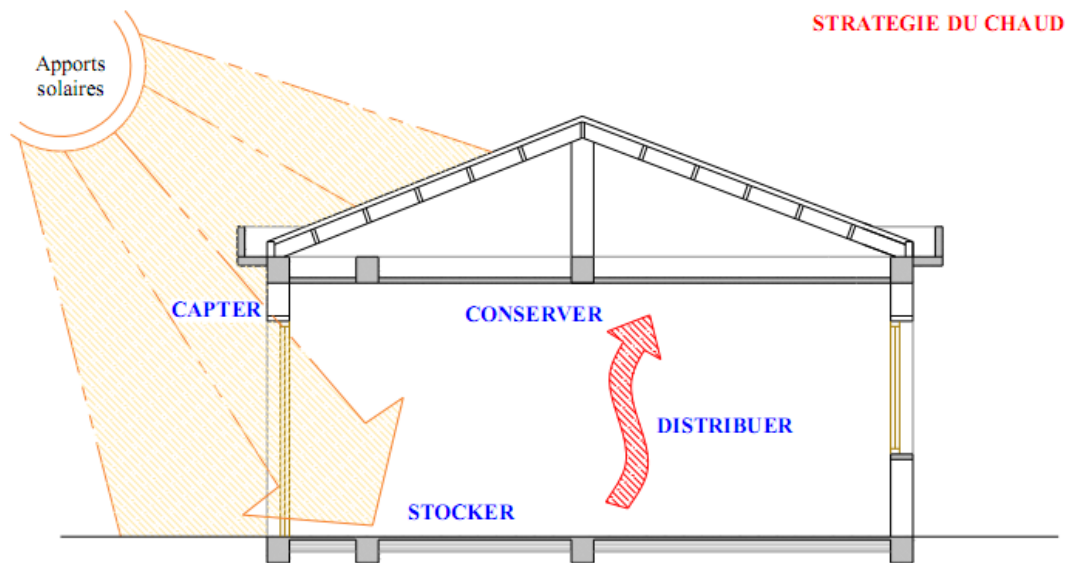


Figure 3: La stratégie du chaud

Source : DEHMOUS M, *Confort thermique dans les constructions en béton préfabriqué : cas de la faculté des sciences médicales de l'université de Tizi-Ouzou*, université Mouloud Mammeri, mémoire de magister, 2016, p72

**Remarque :** Dans notre étude de cas, le climat méditerranéen en hiver est plus doux et les consommations pour le chauffage y passent parfois au second plan. A ce propos, les spécialistes<sup>32</sup> identifient les exigences d'un bon confort thermique d'hiver à :

1. Une température intérieure allant de 18 à 20°C
2. Une humidité relative de l'air entre 40 et 60%

### 3.2 Le confort d'été (stratégie du froid)

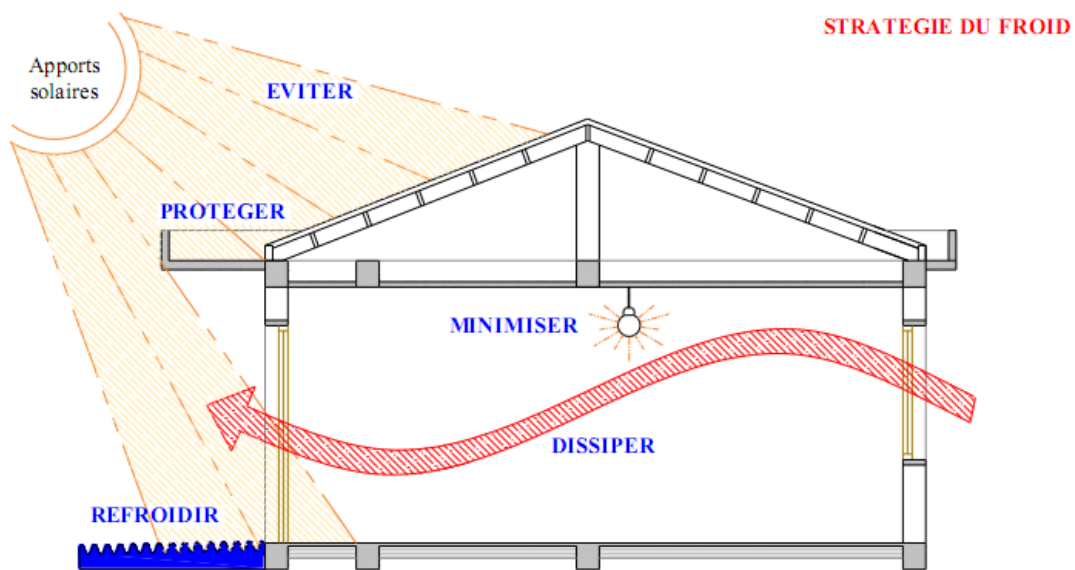
Le confort thermique d'été caractérise l'aptitude des bâtiments à conférer à leurs occupants une sensation de fraîcheur, sans avoir besoins à recourir à des systèmes de climatisation et à la consommation d'énergie<sup>33</sup>.

Le confort thermique d'été répond à la stratégie du froid qui consiste à **se protéger** du rayonnement solaire et des apports de chaleur, **minimiser** les apports internes, **dissiper** la chaleur en excès, **refroidir** naturellement<sup>34</sup>. (Voir fig.4)

<sup>32</sup> [www.enviroboite.net/spip/confort-d-hiver](http://www.enviroboite.net/spip/confort-d-hiver)

<sup>33</sup> <http://docplayer.fr/4897439-Assurer-le-confort-thermique-d-ete.html>

<sup>34</sup> DEHMOUS M, *Confort thermique dans les constructions en béton préfabriqué : cas de la faculté des sciences médicales de l'université de Tizi-Ouzou*, université Mouloud Mammeri, mémoire de magister, 2016, p73.



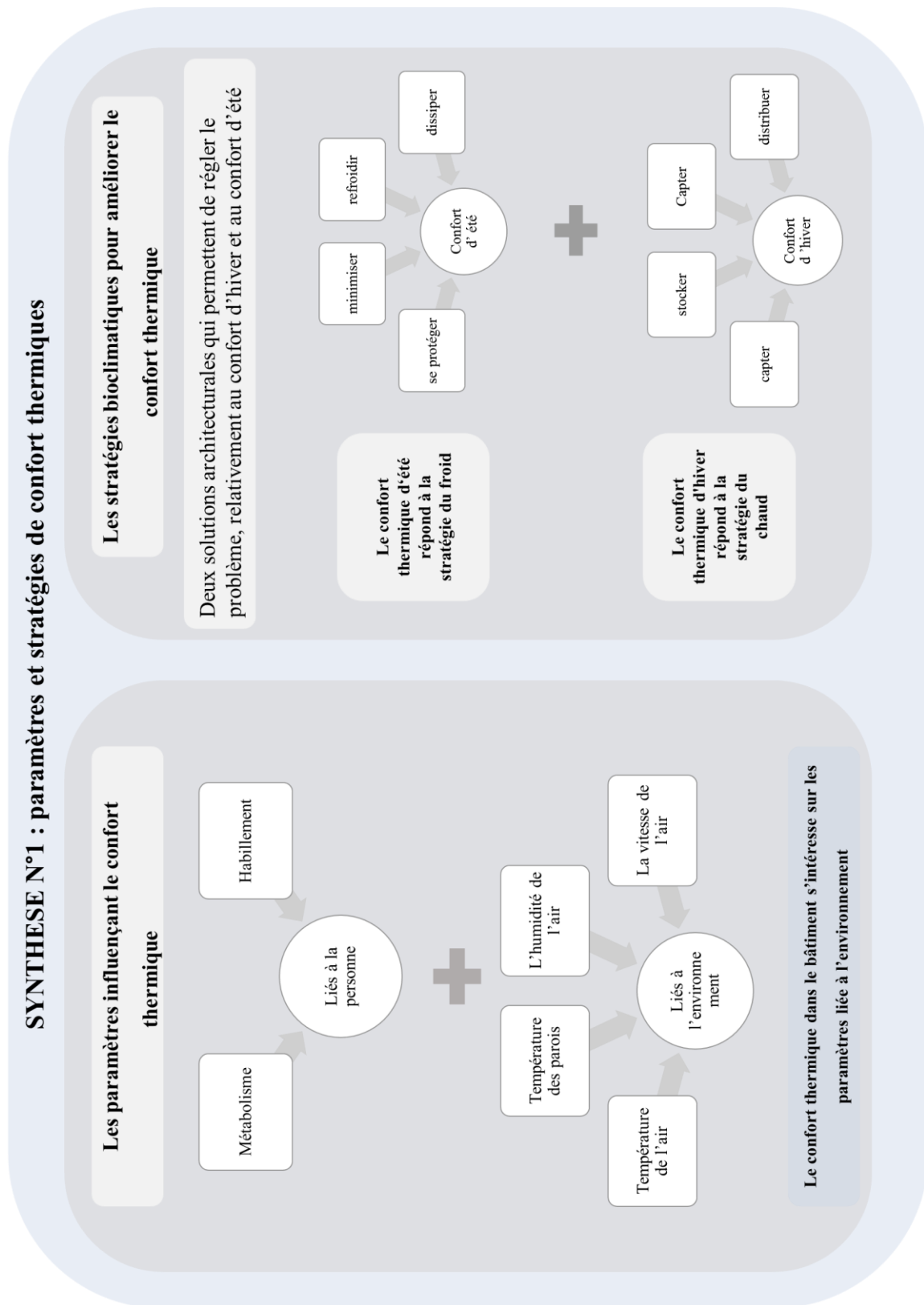
**Figure 4:** La stratégie du froid

**Source :** DEHMOUS M'hand, *Confort thermique dans les constructions en béton préfabriqué : cas de la faculté des sciences médicales de l'université de Tizi-Ouzou*, université Mouloud Mammeri, mémoire de magister, 2016, p73

**Remarque :** Architecturalement parlant, l'optimisation du confort d'été doit être prévue dès la conception de bâtiment et dépend de plusieurs facteurs thermiques. Elle est égale à une forte résistance thermique des parois (ce paramètre a une influence de 2 à 4°C), surfaces vitrées bien orientées et protégées (influence de 2 à 4°C), ventilation nocturne pour évacuer la chaleur (influence de 2 à 5°C) et à une bonne inertie du bâtiment.<sup>35</sup>

<sup>35</sup> [www.toutsurlisolation.com](http://www.toutsurlisolation.com) > Isolation thermique > Bénéfices de l'isolation thermique

## Synthèse n°1 : paramètres et stratégies de confort thermiques



Source : l'auteur

### Les outils d'évaluation de confort thermique

Après avoir identifié la notion de confort thermique dans le bâtiment, à savoir sa définition, ces paramètres et les stratégies bioclimatique de son amélioration, nous constatons qu'elle reste toujours difficilement mesurable, et prend diverses formes. Les spécialistes annoncent qu'il est plus facile de savoir à quel moment on se sent confortable que pourquoi ou dans qu'elle mesure. *«Il est plus simples d'évaluer le manque de confort que le confort»* (W. RYBCZYNSKI)<sup>36</sup>.

Aujourd'hui, la prise en compte du confort thermique dans les bâtiments, se fait avec des outils élaborés à base de différentes méthodes (statiques ou dynamiques), parmi ces outils on cite les plus répandus ; les enquêtes in situ, indices empiriques de sensation thermique « le PMV et le PPD », le diagramme bioclimatique de GIVONI, Les logiciels simulations thermiques (statiques ou dynamiques), que nous présenterons dans ce qui suit :

#### A. La méthode statique

Elle se base sur une approche analytique du confort thermique, elle admet le calcul du bilan thermique de bâtiment, par des modèles physiques et physiologiques essentiellement. L'objectif est de prédire la sensation thermique des occupants afin d'identifier les conditions de confort thermique<sup>37</sup>.

Dans les bâtiments, les modèles du confort thermique les plus couramment utilisés sont—ceux de (FANGER, 1994), les indices PMV (Predicted Mean Voted) et PPD (Predicted Percentage Dissatisfied), le diagramme de GIVONI et les logiciels de calcul thermique statiques.

##### A.1 Les enquêtes in situ

Les études in situ sur le confort thermique permettent l'évaluation du confort thermique dans les bâtiments. Depuis le travail de PIONNIER DE BEDFORD en 1936<sup>38</sup>, les enquêtes se sont multipliées sous les différents climats (sec, humide, tropical,

---

<sup>36</sup> [www.grenoble.archi.fr/cours-en-ligne/said/confort-thermique.pdf](http://www.grenoble.archi.fr/cours-en-ligne/said/confort-thermique.pdf)

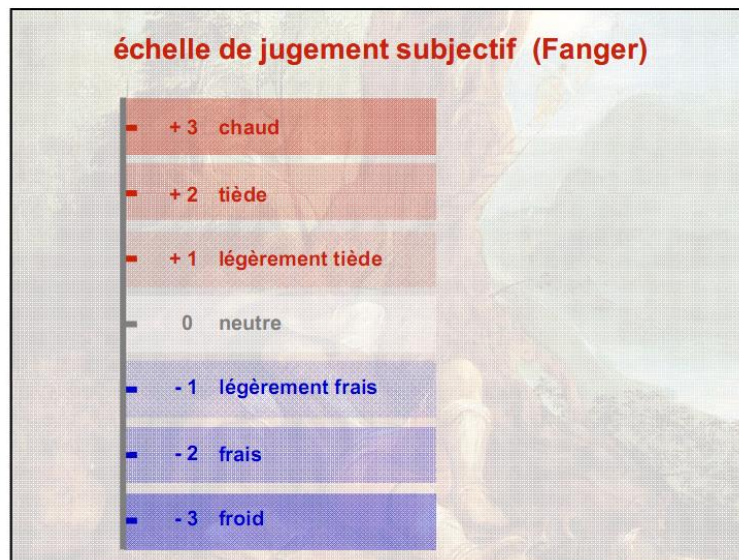
<sup>37</sup> **FOURA S**, *Simulation des paramètres du confort thermique d'hiver en Algérie*, université Mentouri, Constantine, Thèse de doctorat, 2008, p47.

<sup>38</sup> **MAZARI M**, *Etude et évaluation de confort thermique dans les bâtiments à caractère public, cas d'étude université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou*, université de Mouloud Mammeri, mémoire de magister, 2012, p22.

méditerranéen, ...etc.) avec comme cibles principales **les bâtiments résidentiels et de bureaux.**

Les enquêtes in situ se divisent en deux catégories selon la méthode d'échantillonnage : les enquêtes transversales réalisées avec une large population, et les enquêtes transversales réalisées dont la population est limitée avec un échantillon représentatif de la population<sup>39</sup>.

Ces enquêtes visent à explorer le confort thermique auprès des sujets, sur leurs lieux de vie ou de travail habituels à travers, **l'évaluation physiques** (La mesure de la température de l'air (Tair), la mesure de l'humidité d'air.), qui permettent d'avoir des informations sur l'ambiance thermique, et **l'évaluation subjectives** de l'ambiance thermique à l'aide d'échelles de jugement subjectifs. (fig.5)



**Figure 5:** Echelle de jugement subjectif (FANGER)

Source : [www.chups.jussieu.fr/ext/ergonomie/op2\\_t6\\_bk.pdf](http://www.chups.jussieu.fr/ext/ergonomie/op2_t6_bk.pdf)

**Remarque :** La validité des résultats obtenus par le biais de cet outil, reste limitée au contexte, et aux conditions sous lesquelles les enquêtes ont été menées. Pour cela il est nécessaire de multiplier les enquêtes sous différentes circonstances climat, saison et type de bâtiment.<sup>40</sup>

<sup>39</sup> **MAZARI M**, *Etude et évaluation de confort thermique dans les bâtiments à caractère public, cas d'étude université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzo*, université de Mouloud Mammeri, mémoire de magister, 2012, p22.

<sup>40</sup> Idem

### A.2 Les modèles analytiques

De nombreux modèles analytiques ont été développés pour prévoir les réponses thermiques et physiologiques du corps humain, en fonction des conditions environnementales. Nous décrivons ci-après les principaux modèles qui sont les **indices empiriques de sensation thermique : le PMV (Predicted Mean Vote) et le PPD (Predicted Percentage Dissatisfied)**, établi à partir des travaux d'expériences de FANGER menées en chambres climatiques.

Ces indices permettent de vérifier si un environnement thermique donné, amène au confort par un grand nombre de gens situés dans le même environnement.

#### a. L'indice de vote moyen prévisible, (PMV - Predicted Mean Vote) :

Représente une évaluation sur base de calculs statistiques de l'avis moyen qu'exprimerait un groupe important de personnes. L'échelle de lecture de la sensation de confort thermique d'après les résultats de PMV comporte 7 niveaux : (+3 chauds), (+2 tiède), (+1 légèrement tiède), (zéro neutre), (-1 légèrement frais), (-2 frais), (-3 froid)<sup>41</sup>.

On considère que la zone de confort thermique, s'étale de la sensation de légère fraîcheur à la sensation de légère chaleur, soit de -1 à +1. (Voir fig.5)

#### b. Le pourcentage prévisible d'insatisfaits (PPD - Predicted Percentage Dissatisfied) :

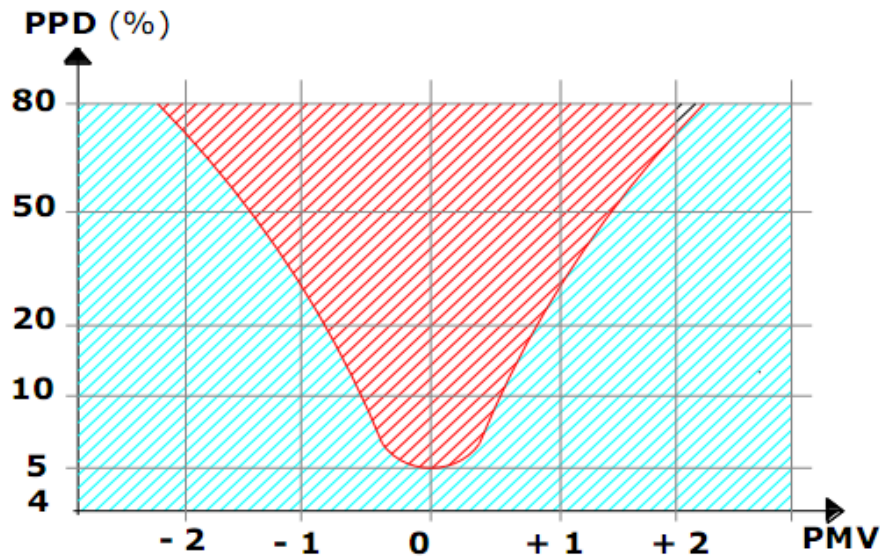
Il montre en pourcentage l'importance du nombre des insatisfaits, c'est-à-dire votant – 2 où +2 (au-delà, l'indice n'est plus utiliser)<sup>42</sup>

La figure 6 montre le rapport entre PMV et le PPD qui permet d'évaluer directement le PPD.

---

<sup>41</sup> **BELLARA S**, *Impact de l'orientation sur le confort thermique intérieur dans l'habitation collective. Cas de la nouvelle ville Ali Mendjeli Constantine*, université Mentouri Constantine, mémoire de magister, 2005, p40.

<sup>42</sup> Idem.



**Figure 6:** Relation entre les indices PPD et PMV

Source : DEHMOUS M, *Confort thermique dans les constructions en béton préfabriqué : cas de la faculté des sciences médicales de l'université de Tizi-Ouzou*, université Mouloud Mammeri, mémoire de magister, 2016, p65.

### ***A.3 La zone de confort : le diagramme bioclimatique de GIVONI***

Le diagramme bioclimatique du bâtiment est un outil d'aide à la décision globale du projet permettant de connaître le degré de nécessité de mise en œuvre de grandes options telles que l'inertie thermique, la ventilation généralisée, le refroidissement évaporatif, puis le chauffage ou la climatisation<sup>43</sup>.

Le premier auteur de ce diagramme est BARUCH GIVONI en 1978, qui a remis en cause les diagrammes d'OLGYAY, arguant que l'application de cette méthode est limitée aux climats chauds et humides et aux constructions légères seulement. Il a établi ce diagramme où il évalue les exigences physiologiques du confort. Pour cela, il préconise deux approches de refroidissement passif<sup>44</sup> (soit par ventilation, soit par réduction des températures intérieures par rapport à l'extérieur). (Tel qu'illustré dans la figure 7)

<sup>43</sup>[docplayer.fr/37633658-Le-diagramme-bioclimatique-du-batiment.html](http://docplayer.fr/37633658-Le-diagramme-bioclimatique-du-batiment.html)

<sup>44</sup> ZERGAT H, *Effet de la forme de toiture sur le confort thermique*, Université Kasdi Merbah Ouargla, mémoire de MASTER PROFESSIONNEL, 2014, p8.

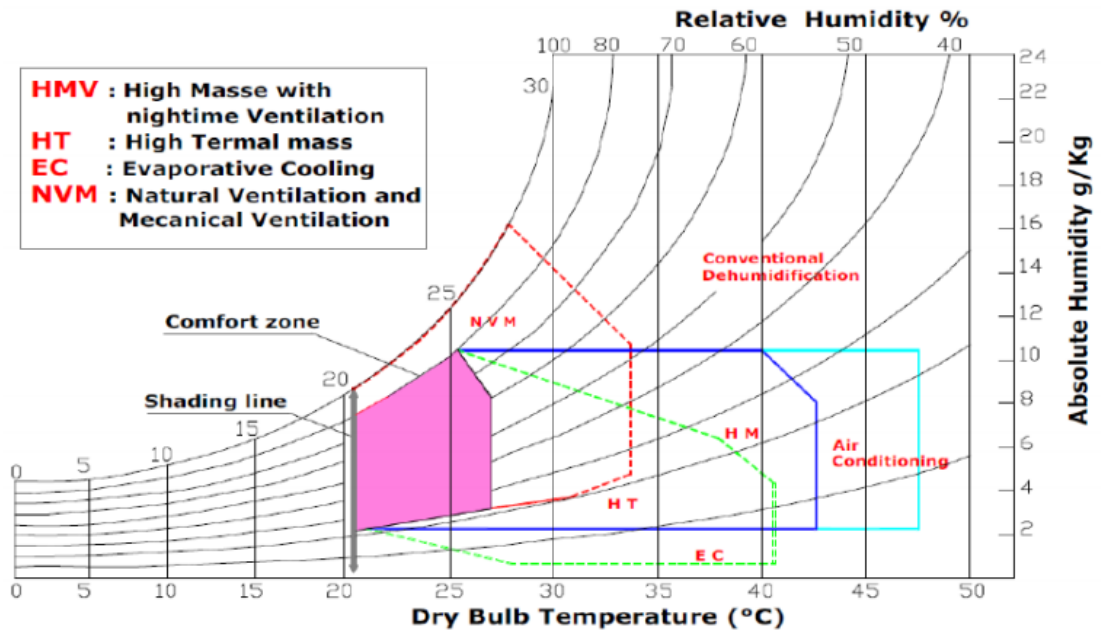


Figure 7: Le diagramme bioclimatique de GIVONI

Source : ZERGAT, *Effet de la forme de toiture sur le confort thermique*, mémoire de MASTER PROFESSIONNEL, 2014, p9

Ce diagramme représente les limites des ambiances confortables, où la zone de confort est positionnée au centre, entre les températures 20 et 26°C<sup>45</sup>.

### A.5 Les logiciels de thermiques classiques sont dits « Statiques » (STS)

Ils présentent des outils de conception thermique, ils calculent des niveaux « moyens » de flux thermiques théoriques supposés constants et unidirectionnels. Mais c'est une simplification très réductrice d'une réalité complexe, car les flux thermiques sont en réalité tridimensionnels et varient constamment au fil des heures de la journée<sup>46</sup>. Nous prenons comme exemple le logiciel PEB de calcul thermique et le logiciel de la réglementation thermique RETA que nous allons utiliser pour l'étude de notre cas.

### B. La méthode dynamique

Elle se base une approche adaptative, elle est le résultat des recherches élaboré dans l'objectif d'améliorer la simulation thermique statique, afin de pouvoir intégrer la dimension du temps dans le calcul des flux et des températures, la simulation dynamique apparait comme une investigation nouvelle du confort thermique, permettant une

<sup>45</sup> ZERGAT H, *Effet de la forme de toiture sur le confort thermique*, Université Kasdi Merbah Ouargla, mémoire de MASTER PROFESSIONNEL, 2014, p9.

<sup>46</sup> [www.enercobat.com/docs/particuliers/argumentaire.pdf](http://www.enercobat.com/docs/particuliers/argumentaire.pdf)

modélisation susceptible de donner lieu à une simulation dynamique des phénomènes adaptatifs, liés au confort thermique<sup>47</sup>.

### ***B.1 Les logiciels de simulation thermique dynamique (STD)***

Sont des outils spécialement dédiés à la conception, elles permettent de dimensionner les dispositifs passifs permettant d'assurer le confort thermique et d'effectuer de l'optimisation par comparaison de solutions techniques<sup>48</sup>. Ces logiciels permettent de définir : les niveaux d'isolation, la taille, la position et la nature des surfaces vitrées et de leurs protections solaires, le positionnement et les niveaux d'inertie et plusieurs autres paramètres.

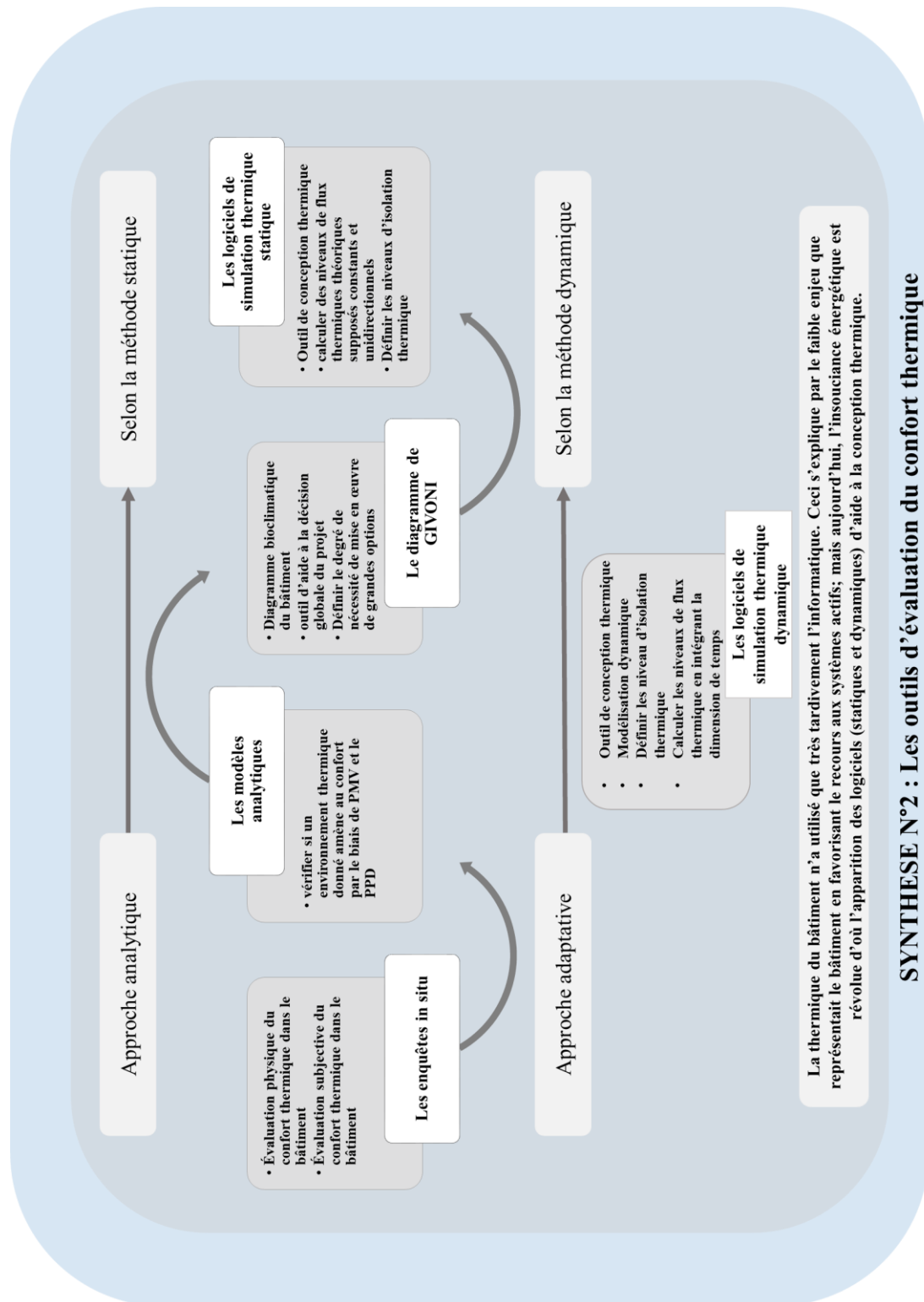
A ce propos, nous allons présenter quelques logiciels de simulation dynamique et statique en détail dans le 3<sup>ème</sup> chapitre.

---

<sup>47</sup> CANTIN.R et all, *Complexité du confort thermique dans les bâtiments*, in actes du 6ème congrès Européen de Science des Systèmes, Paris, 19-22 septembre 2005.p1.

<sup>48</sup>[www.actu-environnement.com/media/pdf/news-22277-confort-ete-passif.pdf](http://www.actu-environnement.com/media/pdf/news-22277-confort-ete-passif.pdf)

## Synthèse n°2 : les outils d'évaluation de confort thermique dans le bâtiment



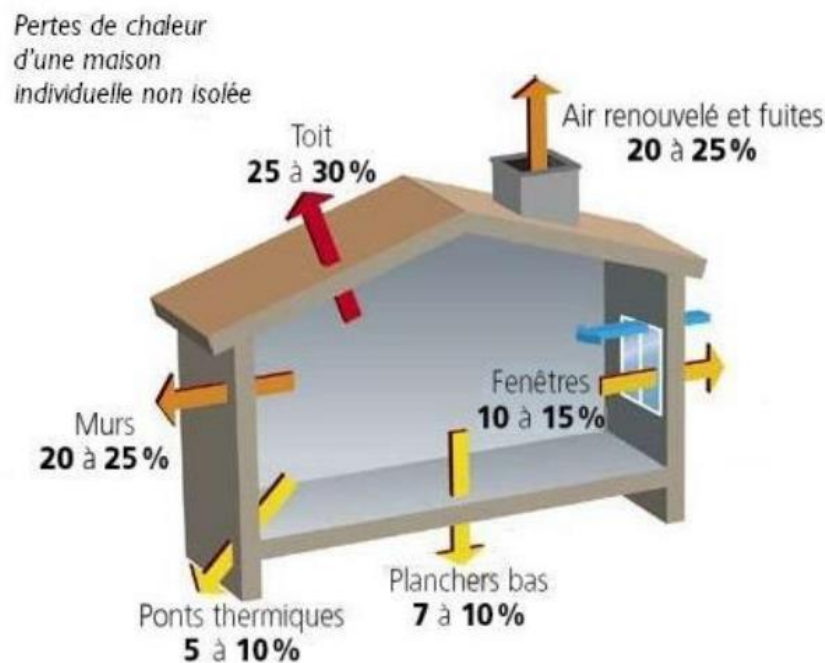
Source : l'auteur

### 5. L'isolation thermique

La consommation d'énergie augmente continuellement (elle devrait doubler d'ici 2030)<sup>49</sup>, alors que les ressources naturelles s'épuisent. Face à ces véritables défis, la maîtrise de la demande constitue cependant aussi un élément primordial, où la performance énergétique de l'enveloppe de bâtiments reste le premier élément à considérer. Chaque élément de ce dernier (façades, toitures...), a un effet déterminant pour obtenir une bonne isolation thermique des éléments de construction.

L'isolation thermique désigne l'ensemble des techniques, mises en œuvre pour limiter les transferts de la chaleur entre un milieu chaud et un milieu froid<sup>50</sup>. Les matériaux d'isolation empêchent donc les pertes de chaleurs et nous aident à maintenir les conditions de confort à l'intérieur de bâtiment.

La figure ci-après nous montre d'où provient généralement le transfert de chaleur de l'enveloppe d'un bâtiment



**Figure 8 :** Les pertes d'énergie dans un bâtiment non isolés.

Source : [http://www.iuses.eu/materiali/f/MANUEL\\_POUR\\_LES\\_ELEVES/Manuel\\_de\\_batiments.pdf](http://www.iuses.eu/materiali/f/MANUEL_POUR_LES_ELEVES/Manuel_de_batiments.pdf)

<sup>49</sup>[www.worldenergyoutlook.org/media/weowebsite/2010/weo2010\\_es\\_french.pdf](http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebsite/2010/weo2010_es_french.pdf)

<sup>50</sup> [sites.crdp-aquitaine.fr/crest64/files/2016/05/isolation-thermique-C3.pdf](http://sites.crdp-aquitaine.fr/crest64/files/2016/05/isolation-thermique-C3.pdf)

**Remarque :** Il est à noter que l'isolation de la toiture est primordiale car l'air chaud monte par convection d'où la toiture présente la zone la plus importante en termes de déprédation d'un bâtiment. Puis l'isolation des murs extérieurs se fait par le biais de trois grands types d'isolation (isolation intérieure, isolation extérieure ou isolation répartie)<sup>51</sup>

Ce point va faire l'objet du prochain chapitre ainsi que le volet pratique, où nous allons définir les composantes de l'enveloppe, ainsi que ses principes d'isolations thermiques.

### 6. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons abordé les fondements de confort thermique, qui peuvent nous aider à assimiler et maîtriser notre sujet de recherche.

Le confort thermique se définit comme la satisfaction exprimée à l'égard de l'ambiance thermique du milieu environnant, dont les principaux facteurs qui régissent les échanges de chaleur entre une personne et son environnement ; et qui ont une incidence sur son confort thermique sont les suivants :

- Pour la personne (le métabolisme et l'habillement),
- pour l'environnement (la température de l'air et des parois, le rayonnement thermique, l'humidité, et la vitesse de l'air).

Des solutions architecturales adaptées, permettent de régler le problème dans de nombreux cas, afin d'éviter l'inconfort attribuable à la chaleur par la stratégie de froid « confort d'été », et d'éviter l'inconfort attribuable à la froide par stratégie de chaud « confort d'hiver ».

Le confort thermique est évalué dans l'analyse bioclimatique à l'aide des méthodes statiques ou dynamiques (les enquêtes, les indices, les diagrammes et les logiciels de simulation statique et dynamique), qui permettent de mesurer le degré de confort thermique.

La conception de l'enveloppe sera basée essentiellement sur l'isolation thermiques des parois opaques (murs, dalles, toitures) et des parois vitrées. L'enveloppe du bâtiment permet aussi l'inertie thermique de celui-ci, qui à son tour, joue un rôle important dans la régulation de la température intérieure tout au long de l'année. Dans ce cas, la

---

<sup>51</sup> *Cahier de recommandations environnementales n°1, Comment optimiser les performances énergétiques de votre habitation ?*, p10, p11 en ligne (<http://www.villesucy.fr/content/download/22062/288754/file/cahier%20recommandations%20environnementales.pdf>)

simulation permet de mieux choisir les matériaux, et de mesurer l'impact de l'inertie sur les performances énergétiques du bâtiment.

Après ces investigations bibliographiques, nous allons nous focaliser plus précisément sur la notion de l'enveloppe, qui occupe un statut prépondérant dans les questions de confort thermique, renvoyant également à l'importance de son isolation. Nous étudierons ceci dans le chapitre suivant.

**LE CHAPITRE 2 : L'EFFICACITE ENERGETIQUE A  
TRAVERS L'ENVELOPPE ARCHITECTURALE**

---

### **1. Introduction**

«*L'enveloppe du bâtiment représente un enjeu majeur pour l'architecte* »<sup>52</sup>, c'est un concept relativement récent, il n'est développé qu'à partir de XIXe siècle<sup>53</sup>. Son rôle ne se limite pas à la protection du bâtiment, mais aussi au rôle de séparation thermique entre l'ambiance intérieure et extérieure. Elle accomplit la fonction de stockage de la chaleur dans le bâtiment ; et la distribution de cette dernière à l'air intérieur et extérieur.<sup>54</sup> Enfin elle permet à celui-ci de respirer pour éviter l'humidité intérieure et pour assurer un bon équilibre entre les gains et les pertes de chaleur<sup>55</sup>.

De plus, la couleur des façades est également importante car elle peut soit refléter, soit absorber la lumière du soleil. (Le blanc et les couleurs claires agissent comme réflecteurs alors que le noir et les couleurs sombres absorbent la lumière).

De nouvelles questions environnementales sur l'enveloppe sont d'actualité, afin de répondre aux exigences des réglementations thermiques, dont l'objectif principal est de limiter la consommation d'énergie de bâtiment.

Pour cela, nous présenterons, dans le second chapitre, l'étude de l'impact de l'enveloppe du bâtiment, à savoir sa composition et son isolation sur le confort thermique.

### **2. Définition de l'enveloppe architecturale**

«*L'enveloppe architecturale désigne la partie visible de tout bâtiment, elle joue un rôle d'interface avec l'extérieur*»<sup>56</sup>. Mais elle est d'abord une protection contre les agressions extérieures. Elle comprend les fondations (les sols), les murs extérieurs, les ouvertures (les portes et les fenêtres) et les toitures.

La diversité des enveloppes, est due en grande partie aux nouvelles technologies, qui répondent aux besoins et aux préoccupations contemporaines<sup>57</sup>. Cette évolution de l'enveloppe se traduit par une terminologie nouvelle (enveloppe multicouche, peau, double peau et même triple peau) associés à l'utilisation de nouveaux matériaux, textures et techniques de mise en œuvre.

---

<sup>52</sup> <http://traac.info/blog/?p=882>

<sup>53</sup> **BERNSTEIN D et all**, *Anatomie de l'enveloppe des bâtiments, construction et enveloppes lourdes*, édition le Moniteur, paris, 1997, p11.

<sup>54</sup> **FEZZIOU N et all**, *Influence des caractéristiques dynamiques de l'enveloppe d'un bâtiment*, Revue des Energies Renouvelables, Vol. 11 N°1, 2008, p26.

<sup>55</sup> [http://www.iuses.eu/materiali/f/MANUEL\\_POUR\\_LES\\_ELEVES/Manuel\\_de\\_batiments.pdf](http://www.iuses.eu/materiali/f/MANUEL_POUR_LES_ELEVES/Manuel_de_batiments.pdf)

<sup>56</sup> <http://lespacedentredoux.blogspot.com/2009/03/les-contours-de-lhabitat-lenveloppe-dun.html>

<sup>57</sup> <http://traac.info/blog/?p=882>

Enfin, *l'enveloppe fait référence à la peau*<sup>58</sup>, elle peut être épaisse, fine, opaque, transparente ou translucide, et elle peut être aussi composée de plusieurs matériaux.

### **3. Les caractéristiques thermiques de l'enveloppe architecturale**

Le confort thermique dans le bâtiment est lié à l'enveloppe architecturale ; cette relation est traduite sous forme de plusieurs grandeurs physiques qui permettent de mesurer ce dernier. Nous résumons quelques caractéristiques thermiques de l'enveloppe architecturale dans le tableau suivant (Voir tabl.1) :

---

<sup>58</sup> **AL BOLBOL C, et all**, *Architecture poreuse*, ENSA de Paris Belleville, Td de Théorie de l'architecture, Cycle licence, 5ème semestre, Session 2014/2015, p7. En ligne

## Le chapitre 2 : L'efficacité énergétique à travers l'enveloppe architecturale

<b>Les flux de chaleur</b>	<b>il existe des échanges continuels de chaleur entre le bâtiment et son environnement . Elles s'effectuent suivant trois modes de transmission :</b>	<b>Le rayonnement</b>	Phénomène de transfert de chaleur sans contact direct grâce aux rayonnements infrarouge.
		<b>La conduction</b>	Phénomène de transfert de chaleur qui s'effectue par contact direct entre deux matériaux.
		<b>La convection</b>	une transmission de chaleur due au déplacement des masses liquides ou gazeuses
<b>La résistance thermique (R) : [en m<sup>2</sup>.k/w] :</b>		Exprime la résistance d'un matériau au passage de la chaleur. Elle s'établit comme le rapport entre l'épaisseur et la conductivité du matériau, plus la résistance thermique est grande plus le matériau est isolante.	
<b>La transmission thermique (u) [en W/m .k]</b>		Exprime la propriété d'un matériau à transmettre la chaleur, c'est donc l'inverse de la résistance thermique, Ce coefficient est le plus utilisé pour caractériser la performance thermique d'une paroi. Plus ce coefficient de transmission est petit, plus la paroi est isolante.	
<b>La capacité thermique (pc ou s) [en Wh/m<sup>3</sup>.k] :</b>		Aptitude à stocker de la chaleur. Elle caractérise donc l'inertie d'un matériau (une faible inertie thermique engendrent des apports solaires trop importants qui peuvent provoquer une surchauffe dans le bâtiment et donc un inconfort).	
<b>La conductivité thermique (lambda) [en w/M.k] :</b>		Propriété des matériaux à transmettre la chaleur par conduction. Plus la conductivité thermique d'un matériau est grande, plus ce matériau sera conducteur de chaleur. Plus la conductivité thermique est faible, plus il sera isolant.	
<b>Déperditions thermiques d'un bâtiment ((en W/°C)</b>	Ce sont les pertes de chaleur entre un bâtiment et l'extérieur. Il existe trois types de déperditions : 1. par les parois (déperditions surfaciques) ; 2. par les ponts thermiques (déperditions linéiques) ; 3. par le renouvellement d'air (déperditions aérauliques)	<b>Un pont thermique</b>	est une partie de l'enveloppe d'un bâtiment où la résistance thermique, par ailleurs uniforme, est affaiblie et offre à la chaleur un moyen de passage plus facile. Les ponts thermiques peuvent représenter 40% des fuites de chaleur du bâtiment et créer des points de condensation propices aux moisissures en cas de ventilation insuffisante.
		<b>Coefficient de déperdition (en W/m<sup>2</sup>.K.) :</b>	C'est le coefficient moyen caractérisant les déperditions thermiques réelles d'un bâtiment par transmission à travers les parois et les baies.
<b>Apports calorifique (appelés aussi gains) :</b>		représentent l'énergie entrant dans le bâtiment via une source intérieure (gains internes) ou extérieur du local (Gains solaire), ils sont égaux à la somme des apports de chaleur sensible (apport de chaleur sous forme de température) et latente (les apports d'humidité sous forme de vapeur d'eau) .	
<b>Coefficient d'absorption</b>		Proportion d'énergie acoustique perdue par absorption dans la paroi. Cette absorption est une transformation de cette énergie acoustique surtout en énergie thermique.	

**Tableau 1:** Les caractéristiques thermiques de l'enveloppe architecturale

**Source :** l'auteur

### **4. Les types de parois de l'enveloppe architecturale**

« Les parois sont les dispositifs de clôture d'un espace qui lui permettent de présenter des conditions de confort acceptables »<sup>59</sup>, elles sont diverses : toits, sol et les murs. Ces dernières peuvent être composée d'un ou de plusieurs matériaux.

#### **4.1 La toiture**

La toiture est le principal élément de l'enveloppe protectrice extérieure d'un bâtiment<sup>60</sup>. A l'origine, la toiture avait pour seule fonction de protéger le bâtiment et ces occupants des agresseurs extérieurs : l'eau, le froid, la poussière, le vent et le bruit. Mais aujourd'hui elle contribue aussi au confort thermique des occupants à un coût énergétique avantageux quand elle est dotée de technique d'isolation.

Nous allons présenter les deux principaux types de toitures selon leur formes, vu que le logiciel RETA que nous allons utiliser pour notre étude de cas, propose dans son modèle ces dernières que nous présentons dans ce qui suit,

##### ***a. Toitures plates***

Leur première apparition était en méditerranée et au moyen orient, puis en Europe au 20e siècle, où des architectes d'avant-garde ont expérimenté la toiture plate<sup>61</sup>, aujourd'hui la toiture plate est encore pleinement fonctionnelle, elle est celle qui présente une pente inférieure à 15%<sup>62</sup>, elle est souvent constitués d'une structure porteuse et d'un remplissage. Comme elle contient aussi des systèmes d'évacuations des eaux pluviales.

Suivant les matériaux, on distingue deux modèles de composition de toitures plates, ceux sans isolation, et ceux avec isolation lorsque elles sont dotés des procédés d'isolations. Le logiciel utilisé RETA nous propose divers matériaux pour la composition des toitures, nous signalons que dans notre étude de cas la toiture est de type toiture plate.

---

<sup>59</sup> *Diagnostic de performance énergétique*, guide recommandations, ministère de logement, France, mars 2009, p11.

([http://www.rtbatiment.fr/fileadmin/documents/RT\\_existant/DPE/DPE\\_outils/Guide\\_recommandations\\_DPE\\_v3.pdf](http://www.rtbatiment.fr/fileadmin/documents/RT_existant/DPE/DPE_outils/Guide_recommandations_DPE_v3.pdf))

<sup>60</sup> [be.foamglas.com/\\_\\_/frontend/handler/document.php?id=892&type=42](http://be.foamglas.com/__/frontend/handler/document.php?id=892&type=42)

<sup>61</sup> Idem

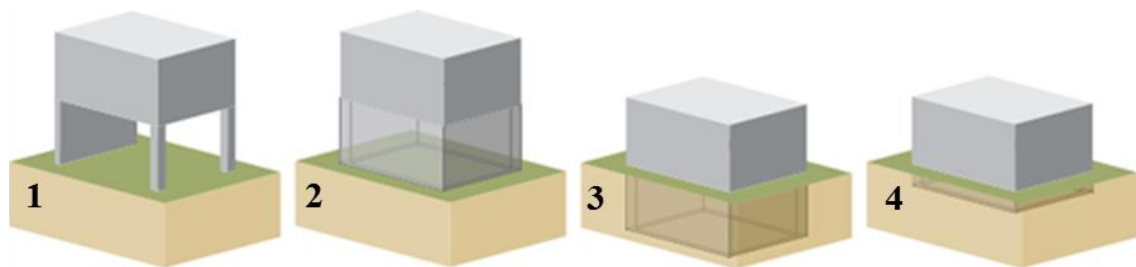
<sup>62</sup> [www.cnrs.fr/aquitaine/IMG/pdf/Totures.pdf](http://www.cnrs.fr/aquitaine/IMG/pdf/Totures.pdf)

### *b. Toitures inclinées*

Elles sont aussi appelées toitures sèches, c'est à dire qu'elles comportent un espace de ventilation ou toitures froides dans le cas où elles ont une isolation intérieure<sup>63</sup>. La pente de ces toitures est supérieure à 15%<sup>64</sup>. Suivant les matériaux, on distingue deux modèles de composition de toitures inclinées, qui sont les toitures inclinées non isolées et les toitures inclinées isolées lorsqu'elles sont dotées des procédés d'isolations.

### 4.2 Les planchers inférieurs

Nous désignons par plancher inférieur la paroi qui délimite le bas de l'enveloppe, il est composé d'une résistance thermique et une étanchéité à l'air. Ses technologies d'isolation dépendront de l'environnement extérieur (dalle sur sol, dalle sur radier, dalle sur un vide qui peut-être l'air extérieur, un espace adjacent non chauffé, un vide sanitaire ou une cave.) et du type de support (planchers non portants où planchers autoportants)<sup>65</sup>. (figure9)



**Figure 9:** Dalle sur un vide, l'air extérieur(1) - Sur espace adjacent non chauffé(2) - Sur cave(3) - Sur vide sanitaire(4).

**Source :** <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16861>

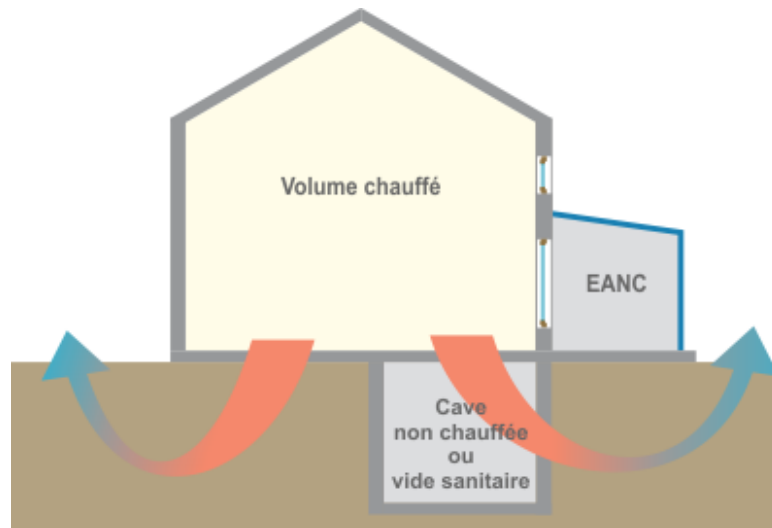
**Remarque :** Dans le cas où le plancher est posé sur la terre ou situé au-dessus d'un local non chauffé, son isolation thermique est déjà assurée par le sol, mais Cela n'est pas suffisant pour le confort thermique de bâtiment. D'où la nécessité de mise en œuvre d'une couche isolante (au-dessus de la dalle ou en dessous de celle-ci). Dans notre étude de cas le plancher de l'enveloppe étudiée est situé sur un local non chauffé (sous-sol)<sup>66</sup> (voir chapitre 4), la figure suivante montre le transfert de chaleur à partir de plancher.

<sup>63</sup>[www.cnrs.fr/aquitaine/IMG/pdf/Totures.pdf](http://www.cnrs.fr/aquitaine/IMG/pdf/Totures.pdf)

<sup>64</sup> [www.prioriterre.org/upload/...Batiment/Batiments.../Guide\\_charge\\_operation.pdf](http://www.prioriterre.org/upload/...Batiment/Batiments.../Guide_charge_operation.pdf)

<sup>65</sup> [climatauto.blogspot.com/2013/04/definition-fonctions-et-types-de.html](http://climatauto.blogspot.com/2013/04/definition-fonctions-et-types-de.html)

<sup>66</sup> <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16861>



**Figure 10:** Le transfert de chaleur à partir de plancher

Source : <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16861>

### 4.3 Les façades

Elles désignent l'ensemble des parois extérieures, verticales ou inclinées de l'enveloppe de bâtiment, à fonction de séparation et/ou de structure. Elles présentent des caractéristiques thermiques primordiales<sup>67</sup>. Nous pouvons les classer en plusieurs types : façades monocouche ou multicouches, façades double peau et façades triple peau.

#### *a. Façades multicouches*

Elles désignent les murs en plusieurs couches de divers matériaux, elle se décompose en deux principales typologies, les façades porteuse (façades pleines) et les façades non porteuse (façades légers ou en remplissage maçonné.), nous résumons quelques types de murs de façades multicouches dans le tableau suivant :

---

<sup>67</sup> *Diagnostic de performance énergétique*, guide recommandations, ministère de logement, France, mars 2009, p30.  
([http://www.rtbatiment.fr/fileadmin/documents/RT\\_existant/DPE/DPE\\_outils/Guide\\_recommandations\\_DPE\\_v3.pdf](http://www.rtbatiment.fr/fileadmin/documents/RT_existant/DPE/DPE_outils/Guide_recommandations_DPE_v3.pdf))

Le type de mur	Ces caractéristiques
<b>Mur creux</b>	Protège des infiltrations d'eau de pluie, il est composé d'une maçonnerie intérieure et extérieure, et il est séparé par un vide, qui peut être rempli par un isolant dans le cas d'un mur creux isolé.
<b>Mur plein</b>	Il est constitué d'un enduit intérieur, une maçonnerie, et d'un revêtement extérieur.
<b>Mur enterré</b>	Composé de maçonnerie pleine ou de béton armé. Ils peuvent être isolés par l'intérieur ou par l'extérieur.
<b>Mur-rideau</b>	Est un mur de façade légère non porteur, il est posé sur le devant de l'ossature, entourant le bâtiment comme un rideau.

**Tableau 2:** Les principaux types de murs de façade multicouche

Source : l'auteur

**Remarque :** Nous nous intéressons à la composition des murs de type creux, plein et mur rideau, vu que notre étude de cas est constituée de ces derniers, et nous signalons aussi que le logiciel RETA permet la simulation de façade de type multicouche, en introduisant les différentes couches de matériaux avec les épaisseurs qui composent le mur.

### ***b. Façade double peau :***

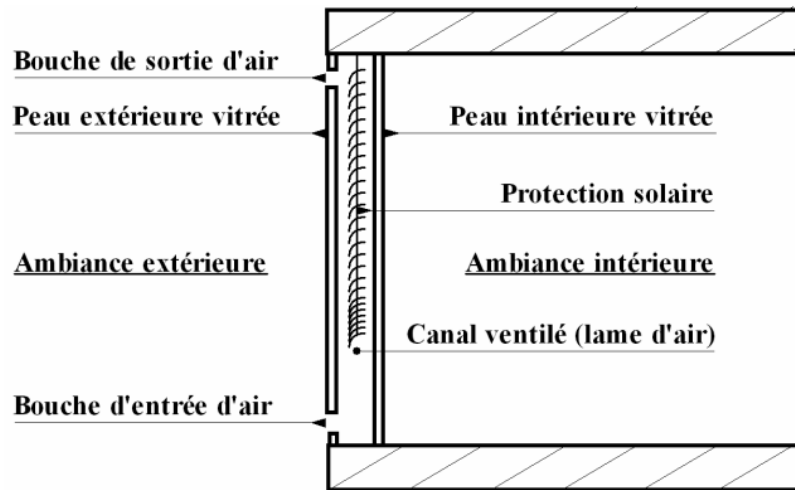
La "façade de type double-peau" est plus exactement une fenêtre ventilée donnant sur l'extérieur<sup>68</sup>. Ces façades permettent à l'air de circuler entre les deux vitrages, elle vise l'amélioration de rendement thermique pour récupérer un maximum de gains énergétiques, de plus la production esthétique<sup>69</sup>. La façade double peau est composée d'un vitrage extérieur et d'un vitrage intérieur. L'espace séparant les deux vitrages est communément appelé "canal de la façade de type double peau" et il est ventilé dans la plupart des cas. Cette ventilation peut être mécanique, naturelle ou mixte. Cette composition est montrée dans la figure 11.

**Remarque :** La majorité des façades de type double-peau sont doté de protections solaires (Voir chapitre 2, page 38), pour contrôler la pénétration de la lumière ainsi que les surchauffes à l'intérieur des locaux dues au rayonnement solaire<sup>70</sup>.

<sup>68</sup> SAFER N, *Modélisation des façades de type double-peau équipées de protections solaires : Approches multi-échelles*, L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, thèse de doctorat, 2016, p28.

<sup>69</sup> Idem.

<sup>70</sup> Idem, p10.



**Figure 11:** Les composantes de façades de type double peau

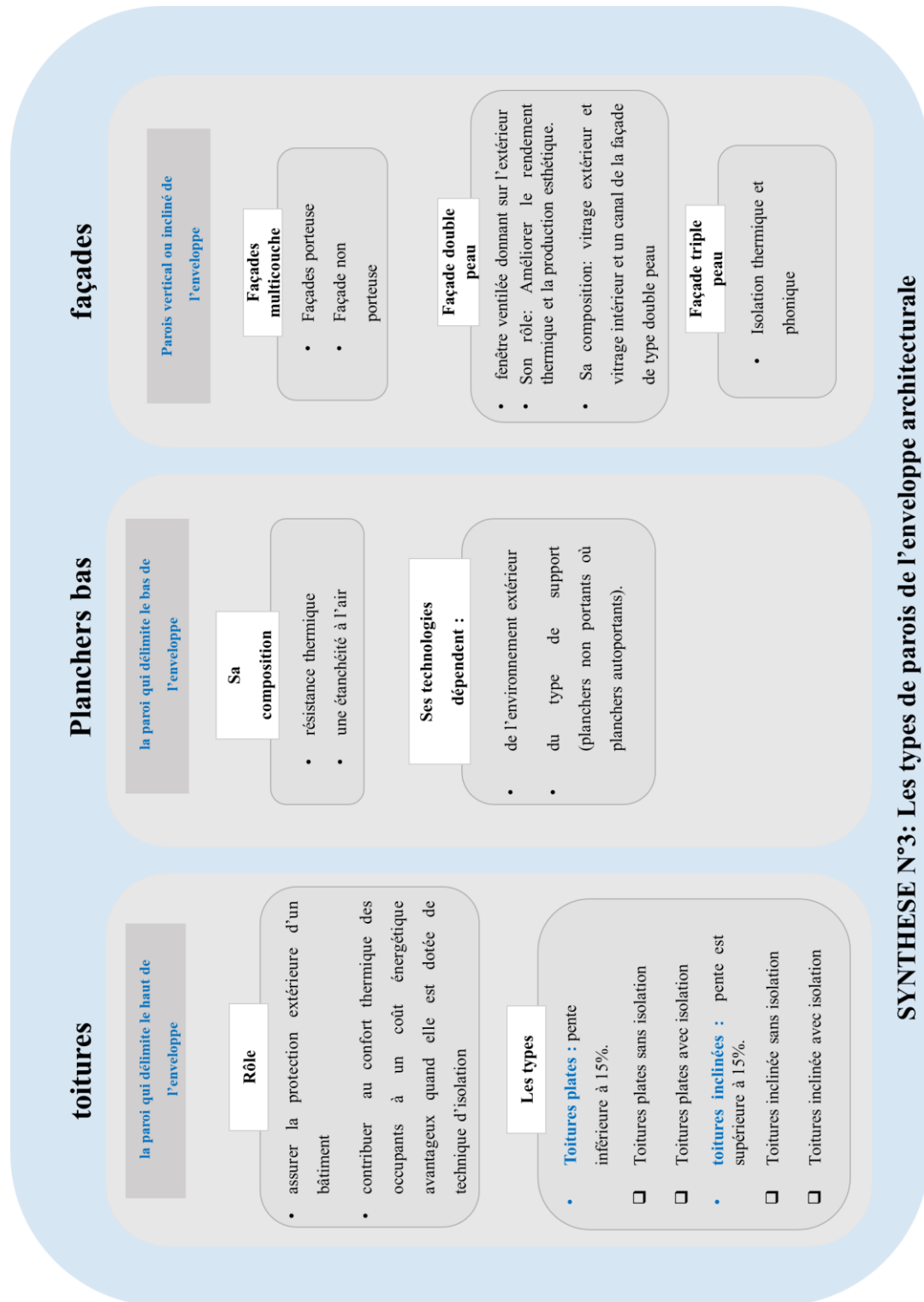
**Source :** SAFER N, *Modélisation des façades de type double-peau équipées de protections solaires : Approches multi-échelles*, L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, thèse de doctorat, 2016, p28

### *c. Façade triple peau :*

Généralement, elle remplit les besoins thermiques et acoustiques des bâtiments, nous citons comme exemple le cas dans le projet de Masdar city situé à Abu Dhabi ; dont les façades résidentielle ont été de type triple afin d'optimiser la performance de l'enveloppe des bâtiments vu la nécessité de fournir une protection efficace contre l'excès solaire tout au long de l'année à Abu Dhabi. D'où un système de contrôle solaire doivent être en mesure de faire face à l'été et le soleil d'hiver, la solution était la triple peau, qui est constituée de protection solaire (Brise-soleil en aluminium) qui s'ajoute comme un écran à la façade<sup>71</sup>.

<sup>71</sup><http://web.mit.edu/parmstr/Public/MasdarCity/080304%20PHA%20MIST%20Concept%20Design%20Report%20w%20Drawings.pdf>

## Synthèse N°3 : Les types des parois de l'enveloppe architecturales



Source : l'auteur

### 5. Les baies et les éléments translucides

La disposition des éléments translucides dans l'enveloppe (matériaux « choix de type de vitrage », orientation et inclinaison, surface de la baie, les accessoires par exemple les protections)...), sont autant de facteurs qui permettent d'augmenter le confort, et d'améliorer passivement les besoins en énergie<sup>72</sup>.

Dans notre simulation, le logiciel RETA offre la possibilité d'introduire les parois vitrées avec tous ses facteurs déjà cités en haut, parmi ces facteurs ; nous allons étudier les protections solaires vu leur utilité dans notre simulation avec le logiciel RETA.

#### a. Les protections solaires

La protection solaire remplit deux objectifs bien distincts, qui sont de limiter les apports solaires de 80% à 85% de l'énergie solaire incidente d'une part, et de réguler le flux lumineux d'autre part<sup>73</sup>. Il existe plusieurs types de protections solaires dont les performances sont influencées, par la position de la protection par rapport à la baie et le type de la protection. Ces derniers peuvent être placés à l'intérieur des locaux, à l'extérieur des locaux (placées sur la façade) ou bien intégrés au vitrage de la baie.

On peut distinguer plusieurs types de protections solaires :

Les protections solaires extérieures : c'est des protections intégrées à l'architecture (brise soleil, porche, véranda) ou appliquées (stores, persiennes volets). Elles sont généralement verticales pour protéger les façades est et ouest et horizontales pour les façades sud<sup>74</sup>.

Les protections solaires intérieures : comme les stores et les films solaires appliqués sur un vitrage existant, qui réduisent les apports solaires énergétiques tout en laissant passer la lumière.

Les protections intégrées au vitrage.

**Remarque** : Les plantes peuvent aussi constituer un écran naturel au rayonnement solaire, tel que les arbres caducs qui permettent un ombrage naturel et saisonnier, laissant passer les rayons en hiver et les bloquer en été<sup>75</sup>.

---

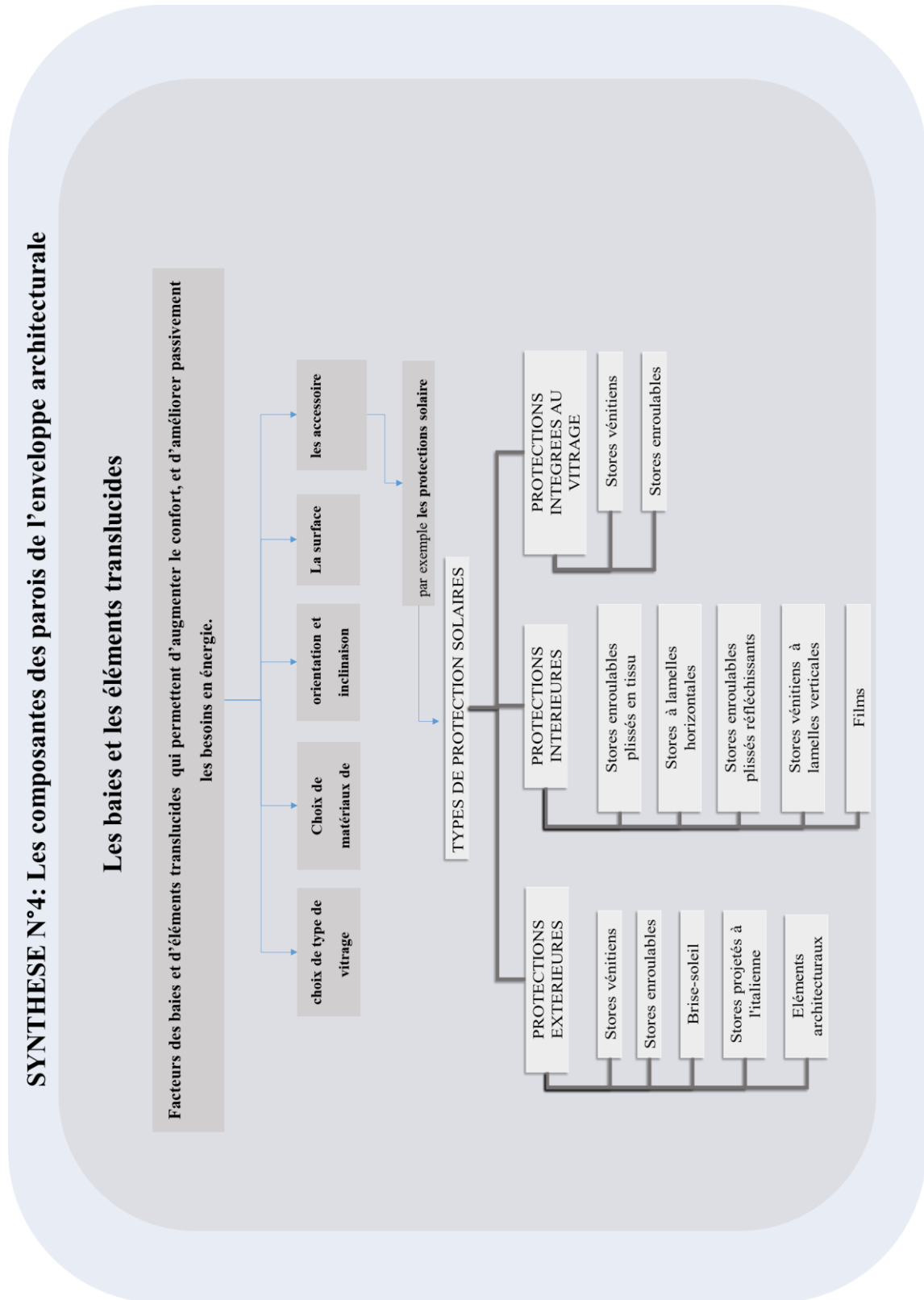
<sup>72</sup> *La conception globale de l'enveloppe et l'énergie*, Guide pratique pour les architectes, p68. (<http://www.enrdd.com/documents/documents/ConstructionEcoconstruction/Architecture%20responsable%20et%20developpement%20durable/regionwallonne2006.PDF>)

<sup>73</sup> SAFER N, *Modélisation des façades de type double-peau équipées de protections solaires : Approches multi-échelles*, L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, thèse de doctorat, 2016, p32.

<sup>74</sup> REBZANI E, *Essai de diagnostic thermographique de l'efficacité énergétique : Cas d'étude la maison prototype du CNERIB/CDER*, EPAU, mémoire de Master, 2016, p29.

<sup>75</sup> LIEBARD A et DE HERDE A. *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques*, ED le moniteur, Paris, 2005. P137.

## Synthèse n°4 : Les composantes des parois de l'enveloppe architecturale



Source : l'auteur

### **6. Conclusion**

Nos investigations bibliographiques dans le chapitre 2, nous ont permis de tirer de multiples conclusions, sur l'importance des performances de l'enveloppe architecturale dans le bilan thermique. Cette dernière agit comme une barrière pour certains éléments et comme un filtre pour d'autres.

La notion de confort est directement liée à l'isolation thermique de l'enveloppe, elle est une recommandation nécessaire dans la conception architecturale, où l'isolation thermique est primordiale pour les parois verticales, horizontales ou inclinées, qui sont soumises aux conditions climatiques extérieures ou qui sont en contact avec une ambiance froide (vide ventilé (comme les caves), espaces froids (comme un garage, etc.)).

L'enveloppe de bâtiment assure la limitation des pertes de chaleur en hiver, et la protection du rayonnement solaire en été. Cette propriété d'atténuation dépend des caractéristiques de transmission thermique des parois par conduction, convection et par rayonnement.

L'avancement des technologies des parois constituant l'enveloppe (multicouches, double peau, triple peau), ouvre un grand champ d'expérimentation, afin d'atteindre les effets de performance en terme d'isolation thermique de l'enveloppe.

Ce chapitre va nous servir d'avantage pour la simulation à travers le logiciel RETA, vu que nous allons simuler l'enveloppe, en introduisant les caractéristiques et la composition (différentes couches de matériaux avec les épaisseurs) de ses parois (opaques et vitrées).

**LE CHAPITRE 3 : LE CONTEXTE DE LA  
REGLEMENTATION THERMIQUE DANS LE  
BATIMENT**

---

### 1. Introduction

« La réglementation thermique est un ensemble de règles à appliquer dans le domaine de la construction, afin d'augmenter le confort des occupants »<sup>76</sup>, en réduisant les émissions de polluants locaux et globaux, et diminuant les charges d'exploitation des locaux (chauffage, climatisation...). Cette réglementation vise à la création d'un bâtiment à faible consommation d'énergie.

Dans ce chapitre, nous allons présenter la réglementation thermique du secteur de bâtiment en Algérie, tout en la comparant avec deux autres contextes (France, USA) pour une bonne assimilation, ensuite nous allons comparer le logiciel Algérienne RETA avec les logiciels thermiques des autres pays (France, USA).

### 2. Objectifs de la réglementation thermique dans le monde

La réglementation thermique présente des enjeux économiques (réduire la facture énergétique), environnementaux (réduire l'effet de serre dans le cadre des accords de Rio<sup>77</sup> et du protocole de Kyoto<sup>78</sup>), et sociaux (assurer un meilleur confort des personnes).

Cette dernière donne un seuil de performance, pour le secteur de bâtiment notamment le bâtiment tertiaire, qui tient compte de nombreux paramètres dont l'isolation thermique bien entendu, l'ensoleillement, la ventilation, les équipements et système de chauffage, et de leur finesse de régulation et de programmation<sup>79</sup>.

Les investigations et les recherches pour développer la réglementations thermiques, sont destinées à l'amélioration énergétique des bâtiments neufs d'un côté, puis la promotion de guides techniques pour la gestion énergétique des bâtiments existants, elles constituent donc des solutions pertinente pour la maîtrise de l'énergie dans le monde.

---

<sup>76</sup> <http://www.climamaison.com/lexique/reglementation-thermique.htm>

<sup>77</sup> **Rio** : la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques, à RIO 1994.

<sup>78</sup> **Kyoto** : Convention- Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, adoptée à New York le 9 mai 1992.

<sup>79</sup> **FOURA S**, *Simulation des paramètres du confort thermique d'hiver en Algérie*, université Mentouri, Constantine, Thèse de doctorat, 2008, p61.

### **3. La réglementation thermique en France et aux états unis d'Amérique**

Le monde entier est confronté à une augmentation de la consommation énergétique d'une façon accrue, depuis déjà plusieurs décennies. Dont tous les pays ne sont pas égaux devant cette situation, nous avons comparé les réglementations thermiques, pour d'abord Les États-Unis, qui ont le modèle de la consommation énergétique le plus extrême pour le secteur de bâtiment, puis la France et l'Algérie dont les modèles énergétiques sont assez semblables. Cette comparaisons nous mène à dire que la réglementation thermique algérienne est comme les deux autres pays étudiés, elle offre la possibilité de calcul informatisé.

#### **3.1 La réglementation thermique française**

La réglementation thermique française porte sur la limitation des consommations énergétiques liées au bâtiment, Elle impose des valeurs minimales pour les isolations thermiques de l'enveloppe de bâtiment<sup>80</sup>.

Cette dernière a connu plusieurs versions antérieures, qui ont été développées par rapport aux exigences et aux champs d'application. La première réglementation thermique date de 1974 (RT 1974), appliqué en 1975, qui ne concerne que les bâtiments neufs d'habitation, imposant une isolation des parois et une régulation des systèmes de chauffage. La deuxième réglementation thermique date de 1988 (RT 1988), elle concerne les bâtiments neufs résidentiels et non résidentiels. La troisième réglementation thermique date de 2000 (RT 2000), qui représente un nouveau renforcement des exigences au niveau de la performance énergétique des bâtiments neufs résidentiels et tertiaire<sup>81</sup>. La quatrième réglementation (RT 2005), concernant les bâtiments neufs et les parties nouvelles, elle impose des valeurs minimales pour les isolations thermiques de chaque type de paroi (plafond, mur donnant sur l'extérieur, mur donnant sur un local non chauffé, etc.), et aussi une tentative pour l'intégration de confort d'été via la prise en compte des protections solaires et de l'inertie du bâtiment apparaît sur cette

---

<sup>80</sup> [linuxfr.org/news/la-réglementation-thermique-française-outils-dapplication](http://linuxfr.org/news/la-réglementation-thermique-française-outils-dapplication)

<sup>81</sup> [www.actu-environnement.com/ae/.../historique-reglementation-thermique.php4](http://www.actu-environnement.com/ae/.../historique-reglementation-thermique.php4)

## **Le chapitre 3 : Le contexte de la réglementation thermique dans le bâtiment**

---

dernière.<sup>82</sup>Quant à la cinquième réglementation thermique RT 2007 : pour les bâtiments anciens, Son objectif est de régler le problème des performances énergétiques<sup>83</sup>.

Enfin L'actuelle réglementation en vigueur « Réglementation Thermique 2012 », suite au Grenelle Environnement 2012, dite RT2012, est un outil réglementaire concernant les constructions neuves (résidentiels ou non résidentiels)<sup>84</sup>, elle fixe une consommation moyenne d'énergie primaire de 50 kWh/m<sup>2</sup>.an<sup>85</sup>. Relativement aux utilisations les plus importantes : le chauffage, la climatisation, la production d'eau chaude sanitaire, l'éclairage, et les auxiliaires électriques (tels que pompe et les ventilateurs). L'application de cette dernière nécessite l'utilisation de logiciels, intégrant un moteur de calcul réglementaire développé par le CSTB <sup>86</sup> et distribué sous licence LGPL<sup>87</sup>. Parmi ces logiciels on peut citer : Pléiades + COMFIE, CODYBA, TRNSYS, DOE-2, TAS, WUFI, Lesosai, SIMBAD, EnergyPlus, BLAST... etc.

### **3.2 La réglementation thermique aux états unis Américaine**

Aux USA, le DOE (Département of Energy) adoptes des codes thermiques du bâtiment, afin d'atteindre l'amélioration maximale de l'efficacité énergétique, aussi bien dans le résidentiel que dans le tertiaire<sup>88</sup>. Dont deux codes de l'énergie du bâtiment sont adoptées pour réglementer la conception et la construction de nouveaux bâtiments ; le code 90.1 Energy Standard ANSI / ASHRAE / IESNA pour les bâtiments, et le «code international pour la conservation de l'énergie » (IECC)<sup>89</sup>.

Le premier code énergétiques résidentiel américains était le code ASHRAE 90-75 en 1975, puis en 1983, la première édition du Code modèle de l'énergie (Model Energy Code

---

<sup>82</sup> [linuxfr.org/news/la-réglementation-thermique-française-outils-dapplication](http://linuxfr.org/news/la-réglementation-thermique-française-outils-dapplication)

<sup>83</sup> **BOUMAMA W**, *Au sujet de la politique d'efficacité Algérie : approche systémique pour un développement durable cas de : programme Eco-bat*, Université Abou-Bakr Belkaid - Tlemcen, mémoire de magister, 2013, p30.

<sup>84</sup> **Molle, Dimitri, et Pierre-Manuel Patry**. *RT 2012 et RT existant: réglementation thermique et efficacité énergétique*. Paris: Eyrolles, 2013.

<sup>85</sup> [www.climamaison.com/lexique/rt-2012.htm](http://www.climamaison.com/lexique/rt-2012.htm)

<sup>86</sup> **CSTB** : Centre Scientifique et Technique du Bâtiment.

<sup>87</sup> **LGPL** : Lesser General Public License (La Licence publique générale limitée).

<sup>88</sup> **BOUMAMA W**, *Au sujet de la politique d'efficacité Algérie : approche systémique pour un développement durable cas de : programme Eco-bat*, Université Abou-Bakr Belkaid - Tlemcen, mémoire de magister, 2013, p29.

<sup>89</sup>**BOURSAS A**, *Etude de l'efficacité énergétique d'un bâtiment d'habitation à l'aide d'un logiciel de simulation*, université de Constantine, mémoire de magister, 2013, p131.

### **Le chapitre 3 : Le contexte de la réglementation thermique dans le bâtiment**

---

MEC), qui sera renommé le Code international pour la conservation de l'énergie (IECC) en 1998.<sup>90</sup>

La réglementation nationale de maîtrise de l'énergie dans les bâtiments, «IECC, International Energy Conservation Code», est développée sous l'égide de l'ICC. (L'International Code Council)<sup>91</sup>, elle porte essentiellement sur les performances thermiques dans les bâtiments résidentiels et commerciaux<sup>92</sup>.

Le confort intérieur et le confort hygrométrique de bâtiment ne sont pas étudiés dans cette réglementation, celui-ci est traité dans d'autres normes en détail (ASHRAE 1997).

La réglementation américaine de la maîtrise de l'énergie des bâtiments admet le calcul des performances thermiques à l'aide de logiciels avancés (les plus répandus sont : Visual DOE 4.0, ENERGYPLUS, ...) ; afin de concevoir un bâtiment performant. Les normes autorisent également l'utilisation de calculs simplifiés pour ce qui est des exigences maximales de la transmission surfacique des différentes parois ainsi que des solutions de type standard<sup>93</sup>.

La réglementation américaine prend en compte les climats d'hiver et d'été, par exemple pour les régions chaudes, les normes d'isolation thermique ne sont pas aussi exigeantes, mais spécifient l'utilisation de protection solaire des baies. Par contre, elle ne prévoit pas de protection solaire des façades<sup>94</sup>.

#### **3.3 La réglementation thermique Algérienne**

L'Algérie prend conscience de la nécessité de définir une politique d'efficacité énergétique dans l'habitat dès les années 1990, en développant plusieurs dispositifs réglementaires.

L'Algérie est le premier pays du Maghreb à réaliser une réglementation thermique des bâtiments à usage d'habitation, par le ministère de l'Habitat et de l'Urbanisme, sous forme

---

<sup>90</sup>BOURSAS A, *Etude de l'efficacité énergétique d'un bâtiment d'habitation à l'aide d'un logiciel de simulation*, université de Constantine, mémoire de magister, 2013, p131.

<sup>91</sup>Idem.

<sup>92</sup>HACHEMI M, *Exploitation et programmation des documents techniques réglementaires relatifs aux déperditions thermiques de ventilation des bâtiments*, à l'université M'hamed Bougara, Boumerdes, mémoire de magister, 2011 p13.

<sup>93</sup>HACHEMI M, *Exploitation et programmation des documents techniques réglementaires relatifs aux déperditions thermiques de ventilation des bâtiments*, à l'université M'hamed Bougara, Boumerdes, mémoire de magister, 2011 p13.

<sup>94</sup>Idem.

### **Le chapitre 3 : Le contexte de la réglementation thermique dans le bâtiment**

---

de documents techniques réglementaires, et ce dès 1997<sup>95</sup>. Cette réglementation a été conçue pour réduire la consommation de chauffage de l'ordre de 25 %<sup>96</sup>.

D'après une nouvelle réflexion autour de la réduction de la consommation de chauffage à plus de 40%<sup>97</sup>. Des simulations numériques ont été menées sur des logements types. Cette étude ressort que la 1ere réglementation agissant sur la seule limitation des déperditions thermiques par transmission, mais il est possible d'atteindre ce nouvel objectif tout en réduisant substantiellement la charge de climatisation d'été. **Suite à ces investigations, une nouvelle réglementation thermique apparaît autour des deux principes suivants :**

- Réserver la réglementation de 1997 à l'habitat individuel,
- Définir de nouveaux coefficients réglementaires plus contraignants pour l'habitat en immeuble collectif. ( DTR 3-4) en 1998

**La réglementation thermique des bâtiments neufs** (habitation, tertiaire) impose des caractéristiques d'isolation thermique permettant de répondre à l'une au moins des deux conditions<sup>98</sup> ci-après :

- *Les déperditions calorifiques calculées pour la période d'hiver doivent être inférieures à une limite appelée «déperdition de référence» ;*
- *Les apports calorifiques calculés pour la période d'été doivent être inférieurs à une limite appelée «apport de référence».*

Ces déperditions ou apports de références sont fixés par les DTR C3-2 & C3-4 respectivement.

Et enfin, suite à l'arrêté ministériel du 14 novembre 2005, un troisième DTR a été mis en place « DTR 3-31 portant sur la ventilation naturelle des locaux à usage d'habitation ».

L'application de cette dernière n'as pas été possible à cause des difficultés des calculs pour les architectes, et l'absence de d'outils opérationnels. Mais récemment en 2015, il a eu la création d'un logiciel RETA, intégrant un moteur de calcul thermiques, développé par le CDER sur la base des deux DTR, C 3-2 et C 3-4.

---

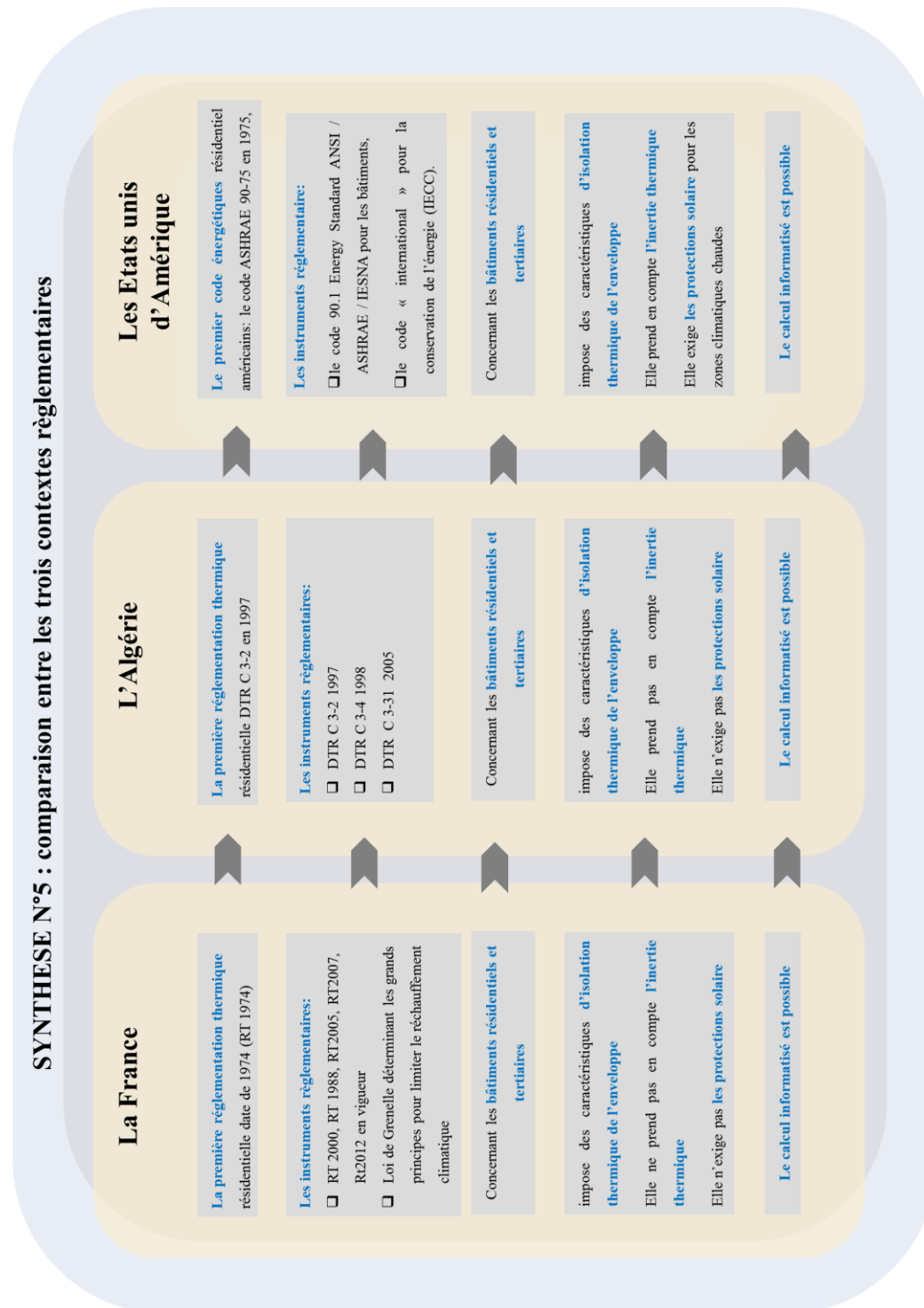
<sup>95</sup> **MOUBAREK YOUSIF MOHAMMED ELAMIN M**, *Contribution à l'évaluation énergétique des bâtiments au nord du Maroc : cas de la ville de Tanger*, THESE DE DOCTORAT, université ABDELMALEK ESSAADI faculté des sciences et techniques TANGER, 2014, p13

<sup>96</sup> <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/12795119.2002.9692393>

<sup>97</sup> Idem

<sup>98</sup> Guide pour une construction éco énergétique en Algérie, APRUE et GIZ, 2014, p149

Synthèse n°5 : comparaison entre les trois contextes règlementaires



Source : l'auteur

## **Le chapitre 3 : Le contexte de la réglementation thermique dans le bâtiment**

---

### **3.3.1 Les documents techniques réglementaires en thermique de bâtiment**

Des documents techniques réglementaires DTR approuvés par le ministère de l'Habitat ont fait l'objet en 2000, d'un décret exécutif N°25 d'avril 2000 et Éditer par le CNERIB<sup>99</sup>, portant réglementation thermique dans les bâtiments neufs, en application à la loi relative à la maîtrise de l'énergie, adoptée le 28 juillet 1999. Et 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. Cette thématique rentre dans le cadre des activités de l'équipe bioclimatique de la division thermique et géothermie du CDER (Centre National d' Etudes et de Recherches Intégrées du Bâtiment.).

Les 3 DTR de la réglementation thermique algérienne sont :

- 1) DTR C 3-2 intitulé «Règles de calcul des déperditions calorifiques» pour le problème d'hiver. Suite à l'arrêté ministériel du 10 décembre 1997.
- 2) DTR C 3-4 intitulé «Règles de calcul des apports calorifiques» pour le problème d'été. Suite à l'arrêté ministériel du 18 août 1998.
- 3) DTR 3-31 portant sur la ventilation naturelle des locaux à usage d'habitation. Suite à l'arrêté ministériel du 14 novembre 2005.

**Remarque :** Nous allons s'intéresser dans notre recherche, sur le DTR C 3-2 et DTR C3-4 vu que le logiciel RETA que nous allons utiliser pour notre étude de cas a été créé à base de ces deux derniers.

#### **3.3.1.1 Réglementation thermique des bâtiments d'habitation « DTRC 3-2 »<sup>100</sup>**

C'est un document technique réglementaire concernant les règles de calcul des déperditions calorifiques d'hiver, il s'applique aux bâtiments à usage d'habitation, il représente un outil d'aide à la conception thermique de ces derniers, et illustre la méthode de calcul du bilan thermique hivernal. Cette réglementation vise la limitation de la consommation énergétique relative au chauffage des locaux, en Limitant les déperditions calorifiques des logements par la fixation d'un seuil à ne pas dépasser (appelé déperdition

---

<sup>99</sup> **CNERIB** : Centre National d'Etudes et de Recherches Intégrées du Bâtiment : élabore et réalise les programmes de recherche scientifique et technologique

<sup>100</sup> **CNERIB**, document technique réglementaire, "Règlement Thermique des Bâtiments d'Habitation - Règles de Calcul des Déperditions Calorifiques", DTR C3-2', Fascicule 1, Centre National d'Etude et de Recherche Intégrées du bâtiment CNERIB, Alger, 1998.

## Le chapitre 3 : Le contexte de la réglementation thermique dans le bâtiment

de référence), le respect de ce seuil devrait permettre une économie de 20 à 30% sur la consommation d'énergie pour le chauffage des logements, sans pour autant se réaliser au détriment du confort des utilisateurs.

Ce DTR a été conçu dans le but de déterminer les déperditions calorifiques des bâtiments (Voir fig.12) ; vérifier leur conformité par rapport à la réglementation thermique ; et enfin la déterminer le dimensionnement des installations de chauffage.

Il stipule que les déperditions calorifiques par transmission à travers les parois calculées, pour la période d'hiver doivent être inférieures à une valeur de « référence » ;  $DT \leq 1.05 D_{réf}$ .

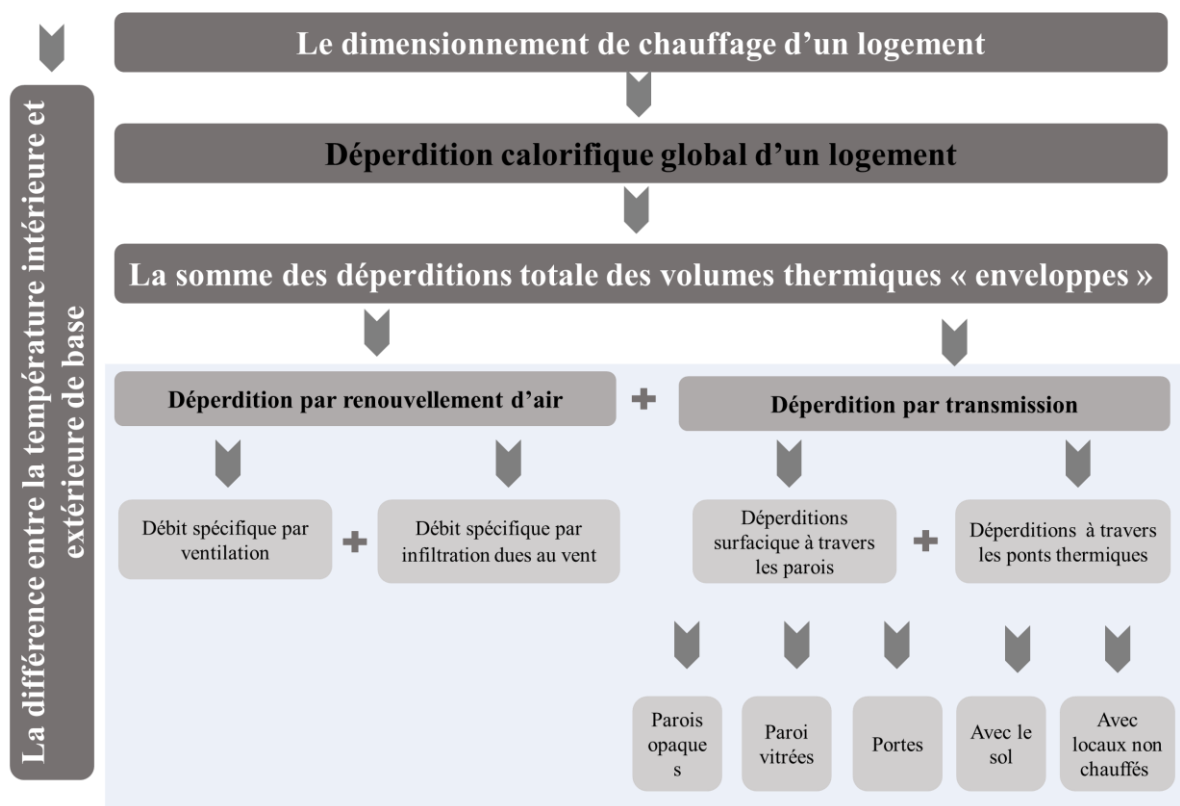


Figure 12: Organigramme de chauffage selon le DTR C3-2

Source : l'auteur

### 4.1.1 Réglementation thermique des bâtiments « D.T.R. C 3-4 »<sup>101</sup>

C'est un document technique réglementaire qui illustre les Règles de calcul des apports calorifiques des bâtiments résidentiels ainsi que tertiaires, « climatisation », il est conçu face aux problèmes de confort en période d'été (consommation d'énergie due à la

<sup>101</sup> CNERIB, Document technique réglementaire des bâtiments d'habitation « DTR. C 3-4, Règles de calcul des apports calorifiques ' Climatisation', Fascicule 2, ISBN : 9961-845-19-6, 2005.

### Le chapitre 3 : Le contexte de la réglementation thermique dans le bâtiment

climatisation), et il est aussi basé sur l'hypothèse que les locaux concernés sont conditionnés (tableau n°3).

CONDITIONS DE BASE					
CONDITIONS EXTERIEURES DE BASE			CONDITIONS INTERIEURES DE BASE		
En fonction de : ➤ la zone climatique où est implanté le projet ➤ l'altitude.	rayonnement direct	rayonnement diffus	soit définies dans les pièces du marché pour les constructions spécifiques	soit fixées à partir des valeurs données dans le tableau en fonction du niveau confort voulu	
				Confort normal	Confort amélioré

**Tableau 3:** Les conditions de base d'un local selon le DTR C-3-4

Source : l'auteur

Son objectif principal est de déterminer les apports calorifiques des bâtiments (Voir fig.13). De plus il assure aussi la Vérification de la conformité à la réglementation thermique d'été des bâtiments, mais uniquement pour les locaux à usage d'habitation, de bureaux et d'hébergement. Ce DTR traite deux niveaux de confort, un niveau de confort dit «normal» qui concerne les applications courantes et un autre niveau de confort dit «amélioré», il s'agit du cas où le confort est privilégié par rapport à l'aspect économique.

Il est fortement recommandé d'opérer le calcul pour les trois mois de l'été : Juillet (calcul obligatoire), Août et Septembre.

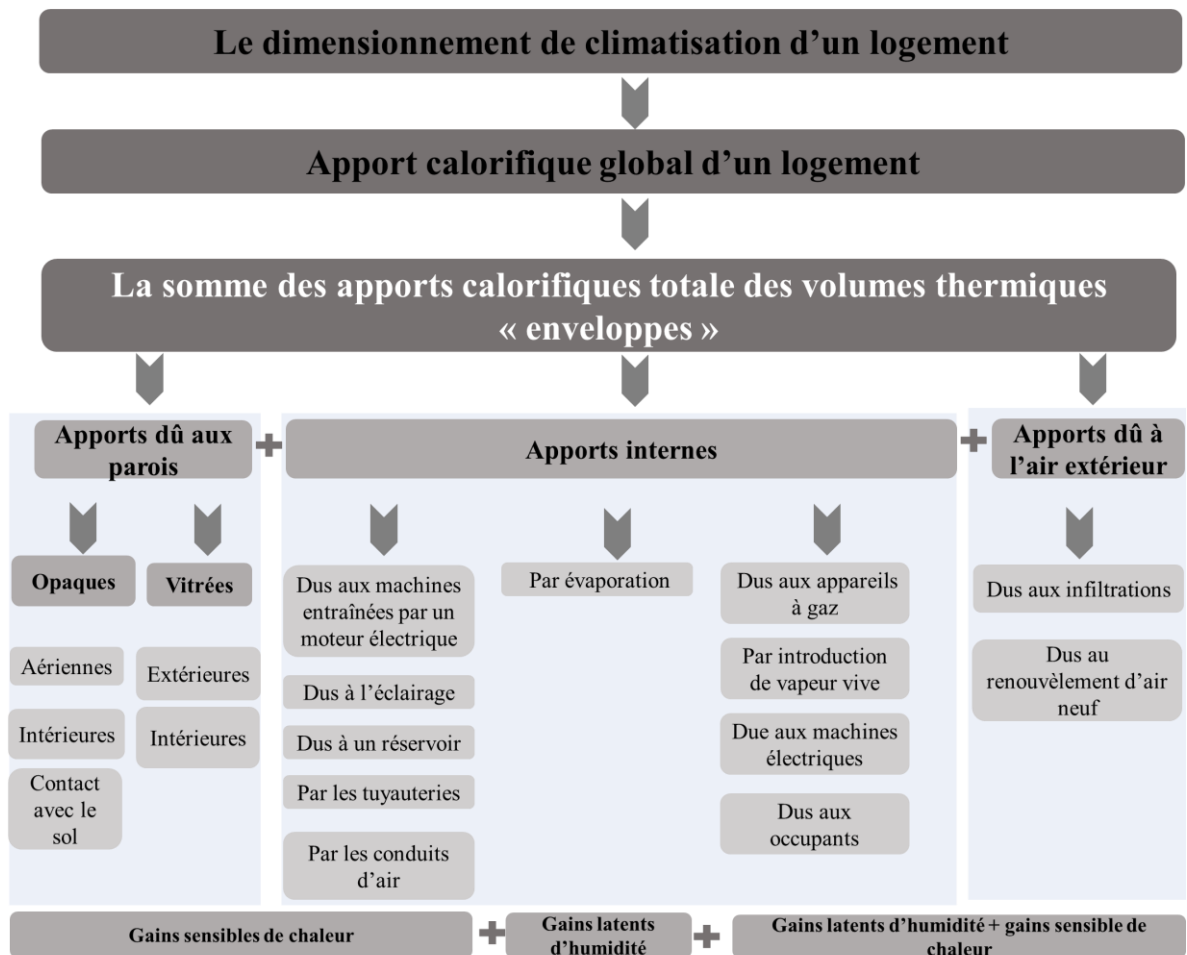
Le calcul réglementaire vise à prendre en compte la climatisation en amont du projet, pour d'abord éviter une consommation éventuelle d'énergie excessive si un équipement est installé, et aussi pour aboutir à des puissances d'installations raisonnables, le concepteur aura intérêt à associer à la climatisation les recommandations architecturales d'usage (conception bioclimatique).

De point de vue ,vérification réglementaire, un Calcul est nécessaire pour l'ensemble du local (supposé conditionner) à 15 h, pour le mois de Juillet : Des apports par les parois opaques aériennes et des apports par les parois vitrées d'une part , et un Calcul des apports calorifiques de référence d'autre part pour pouvoir Vérifier la conformité à la réglementation thermique d'été des locaux. Ce DTR, mentionne que les apports de chaleurs à travers les parois (opaques et vitrées) calculés à 15h du mois de juillet

### Le chapitre 3 : Le contexte de la réglementation thermique dans le bâtiment

(considéré comme le mois le plus chaud de l'année) doivent être inférieurs à une limite appelée « Apport de Référence » ;  $APO (15 h) + AV (15 h) \leq 1.05 \cdot Aréf$

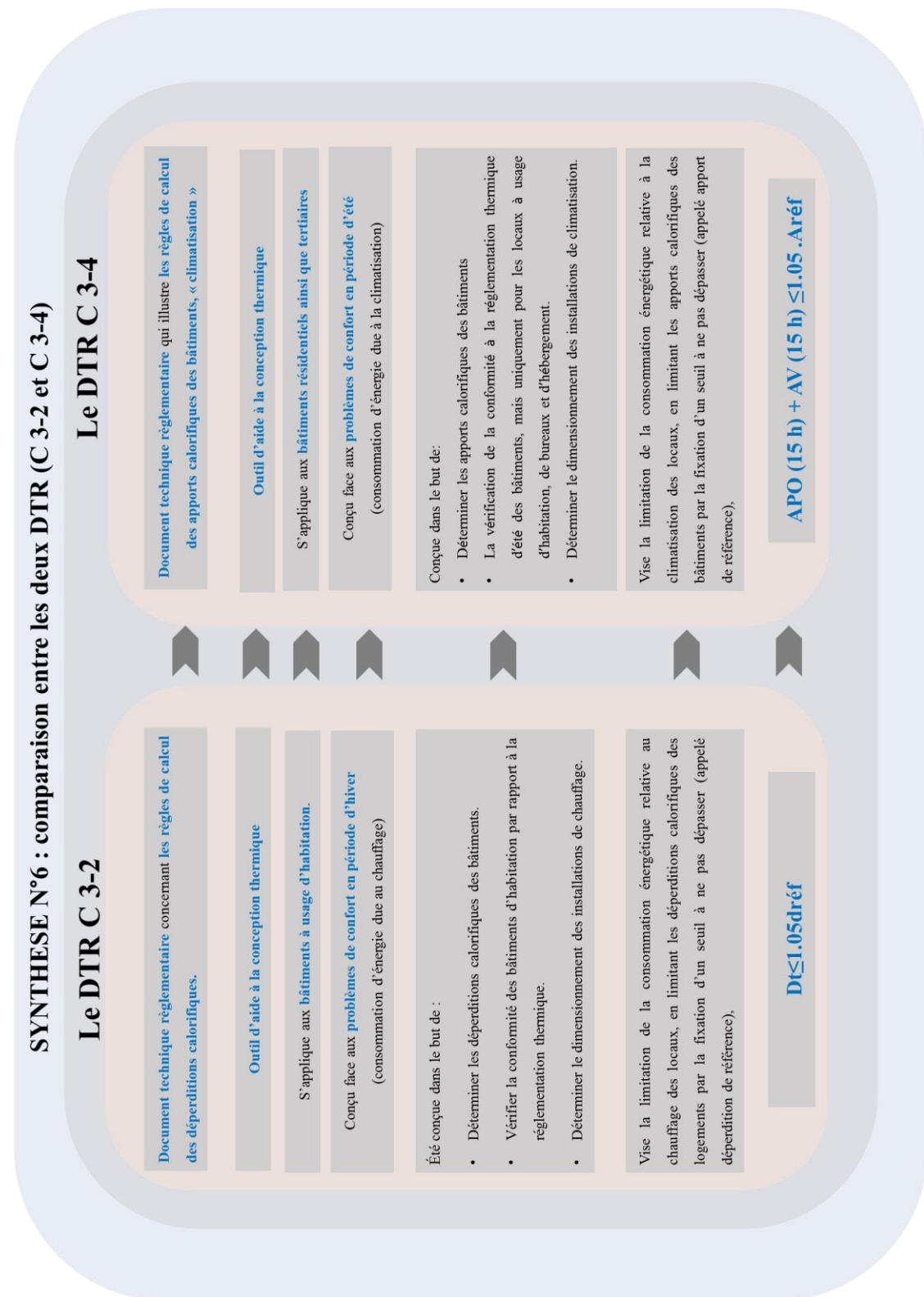
**Remarque :** Pour le cas d'habitation une double vérification réglementaire est à effectuer, vérification de leur conformité à la réglementation thermique d'hiver (DTR C 3-2) et aussi d'été (DTR C 3-4).



**Figure 13:** Organigramme de climatisation selon le DTR C3-4

Source : l'auteur

Synthèse n°6 : comparaison entre les deux DTR (C 3-2 et C 3-4)



Source : l'auteur

### 4. Les logiciels d'évaluation thermique (KoZiBu, EnergyPlus, RETA)

Actuellement, la prise en compte du confort thermique dans les bâtiments se fait avec des méthodes et des outils élaborés, à partir de différents logiciels de simulation de phénomène thermique. En simplifiant la complexité des phénomènes interactifs et en simulant le comportement futur du bâtiment en phase d'utilisation. L'objectif est de calculer sa performance réelle, et de détecter les points faibles du bâtiment, afin de les améliorer.

Un logiciel thermique est un outil de calcul des caractéristiques thermiques d'un bâtiment. Il peut être soit statique ou dynamique (voir le chapitre 1 page 22 et 23). A partir de la description du bâtiment et de son environnement<sup>102</sup>, le logiciel thermique donne la valeur théorique des déperditions des éléments de l'enveloppe (parois, ouvrants) et des apports gratuits (apports solaires, internes, etc.). Il permet ainsi d'évaluer l'efficacité ou la conformité thermique du projet de construction ou de rénovation visé à la réglementation thermique.

Il y'a aujourd'hui des dizaines de logiciels de simulation thermique dynamique conçus chacun pour un but bien précis. Parmi les plus utilisés on retrouve :

#### 4.1 KoZiBu (France)

KoZiBu est le successeur du logiciel CoDyBa<sup>103</sup> (développé depuis 1985), développé avec l'aide de quelques chercheurs du CETHIL (Centre de Thermique de l'INSA de Lyon). Est un outil de simulation en dynamique des performances énergétiques des bâtiments. Il s'adresse aux bureaux d'études, aux organismes de recherche et de formation<sup>104</sup>.

*KoZiBu a pour objet la détermination des flux thermiques d'un bâtiment, pour l'optimisation des performances énergétiques<sup>105</sup>.*

---

<sup>102</sup> <http://www.abatia.fr/abatia/logiciel-thermique>

<sup>103</sup> **CoDyBa** : comportement dynamique de bâtiment

<sup>104</sup> [http://www.jnlog.com/pdf/kozibu\\_presentation\\_fr.pdf](http://www.jnlog.com/pdf/kozibu_presentation_fr.pdf)

<sup>105</sup> Idem

## Le chapitre 3 : Le contexte de la réglementation thermique dans le bâtiment

Il offre la possibilité d'estimer les puissances instantanées de chauffage ou de refroidissement nécessaires, ou de calculer les températures lorsque le système de chauffage ou de refroidissement est insuffisant<sup>106</sup>.

### Le fonctionnement de KoZiBu

Il est basé sur l'assemblage de briques simples pour former un bâtiment complexe avec ses équipements. Il décrit le bâtiment grâce à l'interface graphique, chaque "entité" est associée une icône, qui permet de la manipuler par des opérations de type "copier", "coller", "transférer"<sup>107</sup>.

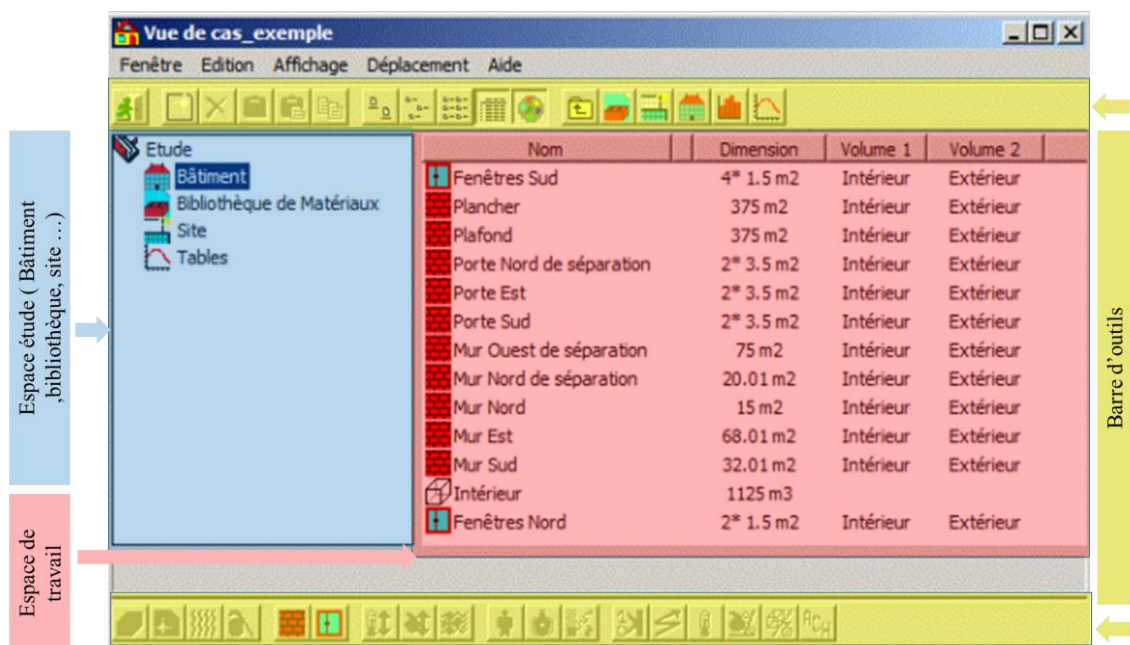


Figure 14: L'écran principal de KoZiBu

Source : [http://www.jnlog.com/pdf/kozibu\\_presentation\\_fr.pdf](http://www.jnlog.com/pdf/kozibu_presentation_fr.pdf)

On peut diviser le logiciel en 2 parties ; la première partie est manipulée par l'utilisateur, elle permet de charger les études, gérer des bibliothèques, des fichiers météo, et des représentations graphiques. La seconde partie « calcul » regroupe la définition et la gestion d'une étude, et la réalisation des simulations.

<sup>106</sup> [http://www.jnlog.com/pdf/kozibu\\_presentation\\_fr.pdf](http://www.jnlog.com/pdf/kozibu_presentation_fr.pdf)

<sup>107</sup> Idem.

### **Le chapitre 3 : Le contexte de la réglementation thermique dans le bâtiment**

---

**Les données de base** nécessaires pour l'utilisation de ce logiciel sont la géométrie du bâtiment et sa constitution, **volumes d'air**, **murs** (avec les matériaux des couches et les paramètres de surface), **fenêtres** (possibilité de masques solaires)<sup>108</sup>.

Ainsi certains paramètres principaux, la **météo** (les fichiers météo de différentes villes sont fournis), **charges internes** (éclairages, personnels, équipements) et les régulateurs (puissances et consignes de température, d'humidité et de ventilation)<sup>109</sup>.

**Les résultats** sont fournis sous la forme de courbes en fonction du temps (le pas de sortie est choisi par l'utilisateur). Un traceur intégré permet de les visualiser rapidement, et une exportation en format Excel est possible.

**Remarque :** Son intérêt apparaît dans sa non limitation au nombre de volumes d'air (zones thermiques) ainsi l'avantage de la simplicité d'utilisation, facilité de saisie des données, calcul multizones et vitesse de calcul. Tandis que les équipements sont modélisés simplement (puissance maximum, consigne, activité), qui manque de saisie globale de la géométrie.

#### **4.2Energyplus (USA)**

Est un programme de simulation thermique et énergétique des bâtiments, développé par le département de l'Énergie des États-Unis DOE (Département of Energy, États-Unis) en 2002, il est issu de la fusion des deux logiciels de simulation DOE2 et BLAST logiciels, permettant de réaliser des études de demande et de consommation énergétique<sup>110</sup>.

C'est un moteur de simulation qui utilise un fichier texte pour les données d'entrée et les résultats de simulation. La charge du bâtiment est calculée à un pas de temps défini par l'utilisateur. Cette information est par la suite envoyée au module de simulation des systèmes du bâtiment<sup>111</sup>.

Le module de simulation des systèmes d'EnergyPlus calcule la charge de chauffage/refroidissement et la réponse du système. La méthode de calcul, qui est la méthode des bilans, permet une prédiction plus précise de la température de l'espace, du dimensionnement des équipements et du confort des occupants. De plus, l'outil permet

---

<sup>108</sup> [http://www.jnlog.com/pdf/kozibu\\_presentation\\_fr.pdf](http://www.jnlog.com/pdf/kozibu_presentation_fr.pdf)

<sup>109</sup> Idem

<sup>110</sup> *Guide pour une construction éco énergétique en Algérie*, APRUE et GIZ, 2014, p93

<sup>111</sup> Idem.

## Le chapitre 3 : Le contexte de la réglementation thermique dans le bâtiment

d'évaluer des séquences de contrôle réalistes, l'humidité d'adsorption et de désorption des éléments de construction, les systèmes radiants de chauffage et de refroidissement, ainsi que le flux d'air interzone<sup>112</sup>.

**Remarque :** Parmi ses points forts, on retrouve la fiabilité, capacités de simulation au moyen de modèles en adéquation avec les besoins de l'utilisateur (du plus simple au plus complexe). Interfaçage avec des modèles géométriques. La grande quantité de sites météorologiques disponibles. Mais l'utilisation des fichiers textes pour la définition du problème peut s'avérer plus complexe à utiliser qu'une interface graphique<sup>113</sup>.

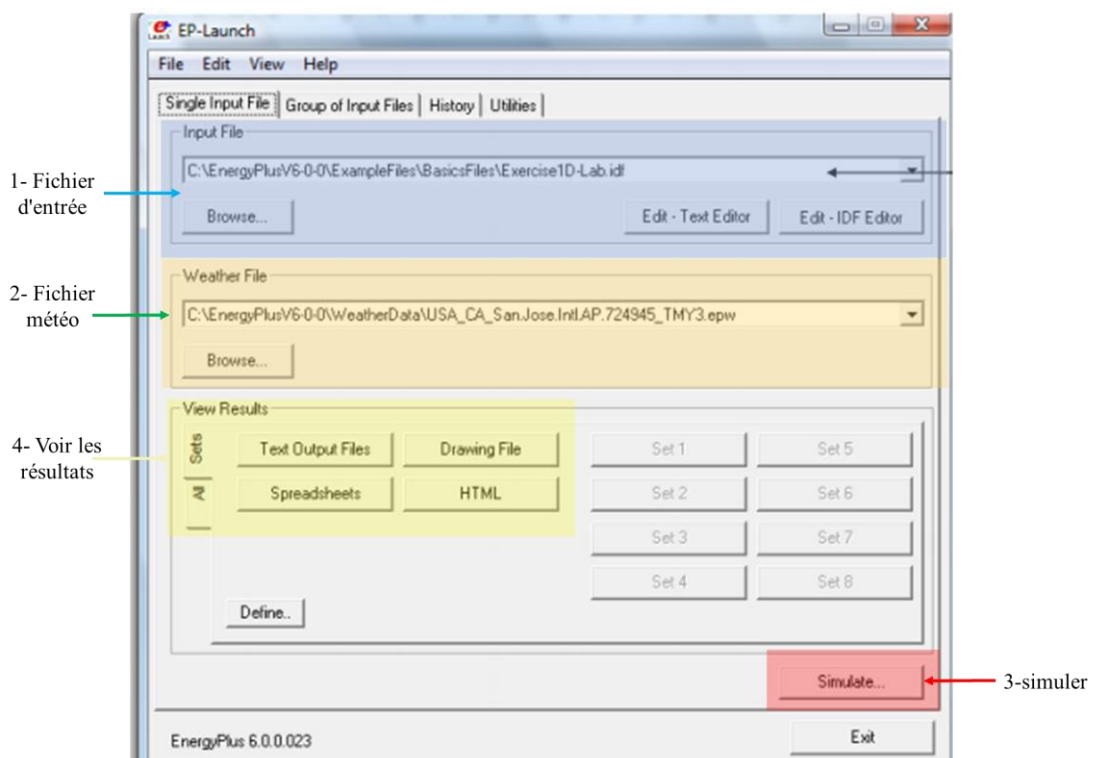


Figure 15: L'interface d'EnergyPlus

Source : <http://www.just.edu.jo/~mzali/courses/Fall14/Arch%20754/slides/EnergyPlusLab.pdf>, traité par l'auteur

### 4.3 RETA (Algérie)

Depuis plusieurs années, l'Algérie rentre dans une politique d'amélioration de la gestion de l'énergie. Et elle a créé une réglementation thermique pour les bâtiments neufs (DTR).

<sup>112</sup> <https://energyplus.net>

<sup>113</sup> *Guide pour une construction éco énergétique en Algérie*, APRUE et GIZ, 2014, p94

### **Le chapitre 3 : Le contexte de la réglementation thermique dans le bâtiment**

---

Malheureusement, cette réglementation n'est pas entrée en vigueur pour aboutir à l'isolation thermique des bâtiments, à cause de l'absence d'outils opérationnels adéquats, permettant son application<sup>114</sup>.

Durant notre stage de mise en situation professionnel, nous avons constaté que les bureaux d'études et d'architecture se trouvent confrontés à une difficulté, celle d'intégrer les exigences des DTR précitées dans la conception des bâtiments.

Dans ce sens, il est à noter qu'en 2012, suite à la volonté de la banque d'Algérie à construire le nouveau siège d'une banque régionale à Batna en intégrant les mesures d'efficacité énergétique. Une collaboration sous la direction de l'APRUE a été créée, composé d'experts nationaux (Centre de Développement des Energies Renouvelables CDER, Centre National d'Etudes et de Recherches Intégrées du Bâtiment CNERIB) et d'experts internationaux de la coopération allemande au développement (GIZ). Où des outils d'évaluation et d'aide à la conception ont été développés<sup>115</sup> :

1. **Un guide sur les constructions éco énergétiques en Algérie** pour permettre aux professionnels du secteur à s'approprier les rudiments nécessaires à la prise en compte de l'efficacité énergétique dans la conception des projets de construction , appliquer les règlements thermique algériens et pour aider dans l'élaboration de cahier des charges conformes à la réglementation sur l'efficacité énergétique<sup>116</sup>.

2. **Un système d'évaluation de l'efficacité énergétique** qui servira de référence dans l'élaboration des cahiers des charges pour des projets de constructions devant intégrer les mesures d'efficacité énergétique . Ce système est basé sur un ensemble de 14 critères, tenant compte des aspects architecturaux, techniques, économiques, et environnementaux<sup>117</sup>.

3. **Un logiciel de calcul thermique baptisé CT BAT** (calcul thermique dans le bâtiment) spécifique à l'Algérie. Qui facilite l'intégration des exigences de la réglementation thermique algérienne (DTR C3-2 et DTR C3-4)<sup>118</sup>.

---

<sup>114</sup> *Guide pour une construction éco énergétique en Algérie*, APRUE et GIZ, 2014, p99.

<sup>115</sup> <http://www.medafco.org/article/18/11/2015/un-logiciel-qui-va-revolutionner-1%E2%80%99habitat-en-algerie-des-constructions-eco-energetiques-c%E2%80%99est-desor>

<sup>116</sup> Idem

<sup>117</sup> Idem

<sup>118</sup> Idem

### **Le chapitre 3 : Le contexte de la réglementation thermique dans le bâtiment**

---

L'équipe du CDER suite à son expérience acquise dans le cadre du premier projet (Banque régionale de Batna) a développé une application baptisée RETA (Réglementation Thermique Algérienne). Désormais ce nouveau logiciel offre la possibilité de concevoir des constructions éco énergétiques, respectueuses de l'environnement et peu consommatrices d'énergie<sup>119</sup>.

#### ***Le logiciel RETA (Réglementation Thermique Algérienne)***

C'est un logiciel libre d'accès qui se présente sous forme d'interface graphique accessible via l'adresse web (<http://reta.cder.dz>), c'est un outil d'aide pour les intervenants dans le domaine de la construction<sup>120</sup>.

RETA développe un code de calcul, qui permet d'intégrer les exigences de la réglementation thermique algérienne (DTR C3-2 et C3-4), il permet de décrire les différents composants d'un bâtiment et d'effectuer aussi les calculs thermiques nécessaires afin de faciliter l'application et la vérification de la réglementation thermique<sup>121</sup>.

L'application RETA sert à éviter les lourds formules liées à la thermique de bâtiment, pouvant engendrer à la fois des erreurs de calcul et une perte de temps. Elle offre aussi la possibilité de dimensionner un système de chauffage et de climatisation, conformément aux exigences de confort thermique intérieur<sup>122</sup>.

---

<sup>119</sup> <http://www.medafco.org/article/18/11/2015/un-logiciel-qui-va-revolutionner-1%E2%80%99habitat-en-algerie-des-constructions-eco-energetiques-c%E2%80%99est-desor>

<sup>120</sup> <http://portail.cder.dz/spip.php?article4969>

<sup>121</sup> Idem

<sup>122</sup> Idem

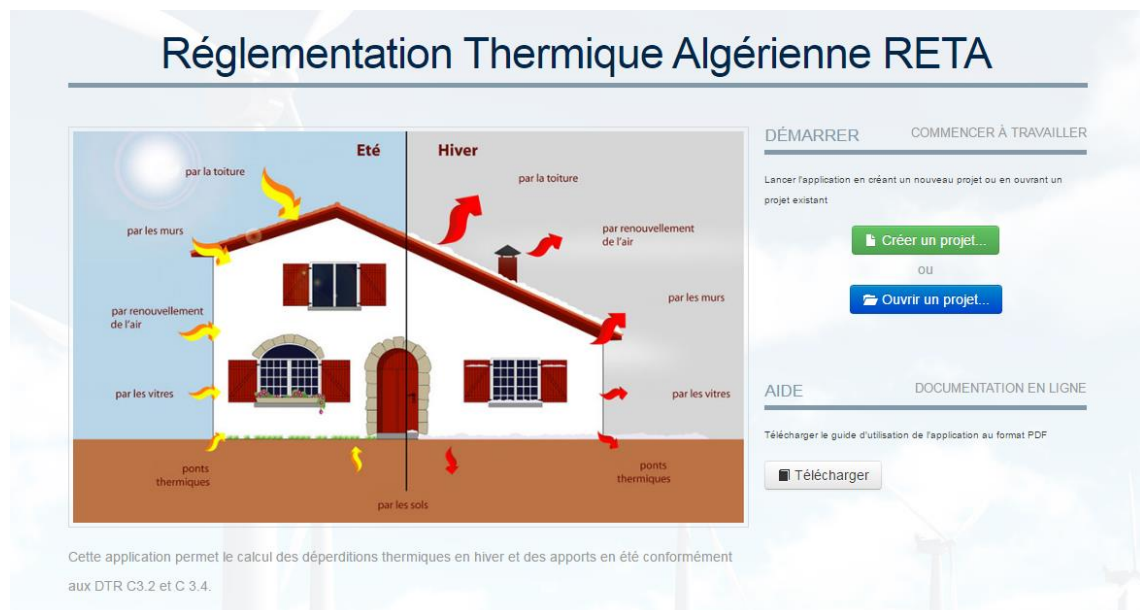


Figure 16: Page d'accueil de l'application

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

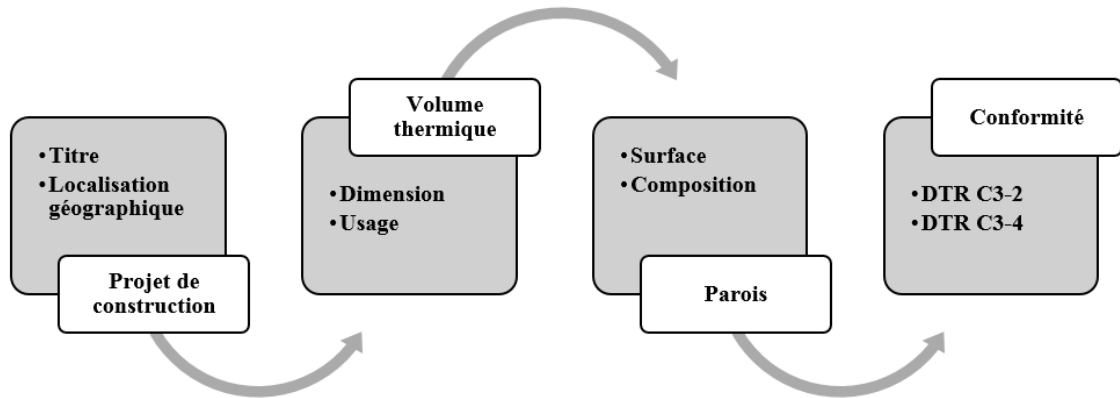
*Les étapes d'analyse d'un projet à travers le logiciel RETA* : nous pouvons résumer ces étapes en deux grandes étapes :

### **Étape 1 : Introduction des données**

- Données relatives au projet (Localisation géographique, Description)
- Données relatives à l'enveloppe du bâtiment (volume, usage du bâtiment, conditions de confort interne)
- Définition des parois opaques et vitrées (surface nette, orienta-ton, composition, etc.)
- Description du dispositif de renouvellement d'air et de chauffage.

### **Étape 2 : Calcul et récupération des résultats**

L'application offre la possibilité de générer un rapport détaillé. Le rapport affiche une synthèse des différentes valeurs et les résultats de la vérification réglementaire.

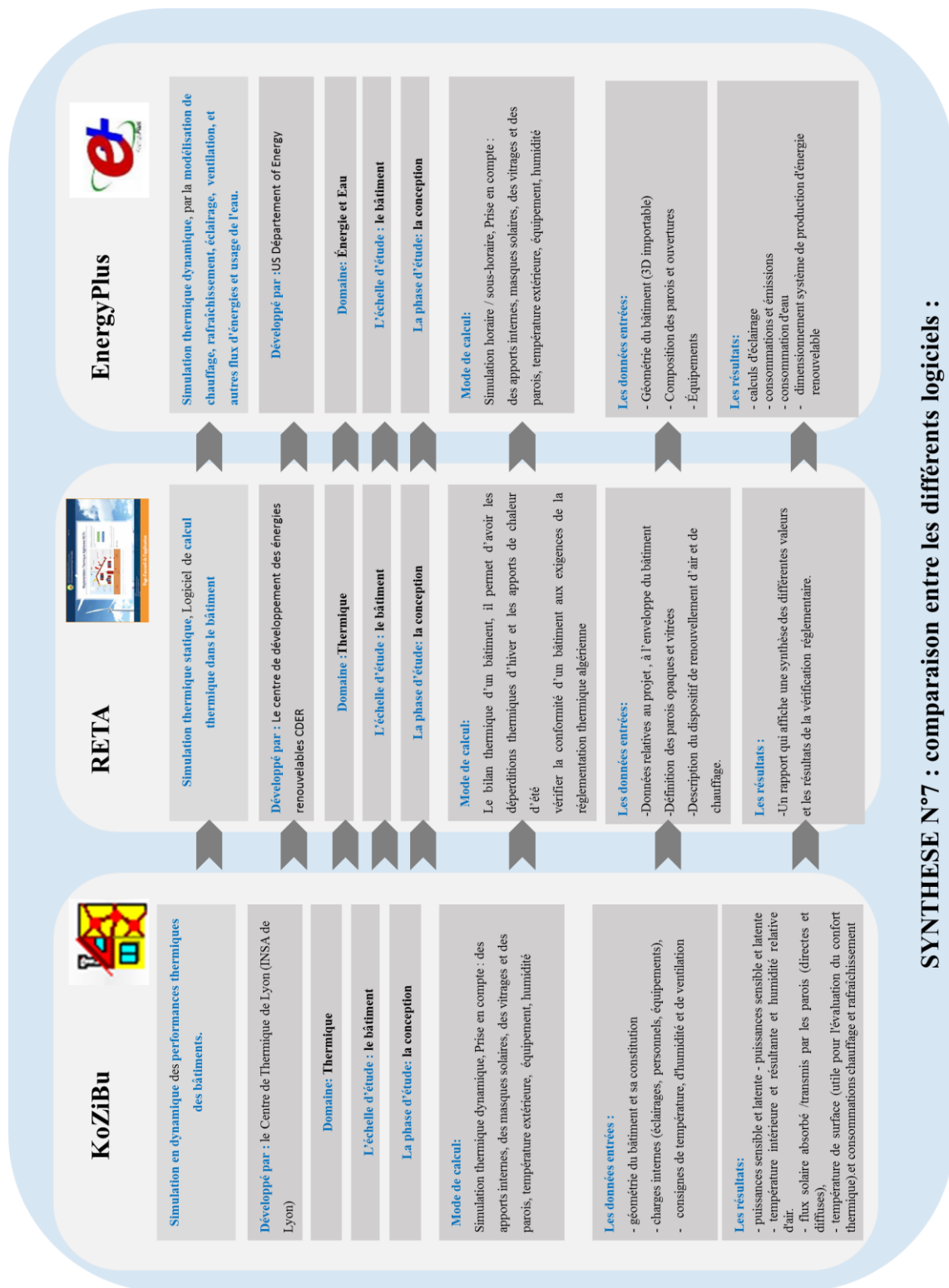


**Figure 17:** Structure et étapes de calcul

**Source :** l'auteur

**Remarque :** Parmi ses points forts, on retrouve, la possibilité de vérifier la conformité d'un bâtiment vis-à-vis de la réglementation thermique algérienne, sans avoir recours aux logiciels étrangers qui ne répondent pas exactement aux prescriptions de la réglementation nationale. Ces résultats s'approchent bien de la réalité, parce que la température intérieure en hiver est relativement stable. Bien qu'il reste incomplet sans la possibilité de modéliser le bâtiment, et le manque de calcul hivernal pour le bâtiment à usage autre qu'habitation.

Synthèse n°7 : comparaison entre les différents logiciels :



SYNTHESE N°7 : comparaison entre les différents logiciels :

Source : l'auteur

### **5. Conclusion**

Ce chapitre, nous a permis de proclamer l'importance de notre réglementation thermique en vigueur. Mais qui n'as malheureusement pas pu être mise en place à cause de manque des outils adéquats qui permettent son application avant la création de logiciel RETA.

Les logiciels de simulation thermique statique ou dynamique, permettent l'évaluation de confort thermique de bâtiment, dans certaines conditions extérieures, ces logiciels intéressent en particulier les architectes, au stade de la conception du bâtiment (choix de l'orientation, les surfaces vitrés et opaques, les protections solaires ...) d'où la simulation thermique représente un instrument incontournable.

D'après les nouvelles recherches, et dans l'objectif de mettre en application la réglementation thermique algérienne, un logiciel de calcul thermique algérienne RETA à la disposition des architectes a été créé, comparable au logiciels thermiques étranger, qui permet la vérification à la conformité vis-à-vis aux normes thermiques national décrites dans le DTR C3-2 et le DTR C3-4 ; en fonction des apports et des déperditions calorifiques.

RETA développe un code de calcul, et permet d'introduire plusieurs enveloppes avec les caractéristiques et les composantes de leurs parois, son intérêt se présente dans le faite qu'il permet d'éviter les lourds formules liées à la thermique de bâtiment, en offrant aussi la possibilité de dimensionner le chauffage et la climatisation conformément aux exigences de confort thermique intérieur.

Ce logiciel va faire l'objet de notre étude expérimentale, avec lequel nous allons simuler notre étude de cas.

**CHAPITRE 4 : VERIFICATION DE LA CONFORMITE DE  
BATIMENT TERTIAIRE « SPA ALLIANCE  
ASSURANCE »**

---

## **1. Introduction**

En Algérie, la loi aborde quelques notions relatives à l'économie des énergies. Dont la réglementation thermique Algérienne a mis en place un outil d'aide, sous forme de logiciel de calcul thermique RETA, qui permet d'évaluer la conformité vis à vis de cette dernière.

Dans ce chapitre nous proposons la vérification de la conformité de bâtiment tertiaire SPA Alliance Assurance « siège social » en cours de réalisation, dans le but d'améliorer la qualité de son confort thermique. Pour cela nous allons simuler l'enveloppe « bureaux » représentatif de ce dernier.

## **2. Le choix de l'étude de cas et de logiciel de simulation :**

**2.1 Le choix de bâtiment tertiaire « SPA Alliance Assurance »** tient à plusieurs raisons :

- Le fait qu'il soit en cours de réalisation offre l'avantage d'apporter des recommandations architecturales, au cas où ce dernier n'est pas conforme.
- En Algérie, le confort dans le secteur des bâtiments tertiaires constitue un enjeu important, vu son impact sur le bien être des occupants ainsi que sur la consommation énergétique du pays.
- Signaler la nécessité de compléter la réglementation thermique algérienne, puis le logiciel RETA pour le calcul d'hiver des bâtiments à usage autre qu'habitation.

**2.2 Le choix de logiciel de simulation thermique RETA** tient à plusieurs raisons :

- RETA, c'est un logiciel interactif intégrant les méthodes de calculs sur la base des normes algériennes décrites dans les DTR C3-2 et C3-4. Tandis que les logiciels de calcul thermique utilisés dans d'autres pays ne répondent pas exactement aux prescriptions de la réglementation nationale, vu que les méthodes de calculs et les bases de données utilisées sont, parfois, différentes<sup>123</sup>.
- Cette application présente une interface intuitive et ergonomique, qui permet de décrire les différentes composantes de notre étude de cas, et effectue ces calculs thermiques nécessaires, afin de vérifier la conformité du bâtiment.

---

<sup>123</sup> Guide pour une construction éco énergétique en Algérie, APRUE et GIZ, 2014, p149.

## Chapitre 4 : Vérification de la conformité de bâtiment tertiaire « siège social SPA Alliance Assurance »

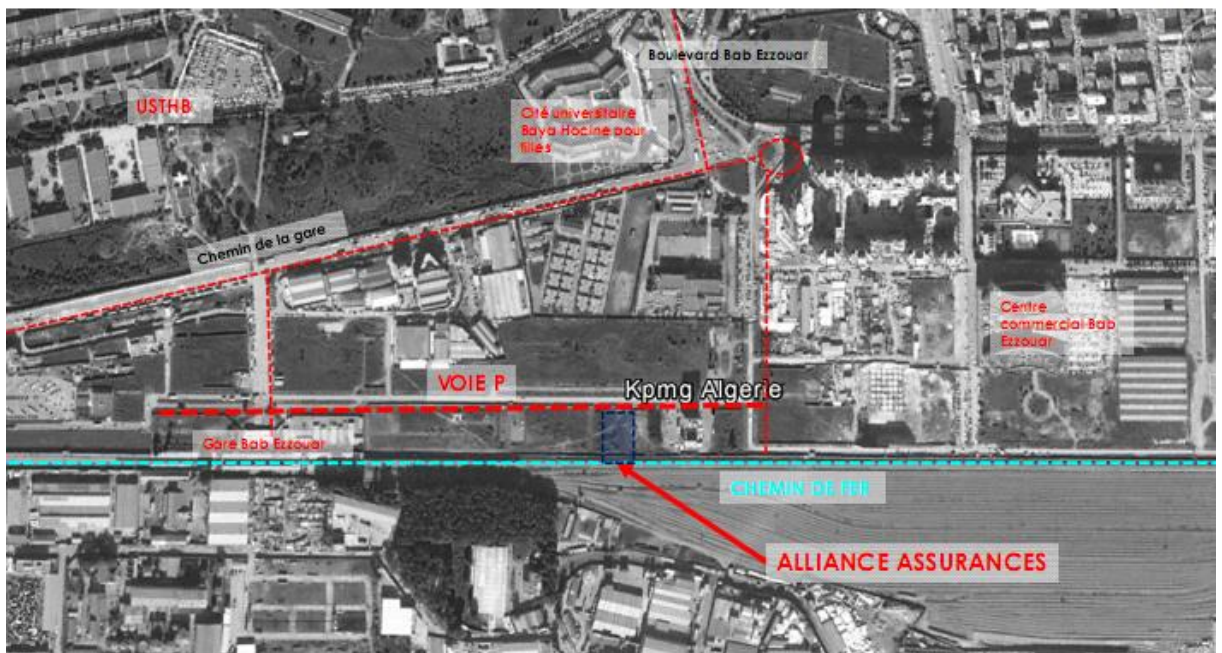
- le faite que nous sommes complètement déchargés des calculs thermiques nécessaires aux vérifications réglementaires. Nous devons uniquement veiller à bien décrire les composantes de projet suivant la structure de données intuitive.

### 3. Présentation de l'étude de cas SPA Alliance Assurance

#### 3.1 Localisation du projet

Le projet est situé dans le nouveau quartier d'affaires d'Alger sis à Bab Ezzouar, il est destiné à recevoir des équipements administratifs et hôteliers de standing.

Le projet se trouve à la lisière du chemin de fer, occupant une parcelle d'une surface de 1603m<sup>2</sup> sur une longueur de façade de 25m et une profondeur de 64m, Il est desservi par la voie publique. (Voir fig.18)



**Figure 18 :** La situation dans le quartier d'affaire de bâtiment siège social alliance assurance

**Source :** notice descriptive avant-projet sommaire, Réf : ALL-APS-Studio-a\_MLM-Notice-Architecture-00, page4, Mars2016.

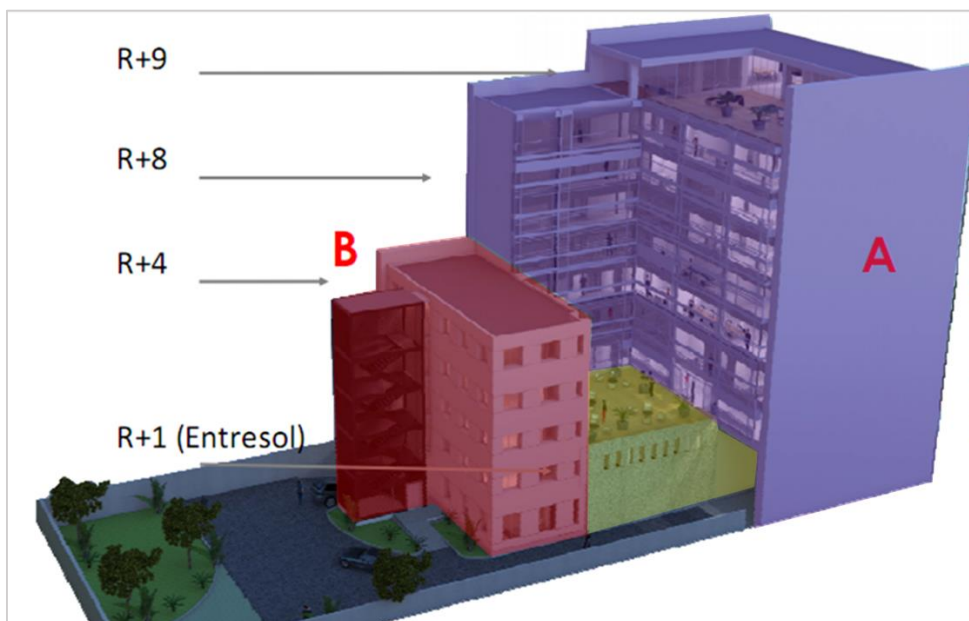
**Remarque :** Le projet est conçu en respectant les règles d'urbanisme dont l'accessibilité répond aux règles de desserte, de sécurité routière, de défense contre l'incendie, de protection civile..., et nous rajoutons aussi que ce bâtiment est en alignement avec la voie publique sans aucun volume en saillie, sa hauteur et sa surface d'emprise au sol ne dépasse pas la limite fixée par le COS et le CES.

### **3.2 Description du projet**

Architecturalement, le bâtiment est composé de deux volumes de hauteurs différentes reliés et articulés par un autre volume (voir fig.19). Il consiste en un bâtiment principal A en R+9 (hauteur 31,08 m), et un bâtiment annexe B en R+4 (hauteur 15,40 m) reliés par un bloc en R+8 (27.945m) posé sur un socle en R+1 (hauteur 6m), avec 4 sous-sols.

- Les sous-sols sont d'usage parking considéré en tant que locaux non conditionnés (non chauffés et non climatisés).
- Le socle représente la partie recevant du public « Accueil »
- Le bâtiment A accueille la direction d'Alliance Assurances « les bureaux »
- Le bloc faisant office de liaison comporte toutes les commodités et les locaux techniques nécessaires au fonctionnement de l'immeuble.
- Le dernier niveau N+8 est un étage particulier accueillant l'appartement d'astreinte du PDG d'Alliance Assurances.
- Deux terrasses accessibles sont prévues dans le projet (l'une située au N+2 commune, et une terrasse au N+8 pour le PDG uniquement). ainsi qu'une terrasse technique cachée, regroupant principalement tous les organes techniques nécessaires à la ventilation, la climatisation.

Voir les annexes «dossier graphique de SPA Alliance Assurance » page 92



**Figure 19:** Les caractéristiques volumétriques de bâtiment

**Source :** notice descriptive avant-projet sommaire, Réf : ALL-APS-Studio-a\_MLM-Notice-Architecture-00, page4, Mars2016, traité par l'auteur

### 3.3 La décomposition de l'enveloppe de bâtiment

Une enveloppe ou un volume thermique est définie dans le DTR 3-2 au Chapitre 2 (§1.2 à la page 14) comme suit : «*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*»<sup>124</sup>.

Ce bâtiment peut se décomposer en deux enveloppes de fonction différentes, l'enveloppe « DE RDC jusqu'à N+7 » d'usage bureaux, et le dernier niveau N+8 c'est un appartement d'astreint d'usage habitation comme une seconde enveloppe (Voir fig. 20).

Le bâtiment est en mitoyenneté sur la façade Est et Ouest (parois opaques), tandis que les façades Sud et Nord présentent des parois opaques, vitrées et des portes. (Voir les annexes)

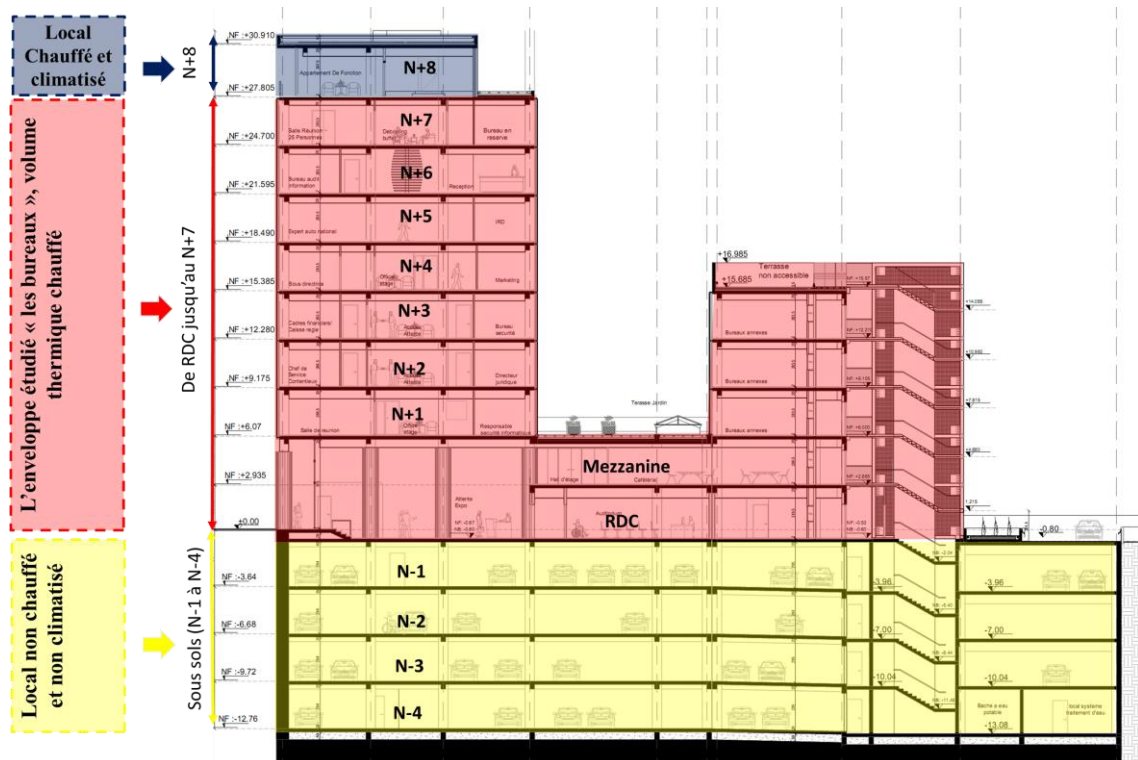


Figure 20: Coupe explicatif des enveloppes de bâtiment étudié  
Source : le cabinet d'architecture studio A et MLM traité par l'auteur

<sup>124</sup> CNERIB, document technique règlementaire, «Règlement Thermique des Bâtiments d'Habitation - Règles de Calcul des Déperditions Calorifiques'', DTR C3-2', Fascicule 1, Centre National d'Etude et de Recherche Intégrées du bâtiment CNERIB, Alger, 1998.

## Chapitre 4 : Vérification de la conformité de bâtiment tertiaire « siège social SPA Alliance Assurance »

Dans notre recherche, on se focalise sur le bâtiment tertiaire, donc notre simulation consiste à étudier l'enveloppe des bureaux uniquement de RCD jusqu' au N+7, cette enveloppe peut se décomposer comme nous le montrons dans le tableau n°4.

Les parois de l'enveloppe « bureaux »				
Type de paroi		Le modèle de composition	Le contact	
Parois opaques	Le plancher Bas		dalle pleine	Contact avec local non chauffé et non climatisé ( les parking)
	La toiture	Terrasse accessible	Dalle pleine avec étanchéité	Contact avec l'extérieur
		Terrasse non accessible		
		plancher Haut	Dalle pleine	
	Parois verticales	Murs creux	Mur en maçonnerie revêtus d'enduit	Contact avec l'extérieur
		Murs creux	Mur en maçonnerie revêtus de pierre opus incertum	
Murs pleins		Mur en béton (voiles)		
Parois vitrées	Murs Rideaux		double vitrage	Contact avec l'extérieur
	Fenêtres	Verticale	double vitrage	
		Horizontale		
Portes	Portes opaques		PVC	Contact avec l'extérieur

Tableau 4: La décomposition de l'enveloppe de bâtiment étudié

Source : l'auteur

### 4. La simulation thermique à l'aide de logiciel RETA

#### 4.1 Conditions générales de la simulation

Les résultats dont on peut tenir compte sont uniquement ceux de calcul d'été « les apports calorifique », parce que le logiciel RETA effectue le calcul d'hiver uniquement pour les bâtiments à usage d'habitation. À cause du manque que nous avons déjà signalé dans le chapitre précédent (voir page 53).

## 4.2 Présentation des données introduites

### a/ Création de projet

Le projet représente l'entité de base qui sert de socle pour contenir toutes les informations, toutes les descriptions et tous les calculs relatifs à une vérification réglementaire de ce dernier. Ce logiciel nous permet de créer puis de gérer notre projet. (Voir fig.21)

Dans l'onglet « Données techniques », nous avons donné un titre au projet puis nous avons renseigné ces données géographiques : altitude, latitude, le type de site d'implantation et la commune d'implantation du projet.

Données techniques | Description

Titre du projet : siège social "immeuble de bureaux" ✓

Altitude (m) : 20 ✓

Latitude en ° : 36.5 ✓

Site d'implantation : Rase campagne, aéroport ; ✓

Classe de rugosité : Classe II  
Coef. de limpidité de l'atmosphère : 1

Wilaya : 16 - Alger ✓

Zones Climatiques : Été : A, Hiver : A

Groupes de communes : Sélectionner, parmi ces groupes la commune d'implantation du projet : Toutes les communes ✓

Figure 21: Icône nouveau projet

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

**Remarque :** RETA indique d'après ces données la zone climatique d'été et d'hiver pour le projet, qui est dans notre cas la Zone A

### b/ Description de projet

Dans l'autre onglet «Description» : nous avons défini d'avantage le projet en lui donnant une description succincte. (figure22)

Données techniques | Description

Description résumée du projet

Le projet est situé dans le nouveau quartier d'affaires d'Alger sis à BabEzzouar qui est destiné à recevoir des équipements administratifs et hôteliers de standing. , il occupe une parcelle d'une surface de 1603m²

Localisation : BAB EZZOUAR

Date : 21-12-2016

Auteur : BOUZIDI Zahoua

Figure 22: Icône nouveau projet

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

### *c/ Introduire l'enveloppe*

après avoir créer notre projet, nous avons décrit l'enveloppe du bâtiment . Le choix pour le calcul d'hiver est obligatoire meme si on ne le prend pas en considération dans les résultats.

Nous précisons que notre enveloppe « bureau » est d'un air homogène en température, avec des conditions de confort amélioré, dont le fonctionnement des installations de climatisation est de l'ordre de 12heures par jours ( cette valeur est fixé pour les bâtiment de type bureau selon le manuel d'utilisation de RETA dans le cas d'absence de cette information). ( voir fig.23)

**Remarque :** lorsque on introduit notre enveloppe, le volume d'air net est calculer à 80% de volume brut de l'enveloppe, et les planchers intermédiaires sont considéré en tant que parois internes ignorées.

Nouvelle enveloppe			
<b>Général</b>			
Nom de l'enveloppe	bureaux ✓	Surface des planchers intermédiaires (m2)	3490.531 ✓
Volume brut (m3)	16637.77 ✓	Volume d'air net (m3)	13310.216 ✓
<b>Calcul Hiver</b>			
Type de l'enveloppe	Immeuble collectif ✓		
<b>Calcul été</b>			
Usage de l'enveloppe	Bureaux ✓	Temps de fonctionnement (climatisation)	12 Heures ✓
Conditions internes	Confort Amélioré (24°) ✓	<input type="checkbox"/> Gains latents importants ?	

Figure 23: Créer une enveloppe « bureaux »

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

### *d/ Introduire les parois*

Les parois représentent les composantes les plus riches et complexes à décrire, elles se varient entre parois opaques vitrées et portes, elles sont identifiées par leurs titres.

## Chapitre 4 : Vérification de la conformité de bâtiment tertiaire « siège social SPA Alliance Assurance »

**d-1 Les parois opaques** : elles peuvent être verticales dans le cas des façades, ou horizontales pour le cas des planchers et de toitures. Elles sont caractérisées par leur composition en couches de matériaux.

**Le cas de plancher bas** : nous avons défini les caractéristiques générales de la paroi à savoir sa surface, son orientation, son type, son inclinaison et son contact (voir fig.24), dont le contact de cette paroi est avec les sous-sols d'usage parking considéré en tant que des locaux non conditionnés (non chauffés et non climatisés) (voir fig.25).

**Nouvelle paroi**

Nom de la paroi	Surface (m <sup>2</sup> )	Inclinaison
plancher bas ✓	592.83 ✓	Plancher ✓
Orientation	Type	Contact
Horizontal ✓	Opaque ✓	Local non chauffé et non clim ✓

Ajouter Annuler

Figure 24: Icône nouvelle paroi « plancher bas »

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

**Définir le local adjacent non chauffé et non climatisé**

**Définition pour calcul été**

Cas: Cas 1 ✓

Masse rapportée < 150 Kg/m<sup>2</sup>

Locaux à apports de chaleur interne négligeable tels que les combles non habitables faiblement ou très faiblement ventilés, les vides sanitaires faiblement ou très faiblement ventilés, et les circulations

**Définition pour calcul hiver**

Cas: Sous-sols ✓

Détails: Garage collectif avec R >= 0.2 ✓

Le local non chauffé est constitué par un sous-sol dont la surface est la même que celle du niveau chauffé en dessous duquel il se trouve. Les parois du sous-sol en contact avec l'extérieur, ou avec le sol, n'ont pas d'isolation particulière. R désigne le Rapport de la surface des parois extérieures du local non chauffé, parois enterrées non comprises, à la surface du plancher haut du sous-sol.

Figure 25: Icône définir le local adjacent non chauffé et non climatisé

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

## Chapitre 4 : Vérification de la conformité de bâtiment tertiaire « siège social SPA Alliance Assurance »

Puis nous avons choisi la composition de plancher de type dalle pleine, qui constitue en des couches selon les types des matériaux avec leurs épaisseurs, ordonnés de l'extérieur vers l'intérieur. (Voir fig.26), cette étape se fait après avoir créé le modèle de la paroi (sa composition), vu que RETA ne propose que deux type de modèles courants (plancher terrasse et mur extérieur).

Matériau de l'extérieur vers l'intérieur	Ep. e	Rés. r	M. Sur. P	Cond. A
0 - Plâtre courant d'enduit intérieur	0,02 m	0,0571 (m <sup>2</sup> . °C)/W	15,0000	0,3500 W/m.°C
1 - Béton plein	0,18 m	0,1029 (m <sup>2</sup> . °C)/W	396,0000	1,7500 W/m.°C
2 - Sable sec	0,02 m	0,0333 (m <sup>2</sup> . °C)/W	26,0000	0,6000 W/m.°C
3 - Carreaux de mosaïque de marbre dit « granito »	0,02 m	0,0095 (m <sup>2</sup> . °C)/W	44,0000	2,1000 W/m.°C
Total	0,2400 m	0,2029 (m <sup>2</sup> . °C)/W	481,0000	

Figure 26: La composition de la paroi « plancher dalle pleine »

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

**Le cas de toiture terrasse :** nous avons défini de la même manière que le plancher, les caractéristiques de la paroi mais son contact est avec l'extérieur (comme dans la figure 24), puis sa composition (un autre modèle a été créé pour cette paroi « plancher terrasse »), et son coefficient d'absorption (**figure 27**)

**Remarque :** le coefficient d'absorption est choisi en fonction de la couleur de la paroi ou en fonction de son matériau de revêtement extérieur, il est à noter que ce coefficient n'est pas demandé pour les parois orientées Nord.

terasse accessible 1 Menu Paroi ▾

Détails Composition

**Composition (plancher terrasse - Commun)** Sélectionner un Modèle

Matériau de l'extérieur vers l'intérieur	Ep. e	Rés. r	M. Sur. P	Cond. A
Facteur d'absorption $\alpha$ : 0,90 (couleur sombre) <span style="float: right;">✎</span>				
0 - Carreaux de mosaïque de marbre dit « granito »	0,02 m	0,0095 (m <sup>2</sup> . °C)/W	44,0000	2,1000 W/m.°C
1 - Sable sec	0,02 m	0,0333 (m <sup>2</sup> . °C)/W	26,0000	0,6000 W/m.°C
3 - Béton plein	0,05 m	0,0286 (m <sup>2</sup> . °C)/W	110,0000	1,7500 W/m.°C
4 - Cartons feutres et chapes ouples imprégnées	0,00 m	0,0174 (m <sup>2</sup> . °C)/W	4,0000	0,2300 W/m.°C
5 - Mousse de polyuréthane	0,07 m	2,0588 (m <sup>2</sup> . °C)/W	2,8000	0,0340 W/m.°C
5 - Béton plein	0,18 m	0,1029 (m <sup>2</sup> . °C)/W	396,0000	1,7500 W/m.°C
6 - Plâtre courant d'enduit intérieur	0,02 m	0,0571 (m <sup>2</sup> . °C)/W	15,0000	0,3500 W/m.°C
Total	0,3640 m	2,3076 (m <sup>2</sup> . °C)/W	597,8000	

**Figure 27:** La composition de la paroi « plancher terrasse»

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

**Le cas de la paroi verticale :** C'est la même procédure avec le plancher bas, la différence dans ce cas, est qu'on n'a pas besoin d'introduire le local adjacent, parce que les parois sont en contact avec l'extérieur, donc nous devons introduire uniquement ses caractéristiques (comme dans la figure24), sa composition (comme dans la figure27) et son coefficient d'absorption vu que son contact est avec l'extérieur.

**Remarque :** La composition de ce type de paroi est constituée en trois modèles, le modèle de composition de Mur en béton pour les murs en béton, le modèle de Mur en maçonnerie pour les murs en maçonnerie revêtu d'enduit et le modèle Mur en maçonnerie revêtus de pierre opus incertum pour le cas de murs en maçonnerie revêtus de pierre opus incertum

## Chapitre 4 : Vérification de la conformité de bâtiment tertiaire « siège social SPA Alliance Assurance »

**d-2 Les parois vitrées :** Nous définissons d'abord de la même manière avec les parois opaques, l'ensemble des caractéristiques des parois dont le type va être (parois vitrées) Les différents aspects de la paroi vitrée peuvent être décrits dans l'onglet «Composition». Il s'agit de : la composition, la protection hiver, la protection été et la surfaces vitrées et ensoleillées.

**Remarque :** dans les parois vitrées on n'a pas besoin de créer des modèles, il suffit de choisir la composition de son vitrage, il est à noter que RETA offre une bibliothèque de matériaux avec la possibilité d'ajouter d'autre au cas où le manque d'un matériau que nous avons besoin.

**Le cas de mur rideau Nord :** nous avons défini de la même manière que les autres parois, les caractéristiques de la paroi (Voir fig.29), puis sa composition (Voir fig.30) et la protection de vitrage en hiver uniquement parce que la paroi est orientée Nord.

Nom de la paroi	Surface (m <sup>2</sup> )	Inclinaison
paroi Nord 2 mur rideai ✓	107.1 ✓	Verticale ✓
Orientation	Type	Contact
N ✓	Vitrée ✓	Extérieur ✓

**Figure 28:** Icône nouvelle paroi « paroi Nord 2 mur rideau »  
Source : <http://reta.cder.dz/>

Surface vitrée (m <sup>2</sup> )	74.97 ✓
Hauteur moyenne du sol (m)	6.0 ✓
Menuiserie	Métal ✓
Type de vitrage	Vitrage Double ✓
Epaisseur lame d'air	5 à 7 ✓

**Figure 29:** Icône définir la composition du vitrage  
source : <http://reta.cder.dz/>

## Chapitre 4 : Vérification de la conformité de bâtiment tertiaire « siège social SPA Alliance Assurance »

**Remarque :** nous signalons que le logiciel considère la surface vitré de 70% de la surface de la paroi, et concernant les protections d'hiver on les a introduites, mais leur intérêt dans notre cas n'a pas d'importance vu qu'on a que le calcul d'été qui est valable.

**Cas des fenêtres :** nous avons défini de la même manière que les autres parois, les caractéristiques de la paroi, la composition de son vitrage, la protection de vitrage en hiver, la protection de vitrage en été (figure 30) et la surface ensoleillé (figure31).

**Définir la protection du vitrage en été**

**Vitrage Double**

Vitrage interne: Glace claire ordinaire (6.0 mm) ✓

Vitrage externe: Glace réfléchissante claire (6.0 mm) ✓

Laine d'air: 6.0 mm ✓

**Protection interne**

Type de protection: Choisissez une valeur : ✓

Teinte: Choisissez une valeur : ✓

**Protection externe**

Type de protection: Choisissez une valeur : ✓

Teinte: Choisissez une valeur : ✓

**Protection entre vitrage**

Type de protection: Choisissez une valeur : ✓

Teinte: Choisissez une valeur : ✓

**Figure 30:** Icône définir la protection du vitrage en été

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

**Surface ensoleillée**

Surface vitrée : 3.185 m<sup>2</sup>

C (m): 0.25 ✓

D (m): 0.25 ✓

H sans le cadre (m): 1.2 ✓

F (m): 0.0 ✓

B sans le cadre (m): 1.4 ✓

b (m): 0.0 ✓

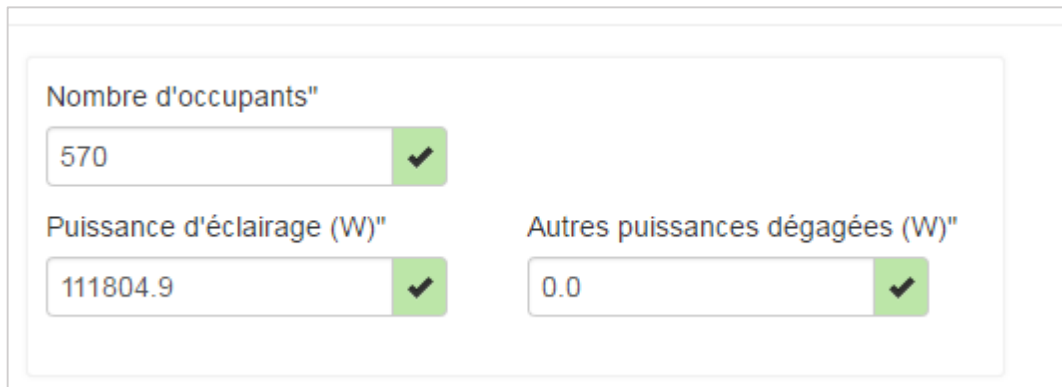
**Figure 31:** Icône surface ensoleillée

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

*e/ la climatisation :* pour notre cas il est possible uniquement de dimensionner la climatisation, donc nous avons introduit le nombre d'occupants « capacité d'accueil de

## Chapitre 4 : Vérification de la conformité de bâtiment tertiaire « siège social SPA Alliance Assurance »

l'enveloppe étudiée », en rajoutant la puissance d'éclairage calculé pour l'enveloppe étudiée ( voir fig.32).



Nombre d'occupants" : 570 ✓

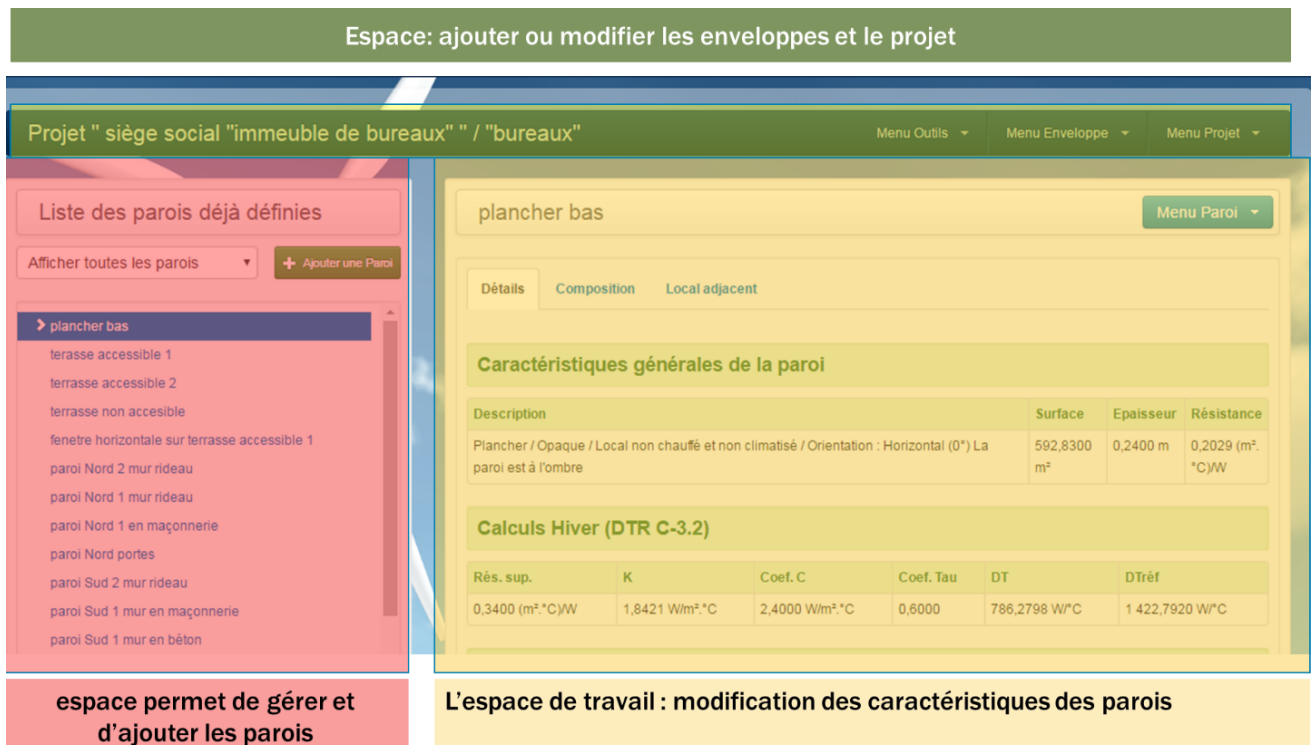
Puissance d'éclairage (W)" : 111804.9 ✓

Autres puissances dégagées (W)" : 0.0 ✓

Figure 32 : Icône de la climatisation

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

Nous avons poursuivi l'introduction de toutes les parois avec cette procédure, RETA permet la modification à chaque instant des données entrées sauf les données de l'enveloppe, une fois elle est créée, nous ne pouvons pas changer certaines de ces caractéristiques (l'usage d'hiver, et d'été), ainsi qu'il offre la possibilité de dupliquer les parois puis les modifier afin de faciliter la tâche, il est à noter que nous pouvons même dupliquer le projet. (voir



Espace: ajouter ou modifier les enveloppes et le projet

Projet " siège social "immeuble de bureaux" " / "bureaux"

Menu Outils | Menu Enveloppe | Menu Projet

Liste des parois déjà définies

Afficher toutes les parois | + Ajouter une Paroi

plancher bas

terrasse accessible 1

terrasse accessible 2

terrasse non accessible

fenetre horizontale sur terrasse accessible 1

paroi Nord 2 mur rideau

paroi Nord 1 mur rideau

paroi Nord 1 en maçonnerie

paroi Nord portes

paroi Sud 2 mur rideau

paroi Sud 1 mur en maçonnerie

paroi Sud 1 mur en béton

plancher bas

Menu Paroi

Détails | Composition | Local adjacent

Caractéristiques générales de la paroi

Description	Surface	Epaisseur	Résistance
Plancher / Opaque / Local non chauffé et non climatisé / Orientation : Horizontal (0°) La paroi est à l'ombre	592,8300 m <sup>2</sup>	0,2400 m	0,2029 (m <sup>2</sup> .°C)/W

Calculs Hiver (DTR C-3.2)

Rés. sup.	K	Coef. C	Coef. Tau	DT	DTréf
0,3400 (m <sup>2</sup> .°C)/W	1,8421 W/m <sup>2</sup> .°C	2,4000 W/m <sup>2</sup> .°C	0,6000	786,2798 W/°C	1 422,7920 W/°C

espace permet de gérer et d'ajouter les parois

L'espace de travail : modification des caractéristiques des parois

fig.33)

Figure 33: L'espace de travail de RETA

Source : <http://reta.cder.dz/> traité par l'auteur

### 4.3 Présentation des résultats de la simulation

Selon les résultats obtenus, nous constatons que le projet Alliance n'est pas conforme à la réglementation thermique algérienne pour le calcul d'été mais, par contre, le rapport obtenu n'est pas loin de la valeur de la conformité d'un rapport de 1.38. (Voir fig.34)

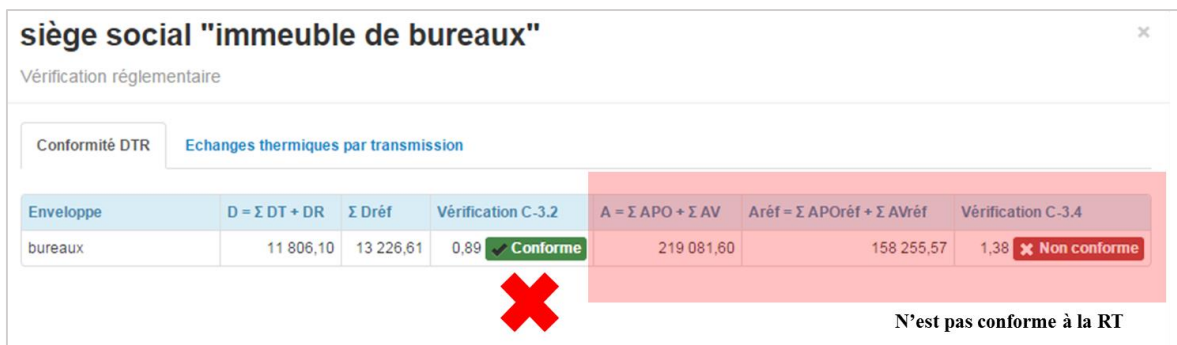


Figure 34: La conformité DTR

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

De plus que les résultats de la conformité, RETA calcul aussi les échanges thermiques par transmission, qu'ont pour objectif de détailler les sommes des déperditions thermiques et des apports calorifiques, incluant les valeurs non prises en compte pour la vérification comme les apports des parois non aériennes. (Voir fig.35)



Figure 35: L'échange thermique par transmission

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

Et enfin le résultat de dimensionnement de la climatisation qui est estimé à 510,22 KW.



Figure 36 : La puissance de climatisation

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

## Chapitre 4 : Vérification de la conformité de bâtiment tertiaire « siège social SPA Alliance Assurance »

### 4.4 Interprétation et discussion des résultats de simulation

L'application RETA permet d'obtenir un rapport détaillé pour l'ensemble des calculs effectués (60 pages « voir l'annexe »), ce rapport nous permet de bien comparer les résultats des différentes parois pour déduire les parois qui ont les valeurs dépassant celles de référence en termes d'apport calorifique uniquement dans notre cas, afin de pouvoir proposer les recommandations nécessaires, puis pour rendre le bâtiment « siège social SPA Alliance Assurance » conforme à la réglementation thermique algérienne.

Dans la section 1 intitulée « Synthèse », le rapport reprend la liste de toutes les parois avec les sommes des échanges thermiques, que nous résumons dans le tableau suivant :

Les apports total/ les parois		Les apports totaux de référence (W)	Les apports totaux calculés (W)	Comparaison	Problème	Solution
Parois opaques	Toiture	34 1888,30	73 960,55	Les apports calculés sont supérieur à ceux de référence	Ce problème est posé à cause de contact de Plancher Haut avec local non conditionné ( l'appartement » qui est en réalité chauffé et climatisé mais RETA n'offre pas la possibilité de ce type de contact.	À ne pas agir.
	Plancher Bas	6 402,56	11 129,76		c'est le point à agir le plus vu l'importance des apports enregistrés à cause de son contact avec un local non conditionné (parking) sans isolation.	Obligation de mettre un isolant de type minérale tel que (mousse de polyuréthane) au dessous de la dalle pleine vu que la hauteur sous plafond des parking est suffisante.
	Murs	17 292,4	49 815,08		Les apports de ces parois sont importants à cause de l'absence d'un matériau isolant.	Remplacer la lame d'air par un isolant thermique « polystyrène expansé »
	Portes	40,68	66,35		À cause de type revient au type de menuiserie adopté.	A ne pas agir.
Parois vitrés		124 067,27	145 121,05		Reviens à l'absence de protection solaire en été mais aussi RETA n'offre pas la possibilité d'introduire tous les caractéristiques des murs rideau qui sont très bien réfléchit en terme d'isolation et d'orientation.	Au cas ou les dispositions précédents ne suffit pas pour obtenir la conformité nous rajoutons des protections d'été.

Tableau 5: Interprétation des résultats de la simulation

Source : l'auteur

## **Chapitre 4 : Vérification de la conformité de bâtiment tertiaire « siège social SPA Alliance Assurance »**

---

D'après l'analyse de l'ensemble des résultats, nous pouvons constater que le problème majeur qui génère l'inconfort dans le bâtiment c'est les apports calorifiques du plancher bas, à cause de son contact avec le local non conditionné sans isolation thermique.

Les apports des murs opaques verticaux causent aussi l'inconfort de bâtiment, leurs valeurs d'apport calorifique dépassent les apports de référence, ainsi que les parois vitrées qui nécessite un rajout de protections d'été, mais leurs apports ne dépassent pas beaucoup ceux de référence, vu la bonne orientation e projet (les façades en mur rideau sont orienté Nord)

Pour la toiture, son résultat n'est pas valable parce que le calcul est fait à base que son contact avec un local non conditionné, mais en réalité l'appartement du dernier niveau dispose d'un chauffage et d'une climatisation. , il est a noté que RETA n'offre pas la possibilité de contact avec les locaux chauffés.

Dans la deuxième section du rapport, la présentation des détails de caractéristiques thermiques et physiques des parois composant le projet à savoir : les toitures, les murs, les vitrages, les portes et enfin les sols. (Ils se sont présentés sous forme de tableaux et de graphes)

### **4.5 Les recommandations architecturales sur le bâtiment SPA Alliance Assurance**

D'après cette recherche, nous pouvons proposer un certain nombre de recommandations à apporter sur l'enveloppe de bâtiment « SPA Alliance Assurance», pour assurer son confort thermique :

- L'isolation thermique de plancher bas est nécessaire, lorsque il est en contact direct avec un local non conditionné (non chauffé et non climatisé). Nous avons proposé une couche de 8 cm de mousse de polyuréthane.
- L'isolation thermique des murs est aussi nécessaire à cause de l'importance des apports, nous avons remplacé la lame d'air par de polystyrène expansé de 5 cm.
- L'introduction des protections solaires pour les parois vitrées afin de minimiser ses apports est un point qui peut être négligé vu que les apports dépassent légèrement le seuil de référence, grâce à la bonne orientation de bâtiment (les murs rideaux sont orienté Nord) et on peut le justifier par le manque de possibilité d'introduire toutes les caractéristiques des murs rideau utilisé.

## Chapitre 4 : Vérification de la conformité de bâtiment tertiaire « siège social SPA Alliance Assurance »

Pour rendre notre étude de cas conforme aux normes nationales, nous avons simulé une deuxième fois l'enveloppe de bâtiment, en apportant les recommandations déjà cités, dans le but de montrer la possibilité de ce projet d'être conforme en rajoutant ces matériaux. (Voir fig.37)

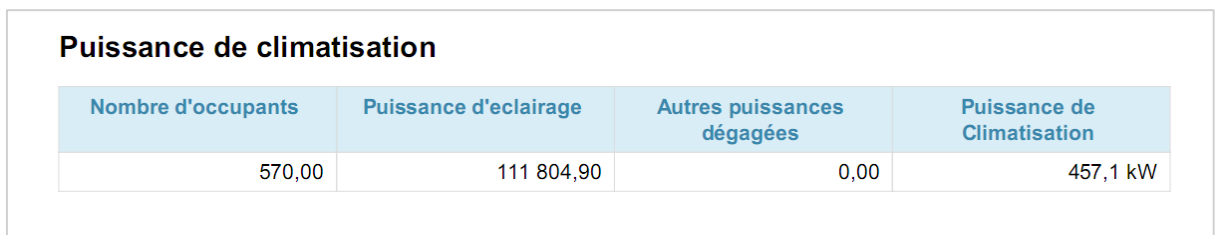


Enveloppe	D = $\Sigma DT + DR$	$\Sigma Dréf$	Vérification C-3.2	A = $\Sigma APO + \Sigma AV$	Aréf = $\Sigma APOréf + \Sigma AVréf$	Vérification C-3.4
bureaux	6 792,32	13 226,61	0,51 <span style="color: green;">✔ Conforme</span>	165 930,15	158 255,57	1,05 <span style="color: green;">✔ Conforme</span>

**Figure 37:** La conformité de SPA Alliance assurance après l'isolation des parois

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

Et nous rajoutons aussi le dimensionnement de chauffage après isolation qui a diminué de 510.22 à une valeur de 457.1 ce qui confirme que le respect de la réglementation thermique induit à la réduction de consommation d'énergie.



Nombre d'occupants	Puissance d'eclairage	Autres puissances dégagées	Puissance de Climatisation
570,00	111 804,90	0,00	457,1 kW

**Figure 38 :** Le dimensionnement de climatisation après l'isolation des parois

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

## 5. Conclusion

L'objectif principal de l'utilisation de l'application RETA est d'établir les différents calculs estival de notre étude de cas « SPA Alliance Assurance » ; conformément à la réglementation thermique algériennes. Cette dernière se trouve décrites dans les DTR, en particulier le DTR C3-4.

Notre simulation consiste en l'introduction de l'enveloppe ou le volume thermique « bureaux », tout en définissant les parois qui la composent de façon à créer un volume fermé.

Les chercheurs ont développé cette application spécifique à l'Algérie RETA qui intègre les exigences des DTR, imposant des caractéristiques d'isolation thermique permettant de répondre à l'une -au moins- des deux conditions ci-après :

#### **Chapitre 4 : Vérification de la conformité de bâtiment tertiaire « siège social SPA Alliance Assurance »**

---

- Les déperditions calorifiques calculées pour la période d'hiver doivent être inférieures à une limite appelée «déperdition de référence» ;
- Les apports calorifiques calculés pour la période d'été doivent être inférieurs à une limite appelée «apport de référence».

Pour notre étude de cas « SPA Alliance Assurance», le calcul est valable uniquement pour le calcul estival pour la raison que nous avons déjà citée.

Cette simulation nous a permis de déduire les points à améliorer dans le bâtiment étudié, qui consiste en l'isolation de plancher bas par une couche de 8cm de polyuréthane, vu son contact avec un local non conditionné, sans aucune isolation thermique, ainsi que le remplacement de la lame d'air des murs opaques par le polystyrène expansé. Grâce à RETA nous avons pu estimer le dimensionnement de climatisation nécessaire pour le bâtiment.

Les informations que nous avons obtenues par la simulation thermique sont donc essentielles, pour permettre aux au maitre d'ouvrage de prendre les bonnes décisions d'investissements.

Enfin, nous concluons que « SPA Alliance Assurance» dépasse les normes conformes à la réglementation thermique algérienne, et pour le rendre conforme, l'optimisation de son enveloppe par le biais de l'isolation thermique de ces parois s'avère la solution la plus pertinente.

## **CONCLUSION GENERALE**

---

### Conclusion générale

Le présent travail a pour objectif, l'étude de l'impact de l'enveloppe architecturale sur le confort thermique d'un bâtiment tertiaire SPA « Alliance Assurance », conditionné par des données météorologiques de la ville d'Alger. Ceci par la vérification de sa conformité relativement aux normes nationales, et de proposer des solutions dans le cas de sa non-conformité.

Notre hypothèse de départ qui porte sur que notre étude de cas est conforme à la réglementation thermique en vigueur n'a pas pu être confirmée, mais nous avons confirmé celle de l'impact de l'enveloppe sur le confort thermique à travers nos investigations bibliographiques ainsi que les résultats de notre 2<sup>ème</sup> simulation après l'isolation des parois.

Dans notre recherche, nous avons essayé d'abord d'expliquer la notion de confort thermique du bâtiment, à savoir ses paramètres, le confort d'hiver et le confort d'été, ses outils de mesures, ainsi que la notion d'isolation thermique.

Puis nous avons étudié la composition de l'enveloppe et ses principes d'isolation, et enfin nous avons étudié les instruments juridiques à savoir la réglementation thermique, et leurs influences sur le processus conceptuel du bâtiment. En étudiant trois contextes différents « France, USA et l'Algérie » et un logiciel de chacun des contextes, deux se basent sur la simulation thermique dynamique et un autre concernant la simulation thermique statique, ce dernier a fait l'objet de notre étude expérimentale pour évaluer le confort thermique de notre étude de cas.

Après avoir effectué notre simulation, nous avons relevé la nécessité d'agir sur l'enveloppe de bâtiment SPA Alliance Assurance pour assurer sa conformité vis-à-vis la réglementation thermique algérienne.

En calculant les apports calorifiques, nous constatons que les apports calorifiques sans isolant sont très élevés par rapport à la valeur des apports calorifiques avec isolant, donc le rajout des isolants thermiques sur les parois de bâtiment surtout sur le plancher bas en contact avec un local non conditionné donne plus d'avantages en termes de confort thermique et diminution de consommation d'énergie

## **Conclusion générale**

---

Bien que cette recherche ait pu atteindre son but, elle comporte néanmoins des faiblesses et des limites, qui sont :

- Une faiblesse relative au fait que le logiciel RETA présente quelques manques ; de ce fait les résultats de la simulation ne sont valables que pour le calcul estival, concernant les apports calorifiques et le dimensionnement des systèmes de climatisation, Mais le calcul hivernal reste toujours inconnu pour notre étude de cas, en termes de déperdition calorifique.
- La documentation sur la réglementation thermique américaine n'est pas très accessible.

### **Perspectives de recherche**

Le champ de la recherche scientifique est tellement large que cette dernière n'est jamais, entièrement achevée. Des questionnements apparaissent au fur et à mesure de l'avancement du travail, d'autres apparaissent avec les conclusions et ouvrent d'autres horizons de recherche.

Il serait éventuellement intéressant dans une autre recherche :

- De simuler le bilan hivernal, par le biais d'un autre logiciel, (nous n'avons pas pu le faire dans notre recherche par contrainte de temps, et à cause aussi de l'objectif de notre thème, qui portera à la vérification de la conformité de notre étude de cas vis-à-vis la réglementation thermique nationale).
- Nous pouvons également élargir le champ d'étude pour englober le bâtiment tertiaire qui lui aussi est très énergivore, en complétant le DTR C 3-2, afin de pouvoir l'intégrer dans le logiciel thermique RETA de point de vue le calcul hivernal.
- Apporter des recommandations sur le logiciel RETA pour améliorer ces faiblesses en rajoutant la possibilité de choisir le contact avec le local conditionné en plus de local non conditionné, ainsi que le rajout de modélisation 3D dans le but de rendre RETA un logiciel dynamique pour plus de précision dans ces calculs.
- Enfin, une dernière piste peut être suivie dans le domaine de l'application de la réglementation thermique, qui portera sur la nécessité d'étudier l'importance de DTR C 3-31 concernant la ventilation pour le confort thermique, afin de le pouvoir intégrer dans le système de calcul de RETA.

## **LES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

---

## Ouvrage

- **BERNSTEIN D et all**, *Anatomie de l'enveloppe des bâtiments, construction et enveloppes lourdes*, édition le Moniteur, paris, 1997.
- **LIEBARD A et DE HERDE A**, *traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique*, ED, le Moniteur, Paris, 2005.
- **Molle, Dimitri, et Pierre-Manuel Patry**. *RT 2012 et RT existant : réglementation thermique et efficacité énergétique*. Paris : Eyrolles, 2013.
- **ASHRAE Handbook fundamental**, « Chapitre 9: Thermal Comfort », Ed Inch Pound., 2009.

## Documents gouvernementaux

- **CNERIB**, Document technique règlementaire des bâtiments d'habitation « DTR. C 3-4, Règles de calcul des apports calorifiques ' Climatisation', Fascicule 2, ISBN : 9961-845-19-6, 2005.
- **CNERIB**, document technique règlementaire, “Règlement Thermique des Bâtiments d’Habitation - Règles de Calcul des Déperditions Calorifiques’”, DTR C3-2’, Fascicule 1, Centre National d’Etude et de Recherche Intégrées du bâtiment CNERIB, Alger, 1998.

## Thèses de doctorat

- **BASSAM M**, *Modélisation dynamique du confort thermique dans les bâtiments naturellement ventilés*, Thèse de doctorat, 2007, Ecole doctorale MEGA.
- **FOURA S**, *Simulation des paramètres du confort thermique d'hiver en Algérie*, Thèse de doctorat, université Mentouri, Constantine, 2008.
- **MOUBAREK YOUSIF MOHAMMED ELAMIN M**, *Contribution à l'évaluation énergétique des bâtiments au nord du Maroc : cas de la ville de Tanger*, THESE DE DOCTORAT, université ABDELMALEK ESSAADI faculté des sciences et techniques TANGER, 2014.
- **SAFER N**, *Modélisation des façades de type double-peau équipées de protections solaires : Approches multi-échelles*, L’Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, thèse de doctorat, 2016, p32.

## Mémoires de magister

- **BENHALILOU K**, *impact de la végétation grimpante sur le confort hygrothermique estival du bâtiment*, université Mentouri Constantine, mémoire de magister, 2008.
- **BELLARA S**, *Impact de l'orientation sur le confort thermique intérieur dans l'habitation collective. Cas de la nouvelle ville Ali Mendjeli Constantine*, université Mentouri Constantine, mémoire de magister, 2005.

- **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, EPAU, 2012.
- **BOUMAMA W**, *Au sujet de la politique d'efficacité Algérie : approche systémique pour un développement durable cas de : programme Eco-bat*, Université Abou -Bakr Belkaid - Tlemcen, mémoire de magister, 2013.
- **BOURSAS A**, *Etude de l'efficacité énergétique d'un bâtiment d'habitation à l'aide d'un logiciel de simulation*, université de Constantine, mémoire de magister, 2013.
- **DEHMOUS M**, *Confort thermique dans les constructions en béton préfabriqué : cas de la faculté des sciences médicales de l'université de Tizi-Ouzou*, université Mouloud Mammeri, mémoire de magister, 2016.
- **HACHEMI M**, *Exploitation et programmation des documents techniques réglementaires relatifs aux déperditions thermiques de ventilation des bâtiments*, à l'université M'hamed Bougara, Boumerdes, mémoire de magister, 2011.
- **MAZARI M**, *étude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public cas d'étude université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou*, université mouloud Mammeri, mémoire de magister, 2012.

### Mémoires de master

- **REBZANI E**, *Essai de diagnostic thermographique de l'efficacité énergétique : Cas d'étude la maison prototype du CNERIB/CDER*, EPAU, mémoire de Master, 2016, p29
- **ZERGAT H**, *Effet de la forme de toiture sur le confort thermique*, Université Kasdi Merbah Ouargla, mémoire de MASTER PROFESSIONNEL, 2014.

### Reuves

- **FEZZIOUI N et all**, *Influence des caractéristiques dynamiques de l'enveloppe d'un bâtiment*, Revue des Energies Renouvelables, Vol. 11 N°1, 2008.

### Sites web

- [app.bruxellesenvironnement.be/guide\\_batiment\\_durable/docs/CSS13\\_FR.pdf](http://app.bruxellesenvironnement.be/guide_batiment_durable/docs/CSS13_FR.pdf)
- [be.foamglas.com/\\_\\_/frontend/handler/document.php?id=892&type=42](http://be.foamglas.com/__/frontend/handler/document.php?id=892&type=42)
- [climatauto.blogspot.com/2013/04/definition-fonctions-et-types-de.html](http://climatauto.blogspot.com/2013/04/definition-fonctions-et-types-de.html)
- [docplayer.fr/37633658-Le-diagramme-bioclimatique-du-batiment.html](http://docplayer.fr/37633658-Le-diagramme-bioclimatique-du-batiment.html)
- [En Ligne] *Guide pour une construction éco énergétique en Algérie*, APRUE et GIZ, 2014.
- <http://docplayer.fr/4897439-Assurer-le-confort-thermique-d-ete.html>
- <https://energyplus.net>
- <http://lespacedelentredeux.blogspot.com/2009/03/les-contours-de-lhabitat-lenveloppe-dun.html>
- <http://portail.cder.dz/spip.php?article4969>
- <http://reta.cder.dz/>

- <http://traac.info/blog/?p=882>
- <http://web.mit.edu/parmstr/Public/MasdarCity/080304%20PHA%20MIST%20Concept%20Design%20Report%20w%20Drawings.pdf>
- <http://www.abatia.fr/abatia/logiciel-thermique>
- <http://www.climamaison.com/lexique/confort-thermique.htm>
- <http://www.climamaison.com/lexique/reglementation.htm>
- <http://www.climamaison.com/lexique/reglementation-thermique.htm>
- <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16861>
- <http://www.enrdd.com/documents/documents/ConstructionEcoconstruction/Architecture%20responsable%20et%20developpement%20durable/regionwallonne2006.PDF>
- [http://www.enviroboite.net/spip/IMG/pdf/0606\\_Diagramme\\_bioclimatique\\_batiment\\_Izard\\_Kacala\\_V1.pdf](http://www.enviroboite.net/spip/IMG/pdf/0606_Diagramme_bioclimatique_batiment_Izard_Kacala_V1.pdf)
- [http://www.iuses.eu/materiali/f/MANUEL\\_POUR\\_LES\\_ELEVES/Manuel\\_de\\_batiments.pdf](http://www.iuses.eu/materiali/f/MANUEL_POUR_LES_ELEVES/Manuel_de_batiments.pdf)
- [http://www.jnlog.com/pdf/kozibu\\_presentation\\_fr.pdf](http://www.jnlog.com/pdf/kozibu_presentation_fr.pdf)
- <http://www.medafco.org/article/18/11/2015/un-logiciel-qui-va-revolutionner-1%E2%80%99habitat-en-algerie-des-constructions-eco-energetiques-c%E2%80%99est-desor>
- [http://www.rtbatiment.fr/fileadmin/documents/RT\\_existant/DPE/DPE\\_outils/Guide\\_recommandations\\_DPE\\_v3.pdf](http://www.rtbatiment.fr/fileadmin/documents/RT_existant/DPE/DPE_outils/Guide_recommandations_DPE_v3.pdf)
- <https://www.saint-etienne.fr/sites/default/files/Guide%20ADEME%20-%20Le%20confort%20d'%C3%A9t%C3%A9.pdf>
- <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/12795119.2002.9692393>
- [https://www.u-cergy.fr/\\_attachments/club-eea-actualite/2/JEEA2012\\_ppt\\_Thellier.pdf?download=true](https://www.u-cergy.fr/_attachments/club-eea-actualite/2/JEEA2012_ppt_Thellier.pdf?download=true)
- <http://www.villesucy.fr/content/download/22062/288754/file/cahier%20recommandations%20environnementales.pdf>
- [linuxfr.org/news/la-réglementation-thermique-française-outils-dapplication](http://linuxfr.org/news/la-réglementation-thermique-française-outils-dapplication)
- [sites.crdp-aquitaine.fr/crest64/files/2016/05/isolation-thermique-C3.pdf](http://sites.crdp-aquitaine.fr/crest64/files/2016/05/isolation-thermique-C3.pdf)
- [www.actu-environnement.com/ae/.../historique-reglementation-thermique.php4](http://www.actu-environnement.com/ae/.../historique-reglementation-thermique.php4)
- [www.actu-environnement.com/media/pdf/news-22277-confort-ete-passif.pdf](http://www.actu-environnement.com/media/pdf/news-22277-confort-ete-passif.pdf)
- [www.cder.dz/vlib/bulletin/pdf/bulletin\\_011\\_07.pdf](http://www.cder.dz/vlib/bulletin/pdf/bulletin_011_07.pdf)
- [www.climamaison.com/lexique/rt-2012.htm](http://www.climamaison.com/lexique/rt-2012.htm)
- [www.climamaison.com/lexique/tertiaire.htm](http://www.climamaison.com/lexique/tertiaire.htm)
- [www.cnrs.fr/aquitaine/IMG/pdf/Totures.pdf](http://www.cnrs.fr/aquitaine/IMG/pdf/Totures.pdf)
- [www.enercobat.com/docs/particuliers/argumentaire.pdf](http://www.enercobat.com/docs/particuliers/argumentaire.pdf)
- [www.energieplus-lesite.be > Accueil > Théories > Le confort](http://www.energieplus-lesite.be > Accueil > Théories > Le confort)
- [www.enviroboite.net/spip/confort-d-hiver](http://www.enviroboite.net/spip/confort-d-hiver)
- [www.grenoble.archi.fr/cours-en-ligne/said/confort-thermique.pdf](http://www.grenoble.archi.fr/cours-en-ligne/said/confort-thermique.pdf)
- [www.lanaturemamaison.be/fiches/fiche15b.pdf](http://www.lanaturemamaison.be/fiches/fiche15b.pdf)
- [www.logementdurable.eu](http://www.logementdurable.eu),
- [www.prioriterre.org/upload/...Batiment/Batiments.../Guide\\_charge\\_operation.pdf](http://www.prioriterre.org/upload/...Batiment/Batiments.../Guide_charge_operation.pdf)
- [www.toutsurlisolation.com > Isolation thermique > Bénéfices de l'isolation thermique](http://www.toutsurlisolation.com > Isolation thermique > Bénéfices de l'isolation thermique)

- [www.valenciennes-metropole.fr/themes/.../Guide\\_renovation\\_thermique\\_bat.pdf](http://www.valenciennes-metropole.fr/themes/.../Guide_renovation_thermique_bat.pdf)
- [www.worldenergyoutlook.org/media/weowebiste/2010/weo2010\\_es\\_french.pdf](http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebiste/2010/weo2010_es_french.pdf)

**ANNEXES**

---

Le Dossier graphique de SPA Alliance Assurance

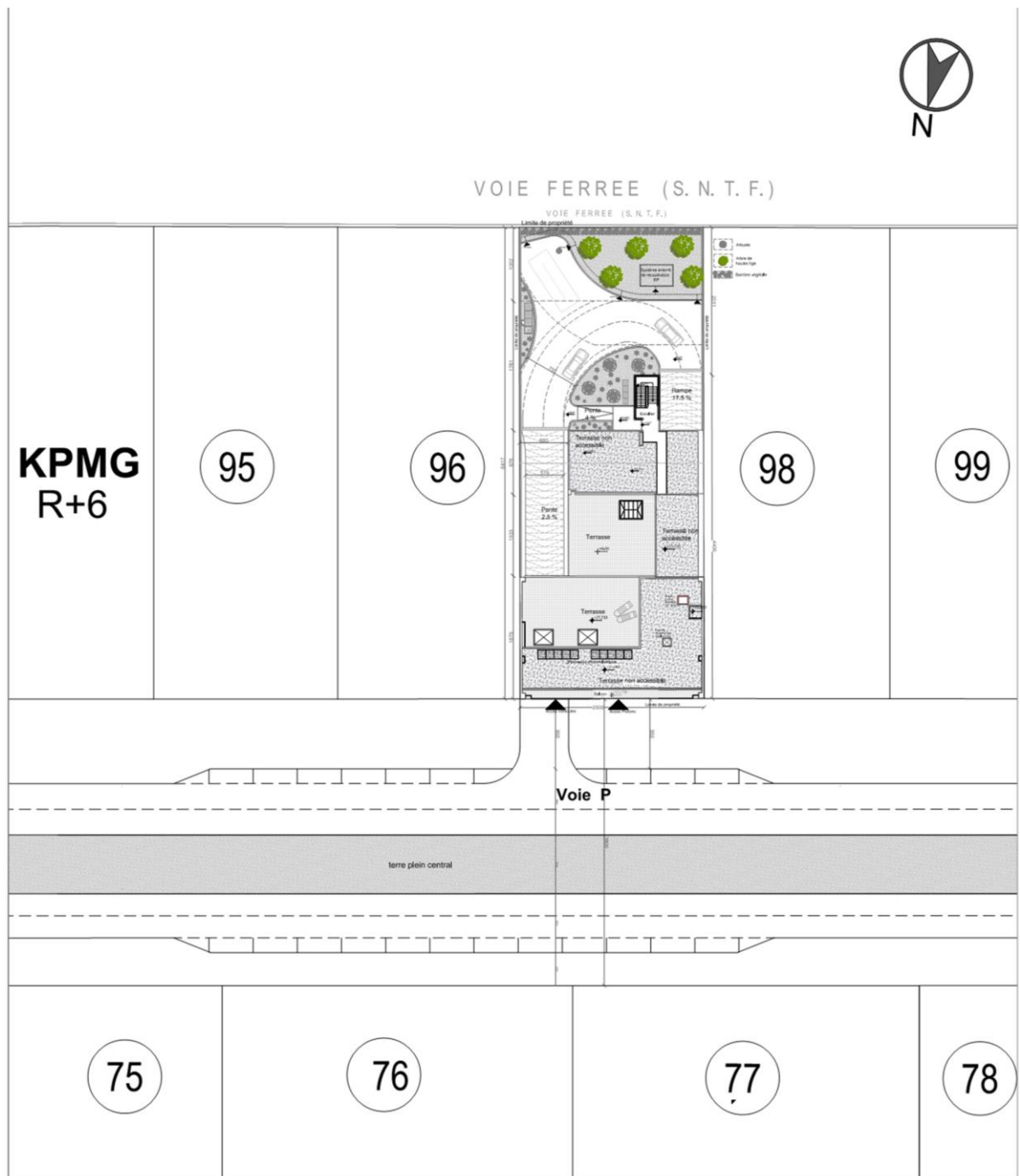
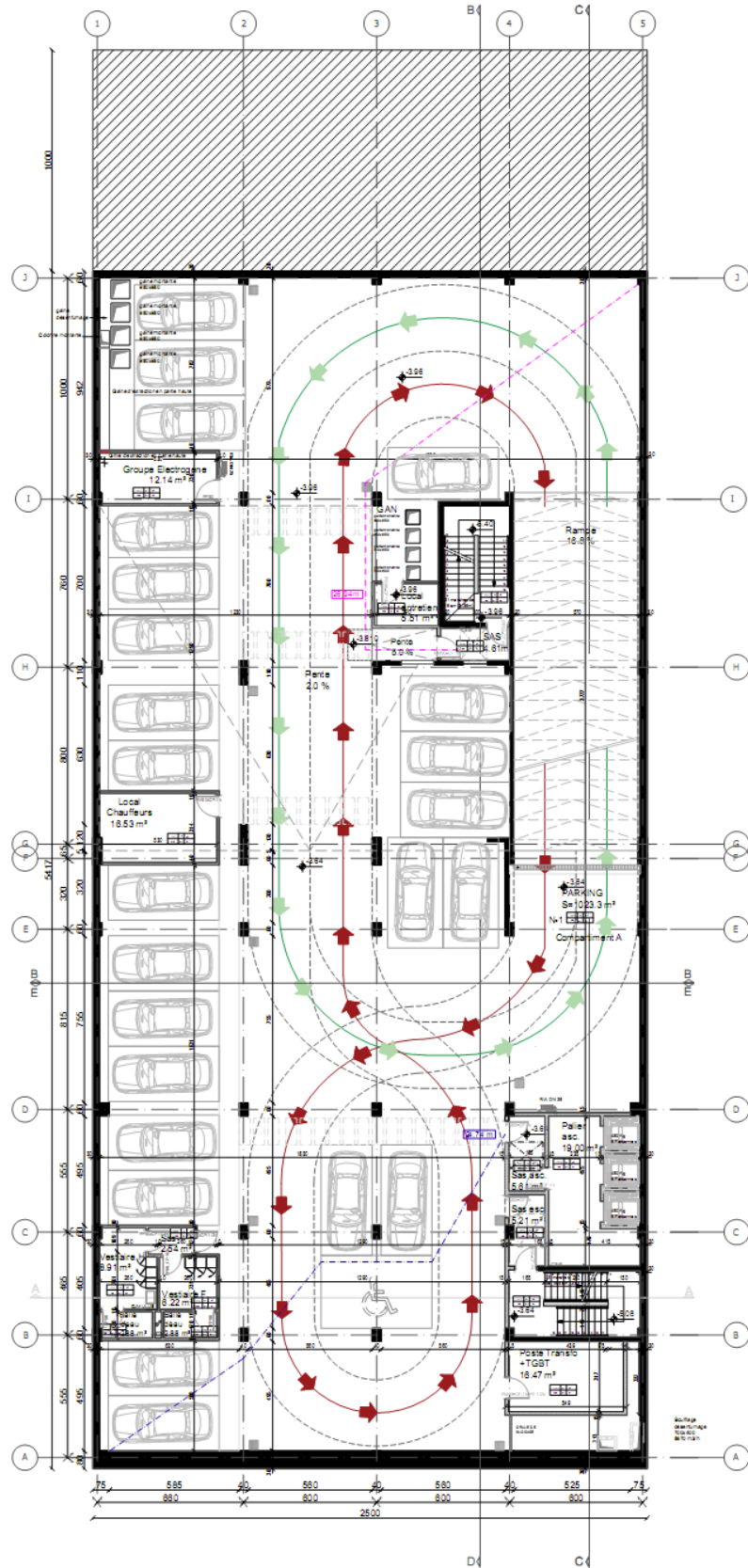


Figure 39: Plan de masse

Source : le cabinet d'architecture studio A et MLM



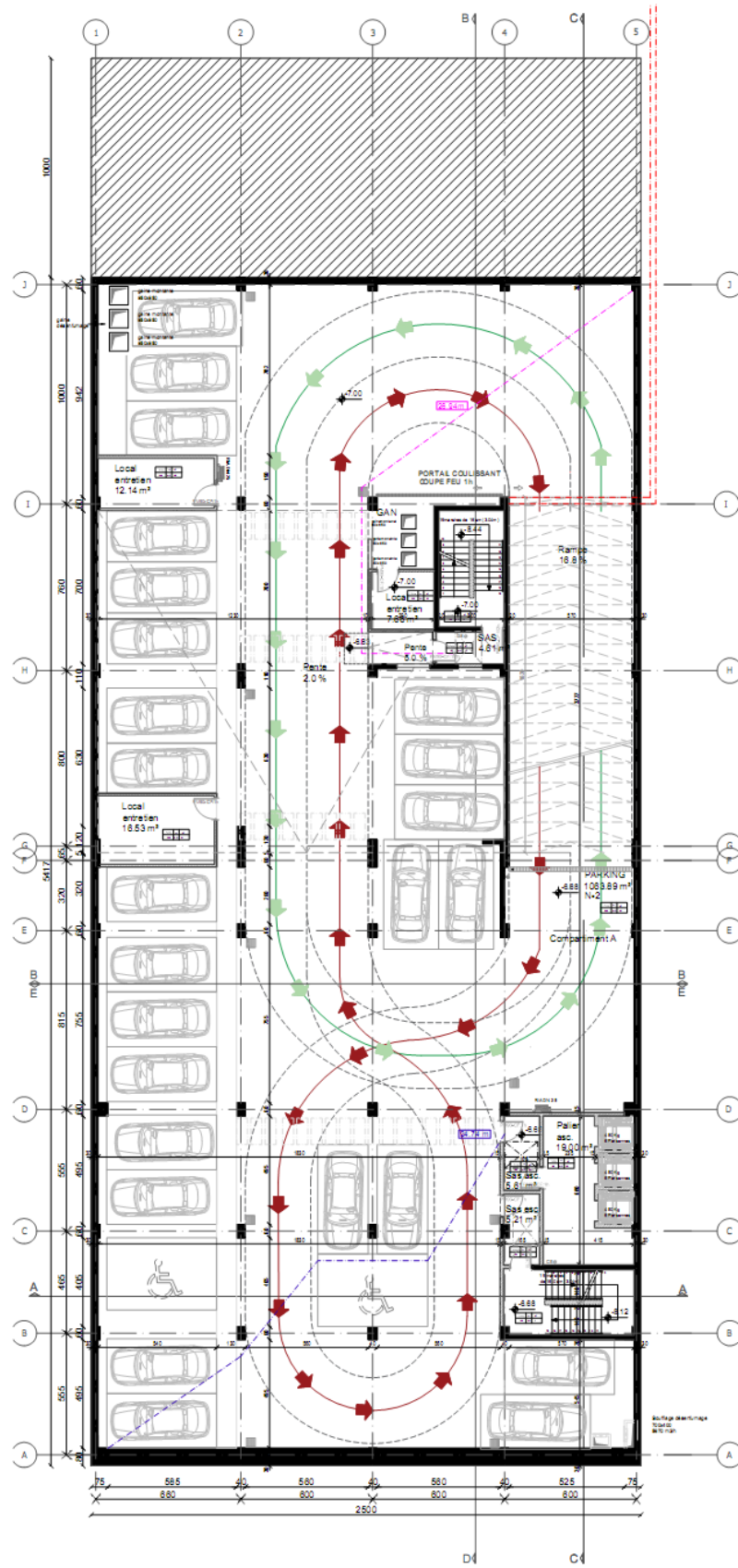


Figure 41 : Plan N-2

Source : le cabinet d'architecture studio A et MLM

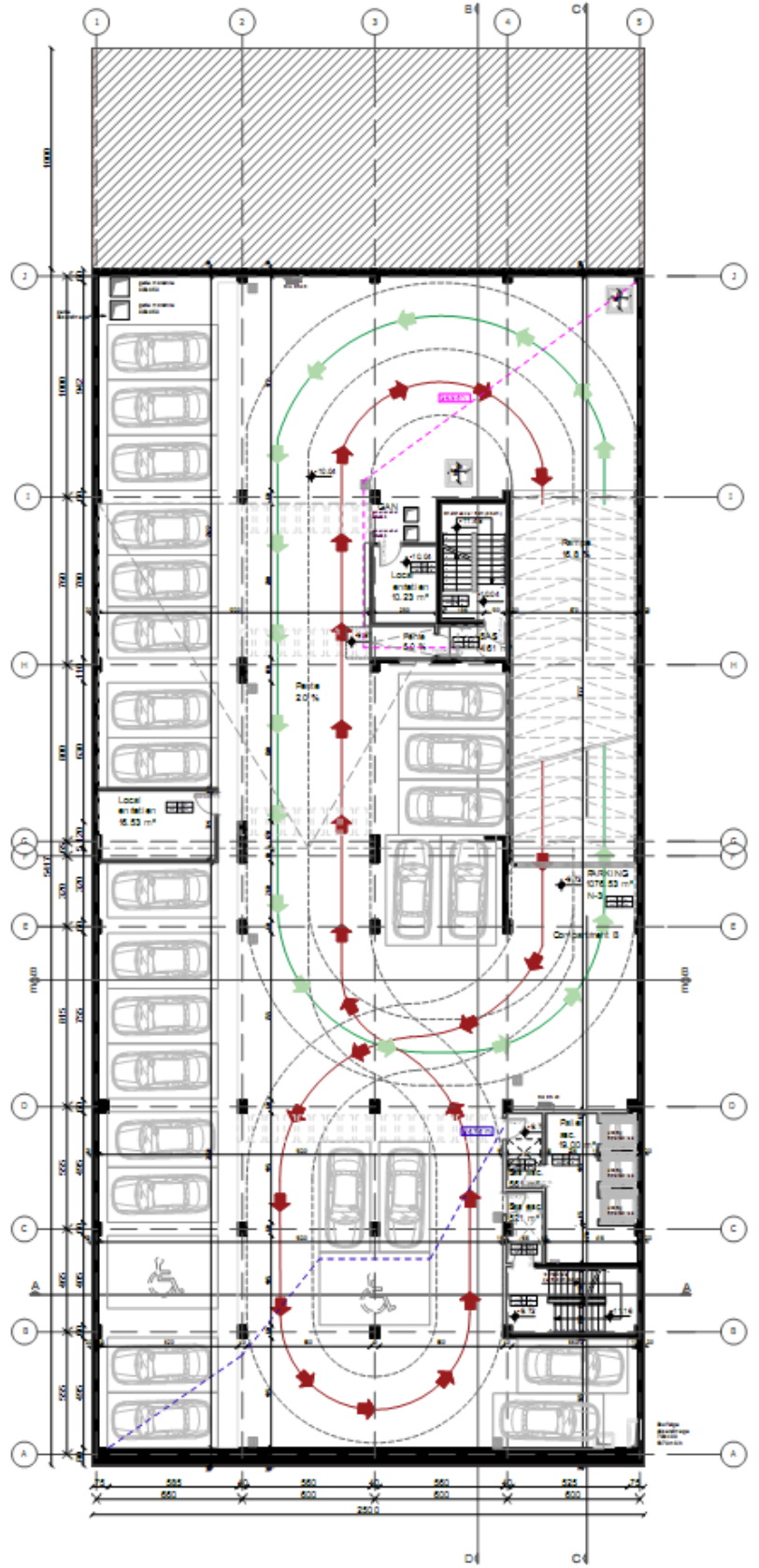


Figure 42: Plan N-3

Source : le cabinet d'architecture studio A et MLM





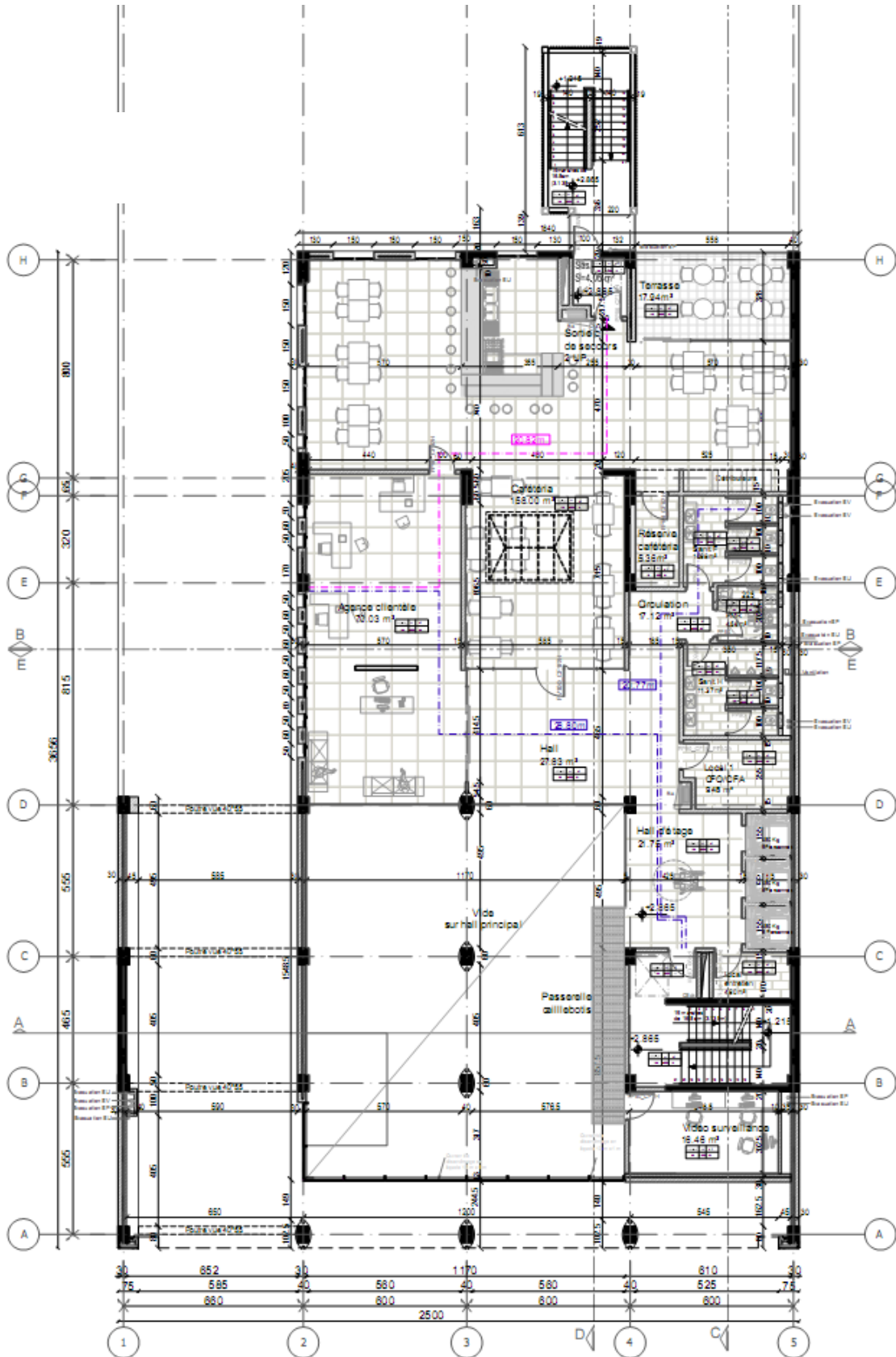


Figure 45: plan Mezzanine

Source : le cabinet d'architecture studio A et MLM

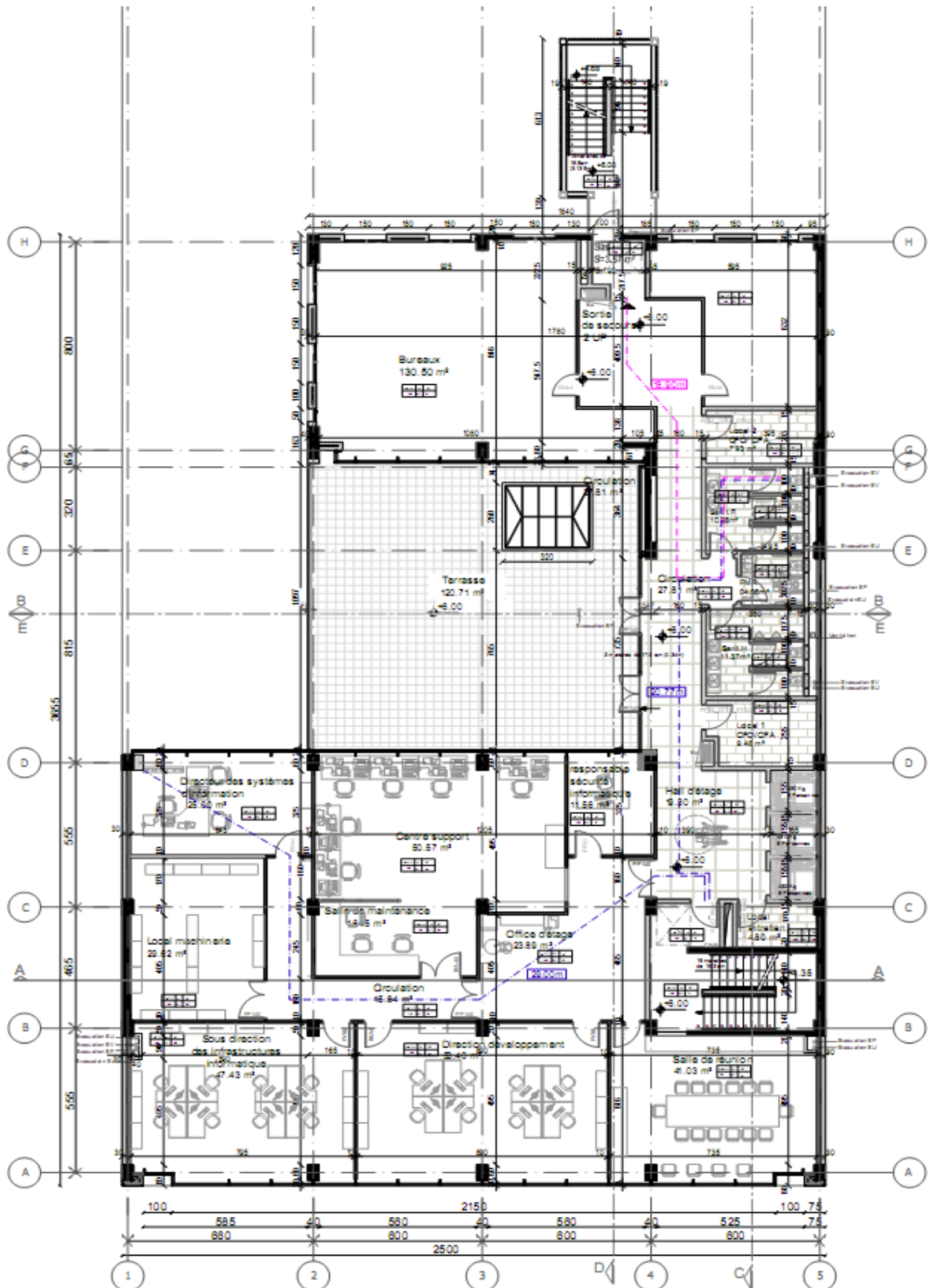


Figure 46: Plan N+1

Source : le cabinet d'architecture studio A et MLM



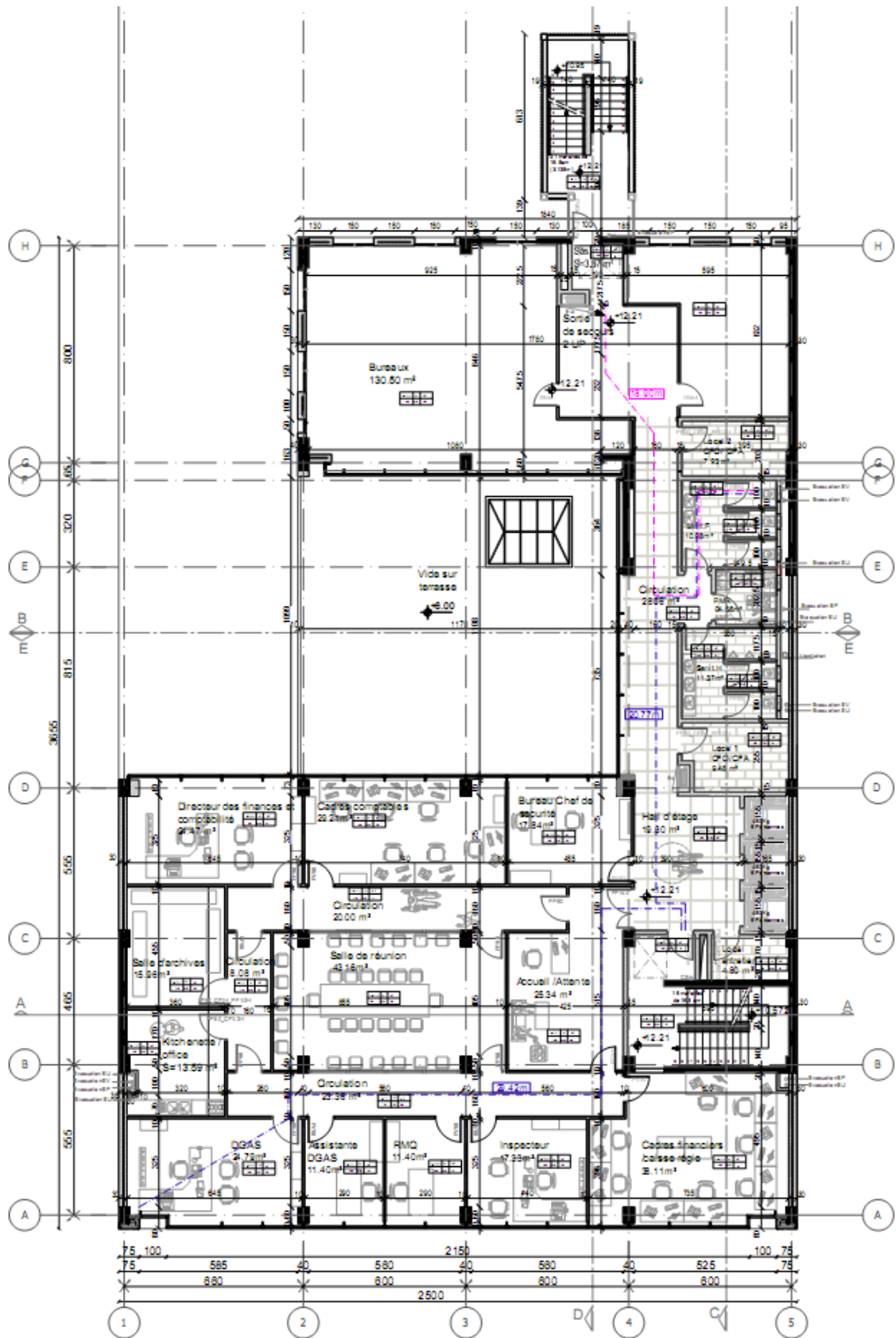


Figure 48: Plan N+3

Source : le cabinet d'architecture studio A et MLM





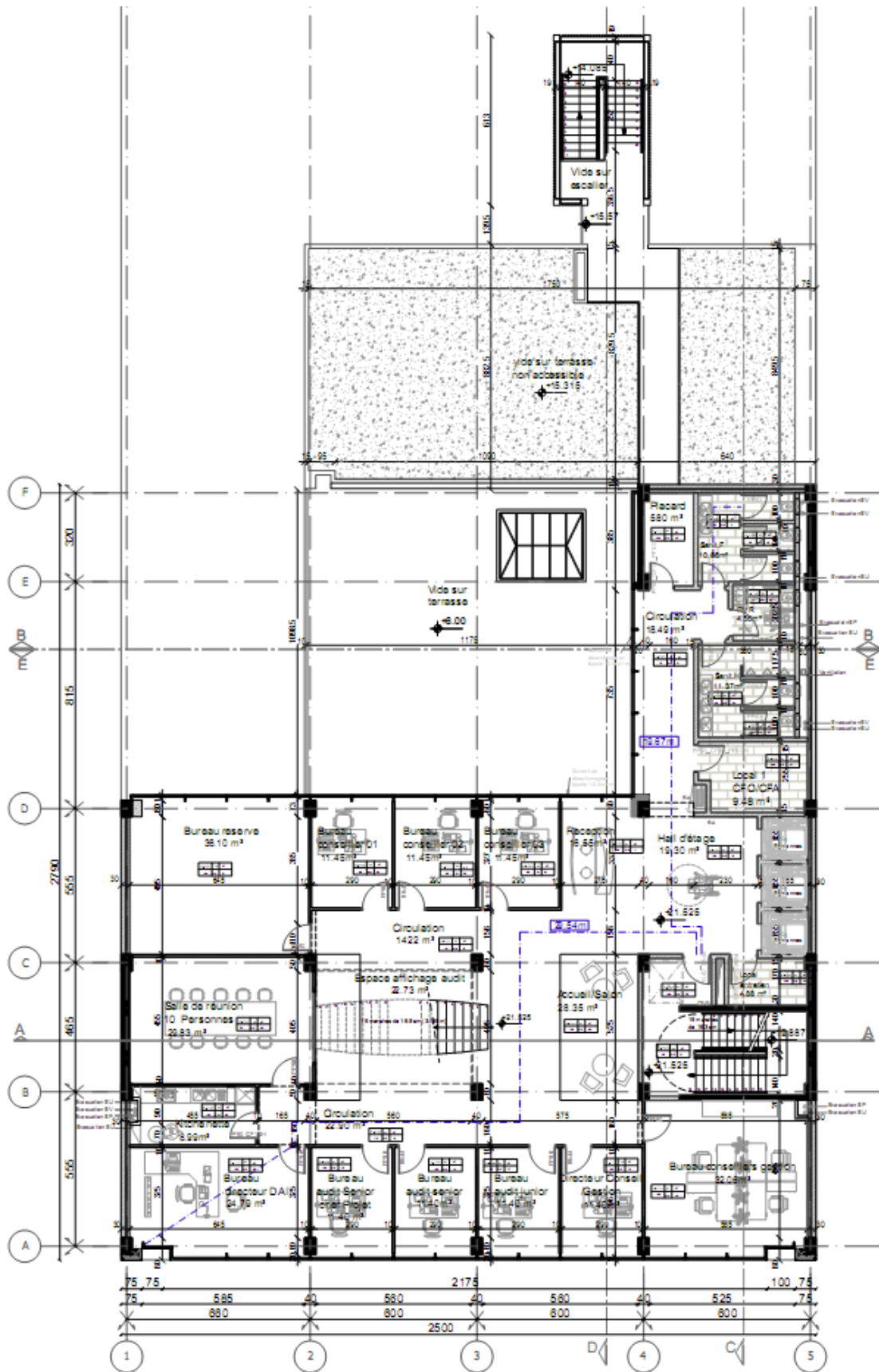


Figure 51 : Plan N+6

Source : le cabinet d'architecture studio A et MLM

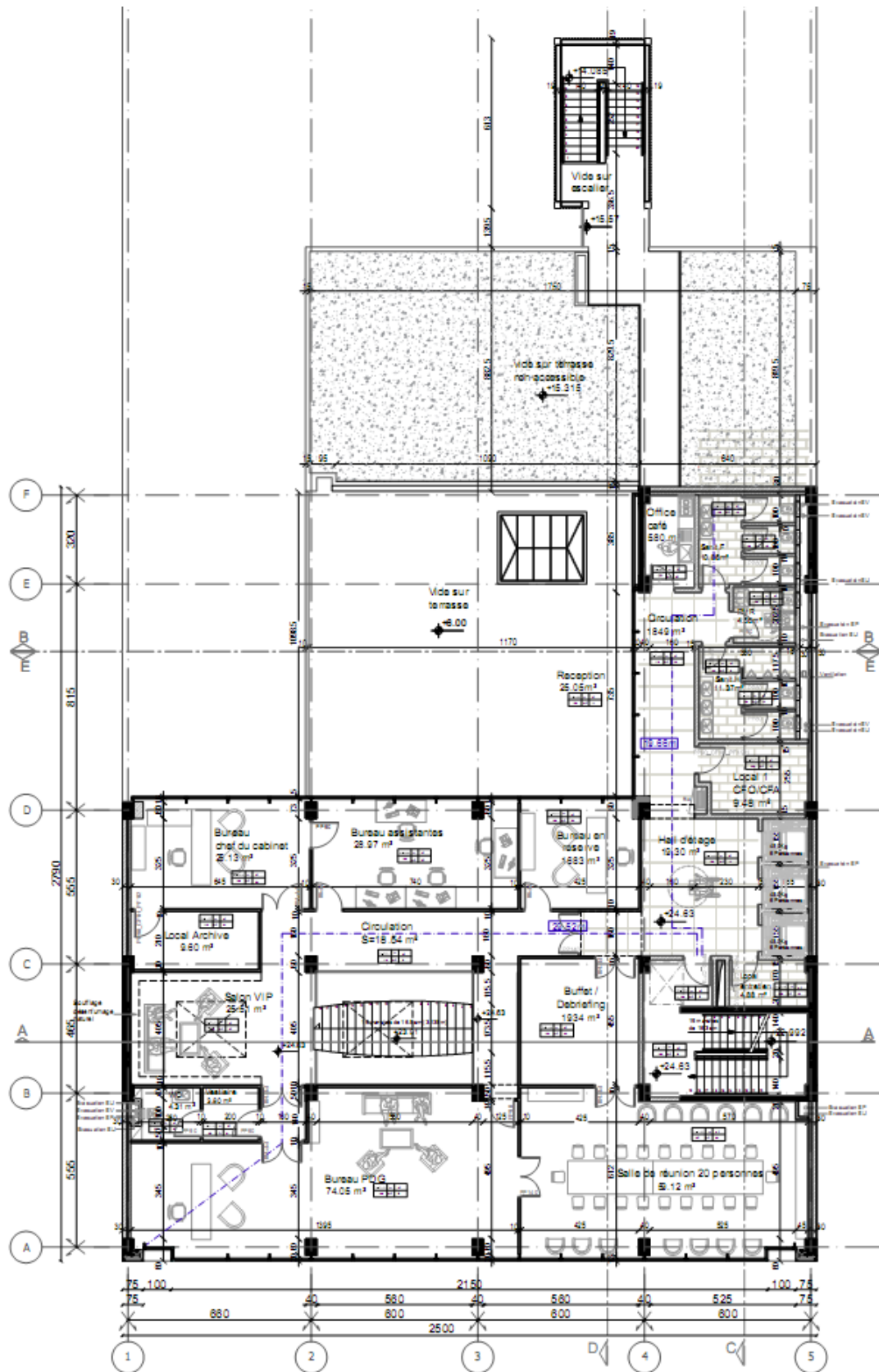


Figure 52: Plan N+7

Source : le cabinet d'architecture studio A et MLM



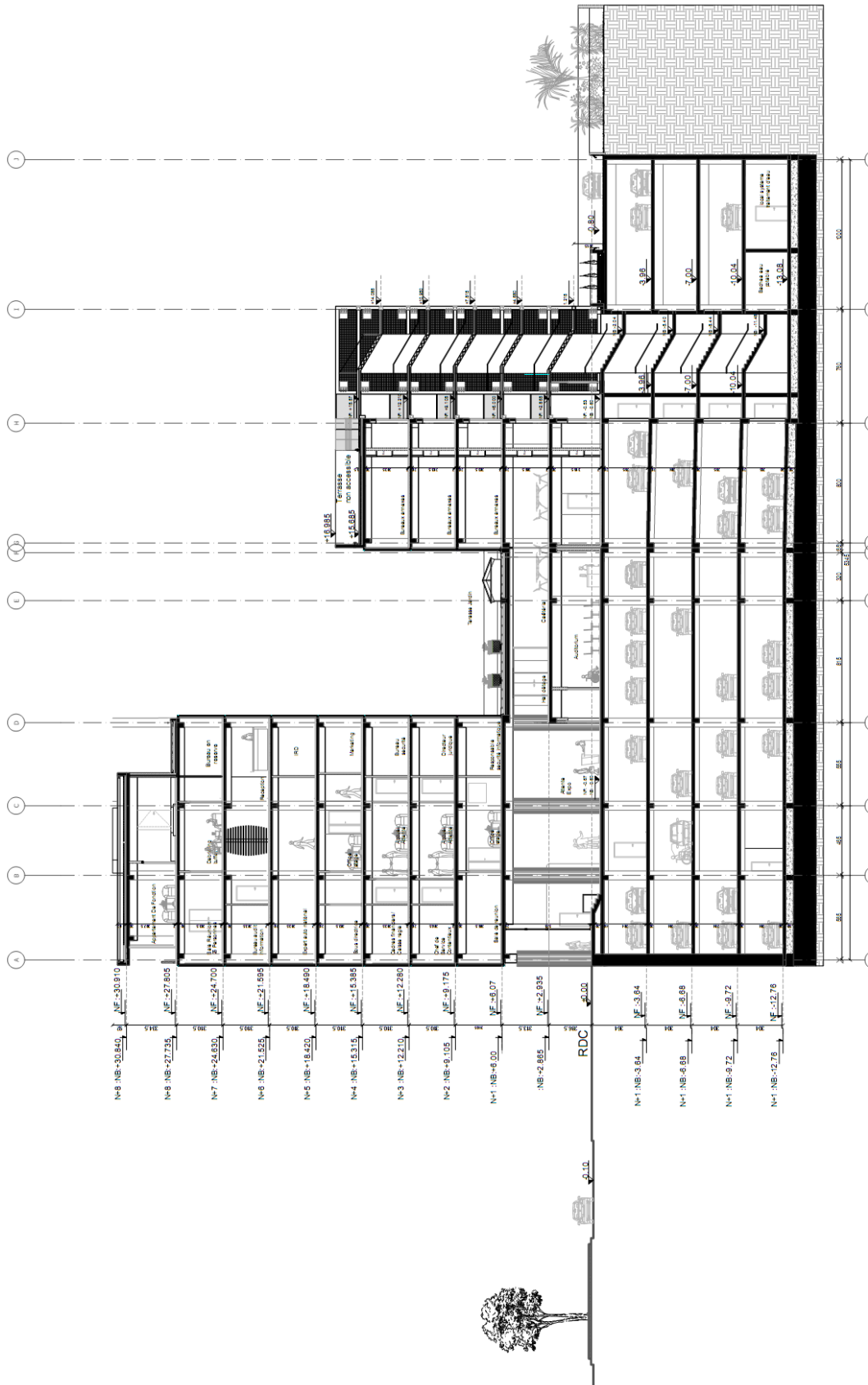


Figure 54: Coupe CC

Source : le cabinet d'architecture studio A et MLM



**Figure 55 :** Vue sur la façade nord "en mur rideau" et la façade Sud

Source : notice descriptive avant-projet sommaire, Réf : ALL-APS-Studio-a\_MLM-Notice-Architecture-00, page 18 et 20, Mars2016



**Figure 56:** Ambiance intérieur, 7ème étage bureau du président

Source : notice descriptive avant-projet sommaire, Réf : ALL-APS-Studio-a\_MLM-Notice-Architecture-00, page27, Mars2016