

4-720-583-EX-1

République algérienne démocratique et populaire  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
Université de Blida I  
Institut d'architecture et d'urbanisme



**Mémoire de master**  
Option : architecture et efficacité énergétique

## Réhabilitation énergétique du bâtiment existant en Algérie

*Cas d'étude : quartier Montpensier - Blida*

Travail réalisé par :  
CHERHABIL Ilhem



Sous l'encadrement de :  
Mr : SEMAHI SAMIR  
Assisté par : Mr MHAMDI Hichem  
Mme CHATER Hanen

Devant un jury composé de :

Président : Mme. SNOUSSI K. Enseignant à l'institut d'architecture de Blida  
Examineur : Mr. ZOGARI Z. Enseignant à l'institut d'architecture de Blida.

Année universitaire 2015-2016

Je dédie ce travail :

**À mes chers parents la lumière du ma vie**

*À mes chers sœurs : Ibtissem, Rayen, Ikram et Sarsora*

**À ma tante Salima et mon Oncle Farid qui m'ont beaucoup aidé et m'encourager**

**À mes adoré tantes Chahra-zed et khadraet ma grande mère**

**À ma chère cousine Medjda**

**À mes amies Wafa, Soumia et ouiam**

**Enfin je le dédie à toi Bilal «life is full of trouble, if youworryyoumakeit double.»**

## Remerciement

De nombreuse personnes m'ont apporté leur soutien et leur appui toute au long de ce travail.

J'aimerais exprimer tout particulièrement ma gratitude à mon promoteur, Ms SEMAHI Samir, pour la confiance qui m'a accordé, dont il a fait preuve en m'offrant la possibilité de mener à bien ce travail de recherche. Merci également à Mme CHATER Hanen et Mr MHAMDI Hichem pour leur conseil.

Je tiens à remercier également les membres de jury pour le temps qu'ils ont consacré à l'évaluation de mon travail ainsi que pour les remarques constructives qu'ils ont pu me faire.

J'aimerais également remercier tous mes amis : Wafa, Soumia, Rahil, Sabrina, Madjid, Racha, Ratiba, ouiam et Wahab pour leurs disponibilités et leurs appuis.

Je remercie mes chères Sara, Kahina et Ikram pour tous ses aides, ses encouragements, et leur soutien, je vous remercie du fond du cœur.

Je voudrais adresser mes plus vifs remerciements à ma chère cousine Medjda, sans oublier ma chère sœur Ibtisam pour ses encouragements et son bon sens et son humour.

Enfin, mon ultime reconnaissance va à mes parents, je voudrais témoigner ici toute ma gratitude pour leur aide et leur soutien indéfectible.

## Résumé :

La sécurité énergétique et les contraintes environnementales sont un défi considérable pour le développement économique et social.

Pour atteindre cette sécurité, que ce soit énergétique ou environnementale, la réhabilitation énergétique de l'existant apparaît comme le meilleur remède.

- C'est une démarche évidente qui doit être imposée pour concrétiser les objectifs de l'efficacité énergétique, le développement durable et l'amélioration de l'image de la ville
- Cette recherche est pour objectifs de :

De la détermination d'une panoplie de notions et de solutions adéquates pour un bâtiment plus performant thermiquement, plus économe et autonome énergétiquement.

L'isolation du bâtiment et le remplacement du vitrage par du double vitrage constituent à l'évidence un des éléments clés pour la réduction de la consommation énergétique.

L'intégration des énergies renouvelables dans la réhabilitation énergétique dans un bâtiment existant qui est un grand axe dans notre recherche, est la meilleure alternative pour couvrir les besoins, les déposer énergétiquement et diminuer les émissions de GES.

L'électricité essentielle au fonctionnement est générée localement grâce au soleil et au vent.

Le chauffage de l'eau chaude sanitaire est assuré par le thermique

Nous avons réalisé dans ce travail une série de simulations numériques à l'aide de différents logiciels et applications : ECOTECT 2011, PVSYS.

## Summary

Energy security and environmental constraints are a major challenge for economic and social development.

To achieve this security, whether energy or environmental, sustainable energy rehabilitation of existing appears to be the best cure.

- This is an obvious approach to be achieved the objectives of energy efficiency.

Sustainable development and improving the image of the city.

- This research aims to develop a guide to promote this approach to be a smart solution. It gives us the opportunity to make one stone several times, through :

The methodology that aims for the determination of a range of concepts and adequate solutions for a more efficient building thermally efficient and more energy independent.

The building insulation and replacement of windows with double-glazing clearly constitute a key element for reducing energy consumption.

The integration of renewable energies in sustainable energy rehabilitation is a major axis in our research, is the best alternative to meet the needs/ energy costs and reduces GHG emissions.

The essential functioning electricity is generated locally from the sun (photovoltaic conversion) and wind (electromechanical conversion).

The heating of sanitary hot water is ensured by heat (solar thermal).

Were realized in this work a series of numerical simulations using different software and application : Ecotect 2011, PVSYST.

# Table des matières

## Table des matières :

<b><u>Chapitre introductif</u></b> .....	1
1. Introduction.....	1
2. Problématique.....	2
3. Hypothèses.....	3
4. Objective.....	3
5. méthodologie de recherche.....	4
6. structure de mémoire .....	5

## **1. Partie théorique :**

### Introduction

<b><u>Chapitre1 : représentation de l'ITE et la réhabilitationénergétique</u></b> .....	7
1.1. Définition de quelque notion.....	7
1.2. L'isolation thermique extérieure.....	8
1.3. L'historique de l'ETE.....	8

## **Chapitre 2 : les techniques de la réhabilitation énergétique**.....

12

2.1. Les stratégie de la réhabilitation énergétique.....	13
2.1.1. Enrichir le vocabulaire architectural.....	13
2.1.2. Renouveler l'image de bâtiment.....	13
2.1.3. Améliorer le confort d'usage de logements.....	14
2.1.4. Réinvestissement de rez-de- chaussée.....	18
2.1.5. Unerequalification globale du bâtiment.....	18
2.2. Les principes de la réhabilitationénergétique.....	19
2.3. Isolée l'enveloppe et réduire les besoins : sobriété et qualité de vie.....	20
2.3.1. Lesmatériauxutilisés.....	20

## Table des matières

<b>2.4. Les différents types d'isolation et la technologie à venir :</b> .....	<b>24</b>
2.4.1. L'isolation des façades et le traitement des ponts thermique.....	24
2.4.2. L'isolation thermique des murs par l'intérieur.....	25
2.4.3. L'isolation thermique des murs par l'extérieur.....	26
2.4.4. L'isolation des toitures.....	27
2.4.5. L'isolation des planchers.....	29
<b>2.5. Énergies renouvelables :</b> .....	<b>30</b>
2.5.1. La géothermie.....	30
2.5.2. Le solaire thermique.....	31
2.5.3. Le photovoltaïque.....	31
2.5.4. Les éoliennes domestiques.....	31

## Chapitre 3 : étude des exemples.....

33

3.1. Tour bois- le- prêtre.....	34
3.2. « closer ».....	37
3.3. « plein sud ».....	39
3.4. « la couleur dans la ville ».....	39
3.5. Bâtiment UCLUDE .....	42
3.6. « enlever » : transformation du block des années 1960.....	44
Conclusion .....	46

## 2. Partie opérationnelle

Introduction.....	48
-------------------	----

## Chapitre 4 : cas d'étude.....

49

4.1. Présentation de la ville de Blida.....	49
---	----

## Table des matières

4.2. Les données climatiques.....	50
4.3. Présentation du quartier choisis.....	52
4.4. Le microclimat .....	53
4.5. Le bâti choisis.....	54
4.6. La consommation énergétiqueélectricités/ gaz.....	55
4.7. L'enquête.....	56
4.7.1. La méthode de recueil des données .....	56
4.7.2. Le déroulement de l'enquête.....	58
4.7.3. Analyse et discussion d'enquête.....	59
4.8. Modification.....	64
<b>Chapitre 5 : simulation</b> .....	<b>71</b>
5.1. Présentationdes logiciels de simulation .....	71
5.1.1. Présentation de logiciel PVSYST .....	71
5.1.2. Présentation de logiciel Autodesk Ecotect Analysis .....	71
5.2. Résultats de simulation et commentaires d'existant.....	73
5.2.1. Caractéristiques des matériaux de l'existant.....	73
5.2.2. Analyse thermique de l'existant.....	74
5.2.3. La zone de confort de l'existant.....	74
5.2.4. Les besoins manuelle en chauffage et en refroidissement de l'existant.....	75
5.3. Les intervention.....	78
<b>Conclusion générale</b> .....	<b>83</b>
<b>Annexe</b> .....	
Le questionnaire.....	Annexe 1
Les résultats de simulation PVSYST.....	Annexe 2

## Table des matières

Le dossier graphique du projet.....annexe3

### Bibliographie

# **CHABITRE INTRODUCTIF**

### Introduction générale

#### 1. Introduction :

La compréhension scientifique de climat montre désormais sans équivoque que le réchauffement climatique global est une réalité. Neuf des dix dernières années sont permises les années les plus chaudes que l'hémisphère nord ait connus du cours des 1000 dernières années.

Le raccourcissement des saisons de gel, le retrait des glaciers, l'augmentation de la température des océans sont scientifiquement établis.

Les phénomènes climatiques extrêmes se multiplient : augmentation de précipitation forte et de sécheresses prolongées, intensité accrues de typhons et d'ouragans.

Le réchauffement climatique représente le péril environnemental le plus grave auquel l'humanité ait jamais été confrontée. Pour l'empêcher, il faut maintenir le réchauffement moyen de la planète en-deçà de 2°C par rapport aux niveaux de température préindustriels. Ainsi la communauté internationale doit relever un défi considérable : ramener, d'ici 2020, les émissions de gaz à effet de serre à leurs niveaux de 1990, pour les réduire ensuite de moitié d'ici 2050. D'un point de vue moral, légal et économique, c'est au pays industrialisés qu'incombe la responsabilité de mener cette lutte contre le réchauffement climatique en réduisant d'un facteur 4 leurs émissions polluantes d'ici le milieu de ce siècle.<sup>1</sup>

L'émergence d'une conscience écologique de l'opinion ne s'est faite qu'à petits pas et sous la pression de l'urgence; elle est lisible au travers d'événements comme la Charte d'Athènes, la crise pétrolière, la catastrophe de Tchernobyl, la conférence de Rio ou la ratification du protocole de Kyoto, Copenhague, et la catastrophe du Japon.

Les études à l'échelle du globe montrent que la consommation énergétique du secteur résidentiel et tertiaire se situe actuellement selon les pays aux alentours de 40%<sup>2</sup> de la consommation totale, la problématique énergétique ne saurait constituer le seul défi posé par la remise en état des bâtiments existants, dans le cadre d'une approche globale de développement durable. Atteindre l'objectif de performance globale en requalification, suppose de traiter cette problématique dans ses multiples aspects (urbain, architectural, technique, énergétique, économique, usage...). A ce titre, le phénomène de précarité énergétique en est la meilleure illustration : la surconsommation d'énergie dans les bâtiments d'habitation a des conséquences écologiques, sociales et sanitaires réelles qui risquent encore de s'aggraver dans les années à venir avec l'augmentation probable du prix de l'énergie. À cet effet, plusieurs pays dans le monde se sont précipités pour remédier à ce mal, en obligeant l'utilisation d'étiquettes d'énergie du bâtiment et les intégrer au diagnostic de performance énergétique, voire même exiger lors de la demande du permis de construire, leur objectif est de passer à la réalisation des bâtiments à basse consommation, c'est-à-dire 80 ou 50kwh/m2/an, au lieu de 300kwh/m2/an aujourd'hui<sup>3</sup>, et arriver à long termes, à des bâtiments à énergie zéro ou à énergie positive. Par contre, en Algérie, on peut affirmer qu'il n'existe, à ce jour

<sup>1</sup>Source : la réhabilitation énergétique des logements (Catherine Charlot-Valdieu et Philippe Outrequin)

<sup>2</sup>Source : la réhabilitation énergétique des logements (Catherine Charlot-Valdieu et Philippe Outrequin)

<sup>3</sup>Source : [www.Effinergie.org](http://www.Effinergie.org), consulté en juin 2010.

aucune réglementation technique destinée à la réalisation des bâtiments bioclimatiques, mais il faut souligner, qu'il y avait des tentatives timides de vouloir réaliser des logements-HPE-haute performances énergétique à travers plusieurs wilayas.

L'Algérie dispose de par sa situation géographique d'un des plus grands gisements solaire au monde, Ce gisement dépasse les 5 milliards de GWh / an<sup>4</sup>. Il est donc préférable et urgent pour l'Algérie de s'inscrire dans une nouvelle vision, basée davantage sur la rationalisation dans la consommation énergétique dans cet important secteur. Car le but final, est de passer d'un logement « énergivore » à un logement de « haute qualité environnementale » et de haute efficacité énergétique », grâce à une écoconception et à l'introduction des principes bioclimatiques, d'efficacité énergétique et d'intégration de l'énergie solaire. Malgré cette situation, il faut reconnaître que l'Algérie doit prendre cela en considération et viser à définir une politique pour réduire la surconsommation, diversifier ses sources en énergie et préparer son avenir en pensant à un développement énergétique durable.

Le parc nouveau du logement Algérien compte plus de 7 millions de logements au 1er janvier 2007<sup>5</sup>, ce nombre important qui continue à augmenter, ne répond à aucune recommandation bioclimatique, et ne respecte plus les réglementations. Conduiront à un accroissement exponentiel de cette consommation énergétique. Cette augmentation est due à la forte demande de logements ces dernières années, et à la recherche du confort à travers l'utilisation de nouveaux moyens (électroménagers, climatisation, éclairage, traitement d'air et d'eau, cuisson etc..).

La réhabilitation du parc de logements existants a été identifié comme l'une des grandes priorités du Grenelle de l'Environnement pour lutter contre les changements climatiques, anticiper l'épuisement des ressources non-renouvelables et faire face aux conséquences économiques et sociales de l'augmentation inéluctable du prix de l'énergie.

Mener à bien une opération de requalification efficiente nécessite une vision globale et qualitative du cadre de vie ; c'est ainsi qu'accompagnée d'une réflexion sur l'habitat, la question énergétique prend tout son sens. C'est aussi la raison pour laquelle elle doit également passer par l'innovation et l'expérimentation. Il apparaît donc nécessaire de multiplier les opérations qui mettent en œuvre des idées architecturales novatrices et des solutions techniques performantes afin de faire progresser la conception et la réalisation de travaux de requalification, à l'impératif de l'efficacité énergétique et environnementale.

## 2. Problématique

La demande sans arrêt croissante en énergie qui accompagne le développement technique et le gaspillage des ressources disponibles ont longtemps été négligés donc la consommation énergétique ne peut être diminué que si on évitait de construire de nouveaux bâtiments et en prenant des mesures adaptées pour le bâti existant en prévoyant leur réhabilitation énergétique.

Toutes ces données nous mène à poser les questions suivants :

**Comment peut-on améliorer la performance énergétique du bâtiment existant ?**

<sup>4</sup>Source : <http://www.Sonelgaz.dz>, consulté en juillet 1010.

<sup>5</sup>Source : ONS ; office national des statistiques.

Qu'est que la réhabilitation énergétique ? Quelles diapositives architecturales et techniques peuvent permettre une revalorisation du bâtiment et contribuer à atteindre une haute performance énergétique en réhabilitation ? Comment peut-on se saisir de cette nécessaire amélioration des performances énergétiques en apportant des plus-values d'usage, esthétiques...?

### **3. Hypothèses**

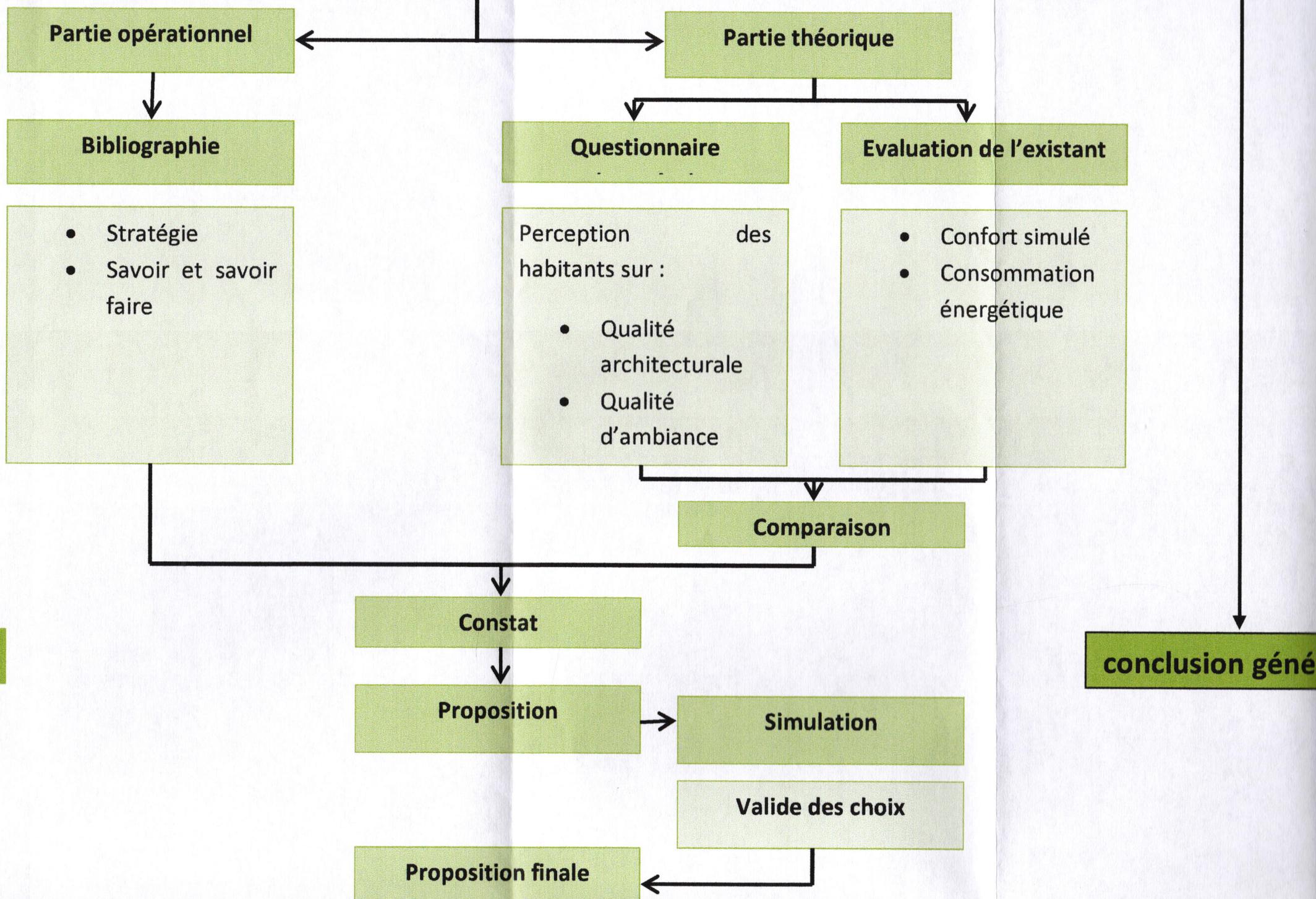
Il nous paraît que :

- L'amélioration de la performance énergétique du bâtiment est assurée par une enveloppe performante ;
- Diminuer ses besoins en chauffage et climatisation avec des stratégies bioclimatiques en architecture.

### **4. Les objective :**

- Requalifier le bâtiment en proportion des modifications possibles, au regard de son caractère initial ;
- Définir une stratégie d'amélioration des performances thermiques et énergétiques ;
- Assurer le bon fonctionnement et la qualité spatiale du bâtiment ;
- Définir des qualités d'ambiances thermiques, acoustiques et lumineuses;
- Favoriser l'installation d'équipements économes en énergie et l'emploi d'énergies renouvelables pour diminuer la facture énergétique.
- Assurer le confort d'été

Méthodologie de recherche



### **6. Structure de mémoire**

Le chapitre introductif, il se compose de :

**Introduction générale, Problématique, Objectifs, Hypothèses, Méthodologie, Structure de mémoire**

- 1er partie

L'état de l'art

**Il s'agit d'introduire le thème, il est reparti en trois points :**

Le 1er consiste à la compréhension de la réhabilitation énergétique, le 2ème point explique les techniques de la réhabilitation énergétique, le 3ème point il contient une étude des différents exemples de REHA et quelques projet réalisé.

- 2ème partie

Partie opérationnelle : Elle se compose de deux parties

- **Présentation de site et récolte des données à partir d'une enquête sur site, la consommation énergétique du bâtiment ensuite une proposition des recommandations technique et architecturales**
- **Simulation et analyse d'énergie de bâtiment existant et l'amélioration de la performance énergétique du nouveau projet.**

**Conclusion générale :** est la synthèse des différents chapitres, en faisant ressortir quelques recommandations pratiques.

# **PARTIE THEORIQUE :**

- **Représentation de l'ITE et la réhabilitation énergétique**
- **Les techniques de la réhabilitation énergétique**
- **Etude des exemples**

# CHAPITRE 1

### **Introduction**

Les consommations d'énergie des logements varient énormément selon le type du logement, son niveau de rénovation énergétique, la zone climatique où il se situe, sa date de construction, les matériaux utilisés et le comportement de l'occupant.

L'énergie est rarement le moteur de la réhabilitation et l'objectif est de faire en sorte qu'elle devienne une réelle préoccupation dans tous les projets de réhabilitation de logements. Il faut promouvoir des démarches globales et intégrées de réhabilitation, lesquelles doivent prendre en compte les différentes techniques possibles et les contraintes sociales, d'une part, et intégrer simultanément les objectifs écologiques, environnementaux et économiques, d'autre part.

### **1. Représentation de l'ITE et la réhabilitation énergétique**

La réhabilitation ou la rénovation de l'existant est complexe et implique une expertise préalable du contexte architecturale, urbain, environnementale et technique qui pourra être exploité dans le cadre d'une réhabilitation énergétique intégrant des innovations thermiques adaptées.

#### **1. Définition de quelque notion :**

##### **➤ L'isolation thermique des bâtiments**

L'isolation thermique des bâtiments désigne l'ensemble des moyens mis en œuvre pour limiter les transferts de calories et frigories (valable dans les deux sens) entre le milieu intérieur et le milieu extérieur d'un bâtiment.

##### **➤ Réhabiliter<sup>6</sup>**

Réhabiliter un bâtiment ne signifie pas seulement améliorer le bâti. «Remettre en état d'habitation» (consolider, assainir, mettre aux normes, remplacer les équipements, obsolètes) ; c'est aussi prolonger la vie d'un bâtiment dévaloriser pour « le rétablir dans l'estime ».

Autrement dit, la réhabilitation s'oppose à la démolition, afin de conserver l'histoire du bâtiment et de ses habitants, son vécu et son image dans le quartier.

##### **➤ Rénover<sup>7</sup>**

Rénover un bâtiment signifie « le remettre à neuf », cette remise à neuf peut impliquer sa restauration, c'est-à-dire la sauvegarder ou la réfection à l'identique du bâtiment en vertu de sa qualité patrimoniale ; elle peut aussi signifier la mise à niveau des normes et usages les plus modernes.

##### **➤ Rénovation énergétique<sup>8</sup>**

La «rénovation énergétique» vise à ce que le bâtiment atteigne des performances proches d'un bâtiment récent, c'est-à-dire les étiquettes de la classe B ou C. dans ce sens, il s'agit d'une approche technique avec des objectifs de performances quantitatives.

##### **➤ Réhabilitation énergétique<sup>9</sup>**

Le terme de « réhabilitation énergétique » veut souligner le fait que l'amélioration énergétique doit être accompagnée d'une amélioration qualitative du logement et du bâtiment, en associant la problématique de l'énergie à celle de la qualité d'usage du logement : confort, santé, réduction des charges locatives, image du bâtiment ou son insertion dans le quartier.

#### **1.2.L'isolation thermique extérieure**

On distingue dans la pratique quatre grandes familles de types d'isolations<sup>10</sup> :

<sup>6</sup>Source : la réhabilitation énergétique des logements (Catherine Charlot-Valdieu et Philippe Outrequin)

<sup>7</sup>Source : la réhabilitation énergétique des logements (Catherine Charlot-Valdieu et Philippe Outrequin)

<sup>8</sup>Source : la réhabilitation énergétique des logements (Catherine Charlot-Valdieu et Philippe Outrequin)

<sup>9</sup>Source : la réhabilitation énergétique des logements (Catherine Charlot-Valdieu et Philippe Outrequin)

<sup>10</sup> Raphaël SAUVAGEON LAM Architecte DPLG Promotion HQE 2008

1- l'isolation par l'intérieur (ITI) ;

2- l'isolation répartie dans l'épaisseur du mur (ex : mur isolant, brique mono mur, béton cellulaire, mur en bottes de paille, construction ossature bois) ;

3- l'isolation médiane entre deux parois (ex : double mur avec polystyrène médian) ;

4- l'isolation thermique par l'extérieur (ITE).

Les systèmes d'isolation thermique par l'extérieur (anciennement appelés SITE ont été rebaptisés ETICS (Eternal Thermal Insulation Composite System) pour être en cohérence avec la pratique européenne).

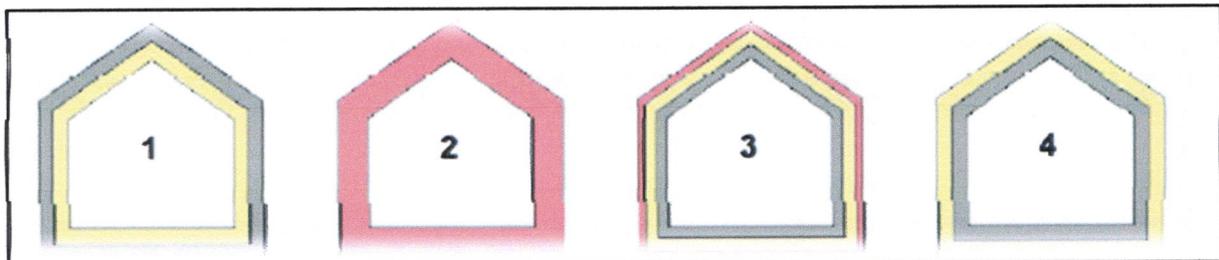


Figure 2: isolation des mur-LAM Architecte

Composition d'une isolation par l'extérieur participant à l'enveloppe de la construction :

1- une paroi support (maçonnerie, murs béton, parpaings, briques ...) ;

2- un isolant thermique fixé à la paroi côté extérieur ;

3- un revêtement de protection et de finition.

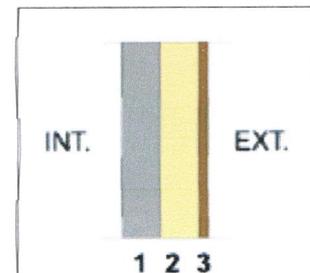


Figure 3: composition mur avec ITE

### 1.2. Historique de l'isolation et de l'ITE11 :

Comment et depuis quand isole-t-on les habitations, en cinq temps.

- Stratégie traditionnelle jusqu'à la Première Guerre Mondiale :

Une seule zone chaude autour du feu et/ou de la cuisine entretenue en permanence par les grands parents ;

- Les autres pièces sont tempérées ;
- Dans les chambres, d'épaisses couvertures et édredons ;
- Dans le milieu rural, les animaux vivaient à côté des humains ;
- Le foin dans le grenier isolait les habitations ;
- Inertie des murs massifs non isolés ;
- Pour les plus riches, utilisation de boiseries à hauteur



Figure 4: ferme basque AramburuZahar

<sup>11</sup> Raphaël SAUVAGEON LAM Architecte DPLG Promotion HQE 2008

d'homme, de tapisseries et tentures pour éviter l'effet de paroi froide (l'ancêtre de l'isolation intérieure).

- Construction conventionnelle à partir de la Première Guerre Mondiale :
- deux vagues de reconstruction massives de logements, suite aux deux Guerres Mondiales favorisent les techniques de préfabrication ;
- l'utilisation du béton armé devient incontournable en logement collectif ;
- pour le logement individuel, c'est le parpaing, aggloméré creux de ciment
- forte contrainte budgétaire liée à la construction massive ;
- budget chauffage peu important en raison du faible coût des matières premières ;
- faible prise en compte du climat dans les projets ;
- le concept d'isolation n'intéresse presque personne.



Figure 5: BM de Lyon-Fons Marcelle Vallet

- L'isolation intérieure en réponse aux chocs pétroliers des années 1970 :
- suite à l'augmentation du prix du pétrole ;
- mise en place d'une politique gouvernementale incitant l'économie d'énergie par l'amélioration des appareils de chauffage et par l'isolation des bâtiments ;
- la France fait le choix du « tout nucléaire » et du « tout électrique » ;
- 1974, première réglementation thermique ;
- schéma additionnel de l'isolation des bâtiments anciens par l'intérieur ;
- véritable « copier-coller » de ce schéma pour les constructions neuves, le béton et le parpaing conserve leur place dans le bâtiment ;
- finalement l'industrie pétrochimique diversifie ses débouchés en produisant en grandes quantités d'isolants en laine de verre et polystyrène ;
- naissance du « bio climatisme » et de la « bio construction » (construction écologique) ;
- dans les pays d'Europe du Nord (Allemagne, Suède, Norvège...) le choix se porte plus facilement sur l'ITE, ce qui leur confère une vingtaine d'années d'avance sur cette technique ;
- Développement de l'ITE depuis une quinzaine d'années en France :
- la période de réhabilitation du patrimoine bâti introduit la notion d'isolation par l'extérieur. La problématique d'isolation des bâtiments en site occupé conduit logiquement à intervenir en même temps que les ravalements des façades. Ce sont surtout des entreprises de peinture, des façadiers qui investissent le secteur et utilisent généralement le principe d'enduit sur isolant ;
- la réglementation thermique 2005 encore en vigueur aujourd'hui, n'est pas contraignante au point d'inciter à changer la façon d'isoler par l'intérieur les bâtiments en France ;
- le renforcement des prochaines réglementations thermiques et l'arrivée de labels poussant à la performance énergétique amèneront sans aucun doute les maîtres d'ouvrage, les concepteurs, les constructeurs, les fabricants et les entreprises à changer de système d'isolation voire de système constructif.
- Avenir de l'ITE en France :

Aux vues des objectifs énergétiques visés dans le cadre de la réduction des émissions de gaz à effet de serre et concernant l'isolation des bâtiments, le secteur de la construction devra faire face :

- à la **réhabilitation thermique du patrimoine bâti existant (voir introduction)**, en passant à la vitesse supérieure. C'est-à-dire en nombre plus grand de mise en chantier, en efficacité et qualité (épaisseurs d'isolants plus importantes, réduction des ponts thermiques possible avec l'ITE)
- dans la **construction neuve**, à l'évolution des typologies constructives conventionnelles voire dépasser les techniques de maçonnerie conventionnelle (béton, parpaings), à la reconversion de l'industrie du bâtiment ;

Quels sont les corps de métiers les plus appropriés étant donné la transversalité et la diversité des techniques d'ITE ? Cela concerne les maçons, les peintres, les plaquistes, les couvreurs, les charpentiers, les menuisiers... chacun dans son domaine de compétences. Quelques-uns sont déjà formés. C'est l'opportunité de faire évoluer les professions et d'élargir les champs d'activités. Raisonner Mur Manteau nécessite la coordination entre les lots gros œuvre et un groupement de lots : isolation thermique, revêtement extérieur, ouvertures et fermetures et modénatures.

En conclusion, l'isolation par l'extérieur est une solution intéressante qui permet dans une même opération d'améliorer considérablement les performances énergétiques du bâtiment, de procéder à son ravalement et de valoriser ses caractéristiques architecturales.

Quelque repère<sup>12</sup> :

Isoler un bâtiment, est la première action à entreprendre pour réduire ses besoins en énergie. Les deux principales techniques pour isoler un bâtiment sont l'isolation par l'intérieur (I.T.I.) et l'isolation déperditions thermiques d'un édifice.

L'I.T.E. consiste à recouvrir l'enveloppe existante par un manteau isolant. Cette nouvelle enveloppe homogène permet d'éviter les ponts thermiques. Le choix d'une I.T.E. permet d'isoler un logement sans réduire sa surface habitable. Cependant lors de la pose d'une I.T.E., il faut être vigilant à certains points spécifiques, en particulier le traitement des ouvertures, des balcons et des loggias.

L'isolation par l'extérieur des parois devra nécessairement être associée à une isolation performante des baies vitrées.

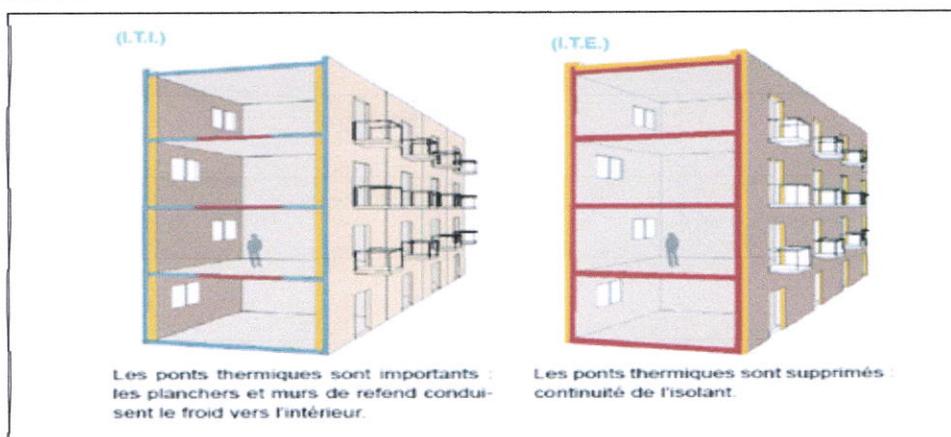


Figure 6: isolation par l'intérieur et par l'extérieur CAUE78

<sup>12</sup> Raphaël SAUVAGEON LAM Architecte DPLG Promotion HQE 2008

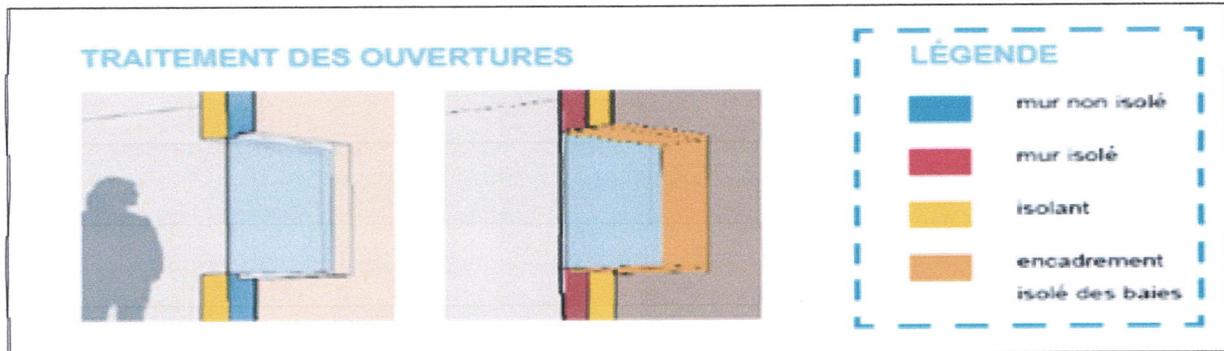


Figure 7: traitement des ouvertures CAUE78

L'isolation par l'extérieur nécessite aussi de porter une attention particulière à certains éléments décrits ci-dessous, car ils sont susceptibles de créer de nouveaux ponts thermiques :

- les contours des ouvertures, en particulier les tableaux des fenêtres
- les éléments de relation entre l'intérieur et l'extérieur tels que les balcons, les loggias, les terrasses et les coursives

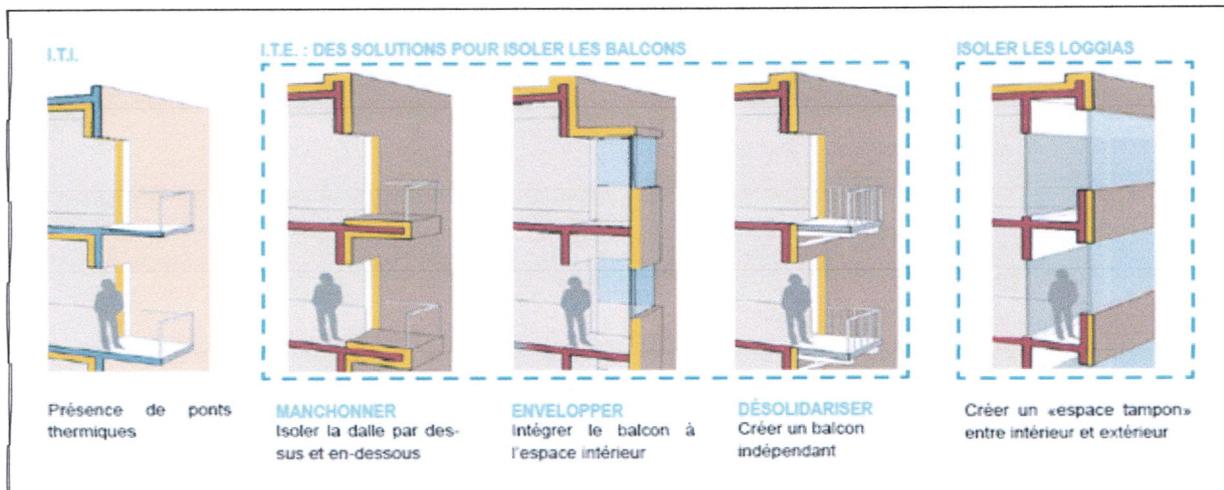


Figure 8: des solutions pour isoler les balcons et les loggias CAUE78

En conclusion, le bâtiment présente 40% de la consommation énergétique totale de l'union européenne. L'expansion de ce secteur devra faire augmenter sa consommation d'énergie.

# CHAPITRE 2

## 2. Les techniques de la réhabilitation énergétique :

En ce chapitre on va mettre en évidence les différentes stratégies de la réhabilitation énergétique, ses différents principes et matériaux utilisés, les types d'isolation et l'intégration d'énergie renouvelables.

### 2.1. Les stratégies de la réhabilitation énergétique<sup>13</sup>

#### 2.1.1. Enrichir le vocabulaire architectural

Isoler une façade par l'extérieur va nécessairement modifier son aspect : la pose de l'isolant nécessite en complément la pose d'un revêtement protecteur extérieur.



Figure 9: un large choix des matériaux du parement

Aujourd'hui, il existe un choix de revêtements extérieurs de plus en plus large, avec des matériaux, des textures et des couleurs très variés.

Evitons de reproduire les erreurs des premières rénovations réalisées dans les années 80 :

- En choisissant des matériaux pérennes,
- En composant des façades élégantes aux lignes harmonieuses, aux coloris coordonnés,
- En étant attentif à chaque assemblage, notamment à l'habillage des pourtours des baies
- En faisant preuve d'innovation dans ces différents domaines



Figure 10: un large choix des matériaux de parement



Figure 12: un traitement particulier des ouvertures



Figure 11: un traitement particulier des balcons

<sup>13</sup> Raphaël SAUVAGEON LAM Architecte DPLG Promotion HQE 2008

### 2.1.2. Renouveler l'image des bâtiments

L'isolation thermique par l'extérieur (I.T.E) permet d'améliorer les performances énergétiques du bâtiment tout en permettant une valorisation de son expression architecturale. Cependant, nous verrons qu'il existe plusieurs types d'intervention restant plus ou moins fidèles à la façade originelle.

Certaines rénovations seront réalisées en respectant fidèlement l'écriture de la façade originelle jusqu'à la pose de matériaux identiques à ceux d'origine. D'autres donneront l'occasion de remodeler considérablement le rythme de la façade pour donner une nouvelle image au bâtiment.

- restaurer la façade (Louveciennes - Résidence du Parc)

Cette réhabilitation montre que le choix de l'isolation par l'extérieur permet de rester fidèle aux façades originelles. L'architecte de la rénovation a respecté la composition générale ; les longs pilastres blancs et les lignes noires marquant les planchers sont toujours visibles après la rénovation.

Ainsi la pose d'isolant en façade n'a pas amoindri le jeu sur les épaisseurs des éléments, mais à la contrainte elle a permis de renforcer l'effet de contraste préexistant entre les matériaux.



Figure 13: Louveciennes-Résidence du Parc

Construction : dans les années 60

Architecte d'origine : B. Zehrfuss

Cout HT : 4.64 M€

Logements réhabilités : 85

MOA : OPIEVOY (source)

- dynamiser la façade (Saint-Omer - Résidence Saint-Exupéry)

Comme bon nombre de résidences construites dans les années 60, la résidence Saint-Exupéry a fait l'objet d'une première rénovation énergétique dans les années 80 après le premier choc pétrolier dans le cadre du dispositif Palulos mais les résultats de ces interventions ont souvent été décevants aussi bien sur le plan thermique, technique et esthétique et les façades se sont vite trouvées dégradées. Pour cette rénovation thermique, l'équipe de maîtrise d'œuvre a d'abord fait le choix de matériaux plus pérennes. Elle a cherché ensuite à retrouver les rythmes de la façade d'origine tout en la dynamisant par une palette de couleurs plus riche.

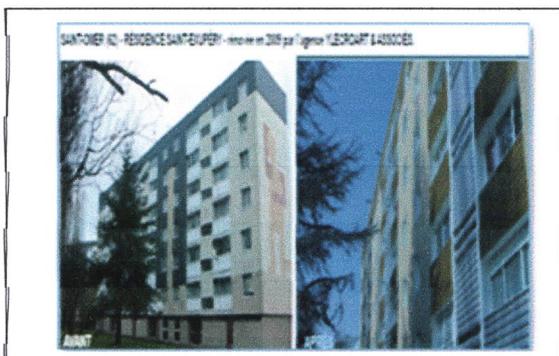


Figure 14: Saint-Omer-Résidence Saint-Exupéry

Construction : 1968

Avant travaux : 271 kWh/m<sup>2</sup>/an

Après travaux : 104 kWh/m<sup>2</sup>/an

Logements réhabilités : 204

MOA : Pas-de-Calais Habitat (source)

### ➤ Clarifier la façade (Gonesse - Résidence la Fauconnière)

Cette résidence est représentative des nouveaux modes de construction industrialisés développés après-guerre. La structure des bâtiments s'affiche en façade faisant apparaître murs de refend et dalles de plancher avec remplissage par panneaux préfabriqués. Les architectes de la rénovation ont souhaité rompre avec cette image et proposer une nouvelle composition des façades fondée sur des codes plus académiques (rez-de-chaussée formant socle et étage formant couronnement).



Figure 15: Gonesse-Résidence la Fauconnière

Si les architectes se sont démarqués de l'image d'un bâtiment industrialisé, ils en ont tiré avantage dans la mise en œuvre de la nouvelle façade en remplaçant les panneaux amiantés par des panneaux eux aussi préfabriqués en bois accrochés au nu extérieur de la structure. Ce mur rideau en bois présente de nombreux avantages. Les résultats de ces travaux démontrent l'efficacité de l'isolation thermique par l'extérieur. Le renforcement de l'isolation et le traitement des ponts thermiques a réduit de 60% les consommations de chauffage.

#### La technique du mur manteau

Cette technique d'isolation par pose de panneaux préfabriqués en bois présente de nombreux avantages et nécessiterait à être développée.

- Elle favorise l'emploi du bois, matériau renouvelable et capteur de CO<sub>2</sub>
- Elle permet de développer une filière industrialisée du bois et d'offrir un meilleur rapport qualité/prix
- Elle permet de maîtriser la plupart des ponts thermiques
- Elle diminue le temps de chantier et les nuisances
- Elle permet de gagner de la surface habitable
- Et comme dans le cas présenté, une finition extérieure en bois n'est pas obligatoire.

Construction : 1963

Architecte d'origine : Caplain

Avant travaux : 112kWh/m<sup>2</sup>/an

Après travaux : 43kWh/m<sup>2</sup>/an

Coût HT : 6.2 M€

Logement réhabilités : 570

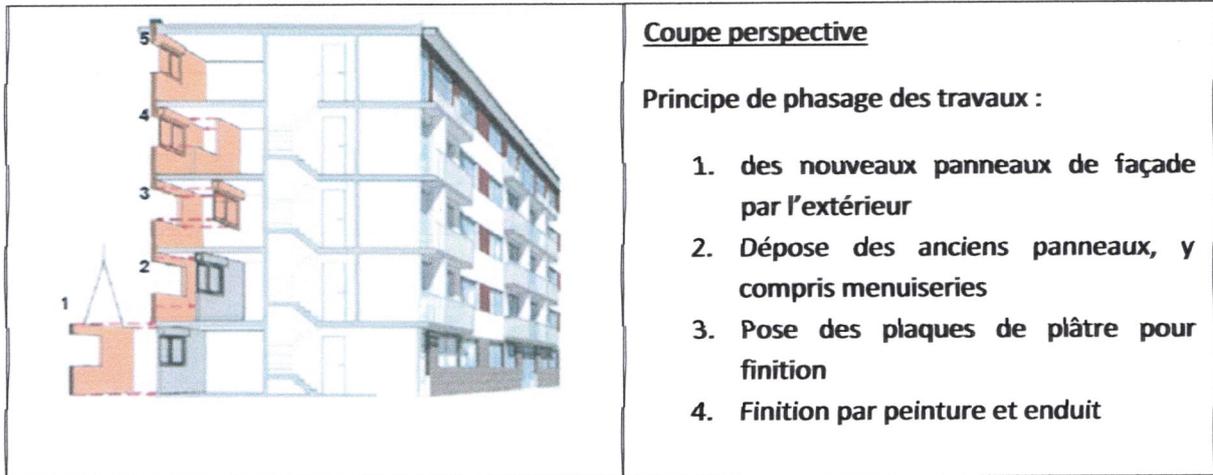


Figure 16: technique des murs manteaux coupe perspective

### 2.1.3. Améliorer le confort d'usage des logements

Si l'amélioration énergétique du bâti est un enjeu prioritaire d'une démarche environnementale, chaque fois que cela est possible il sera associé à d'autres enjeux tels que l'amélioration du confort d'usage. Cela va transparaître dans le traitement réservé aux balcons et loggias. Ceux-ci sont fréquemment présents sur les façades des immeubles des années 60. Ils ont permis d'apporter une compensation par rapport à l'habitat individuel en offrant un espace privilégié de relation avec l'extérieur. Mais ils sont source de ponts thermiques et demandent une attention particulière dans le cadre d'une rénovation énergétique,

Une requalification des balcons ou loggias permettra d'améliorer leur confort d'usage, mais on peut proposer d'autres solutions comme la création d'extensions limitées pour une pièce par exemple, jusqu'à celle d'un épaissement total du bâtiment modifiant radicalement les caractéristiques spatiales des logements.

- envelopper les balcons (Linz (Autriche) – Makartstraße)

Cet immeuble a fait l'objet d'une rénovation thermique avec réécriture de la façade. Les architectes ont choisi de fermer les balcons pour augmenter la surface des logements et améliorer le confort acoustique. Cette démarche a permis de requalifier la façade de l'édifice en la modernisant radicalement.



Figure 17: Linz Autriche- Makartstraße

Construction : 1957

Avant travaux : 179 kWh/m<sup>2</sup>/an

Après travaux : 14.4 kWh/m<sup>2</sup>/an

Cout HT : 2.45 M €

Gain de surface : 350 m<sup>2</sup>

## Partie théorique: Chapitre 2

- fermer les loggias (Roanne - Immeuble Le Méditerranée)

La rénovation thermique de l'immeuble Le Méditerranée était délicate pour les architectes. En effet, l'architecte d'origine a donné à ses façades une écriture personnelle aux lignes horizontales très marquées. Il fallait supprimer les importants ponts thermiques générés par les loggias filantes sur toute la périphérie du bâtiment sans dénaturer l'écriture des façades ; ainsi une grande attention a été portée au choix des vêtements et des nouvelles menuiseries. La fermeture des loggias pour les transformer en jardin d'hiver a été retenue. Elle offre une mixité d'usage selon les saisons et donne aux habitants le moyen d'intervenir sur leur confort thermique et de réduire leurs consommations énergétiques.



Figure 18: Roanne-Immeuble Le Méditerranée

Construction : 1969

Architecte d'origine : J. Dubuisson

Avant travaux : 179 kWh/m<sup>2</sup>/an

Après travaux : 14.4 kWh/m<sup>2</sup>/an

Cout HT : 2.45 M £

Gain de surface : 350 m<sup>2</sup>

- créer des extensions ponctuelles (Kremlin-Bicêtre - Résidence du Fort)

L'isolation par l'extérieur des bâtiments a été accompagnée de la création de volumes extérieurs au droit des cuisines. Cette intervention a participé à l'amélioration du confort d'usage des appartements, tout en proposant une réécriture dynamique de la façade.



Figure 19: Kremlin-Bicêtre-Résidence du fort

Cout : 12 M £

Logements réhabilités : 253

MOA : SNI Île-de-France

- Désolidariser les balcons

Les bâtiments du lotissement ont été construits sur le principe d'une ossature béton avec panneaux de remplissage. Ceux-ci ont pu être déposés et remplacés par des éléments de façade plus performants. La particularité de cette opération réside dans le remplacement des balcons qui occupaient plus de la moitié du linéaire des façades. Les dalles de béton ont été sciées et remplacées par une ossature métallique posée en applique. Les nouveaux balcons, désolidarisés de la façade, ont été conçus avec une grande profondeur offrant ainsi de généreux espaces extérieurs.

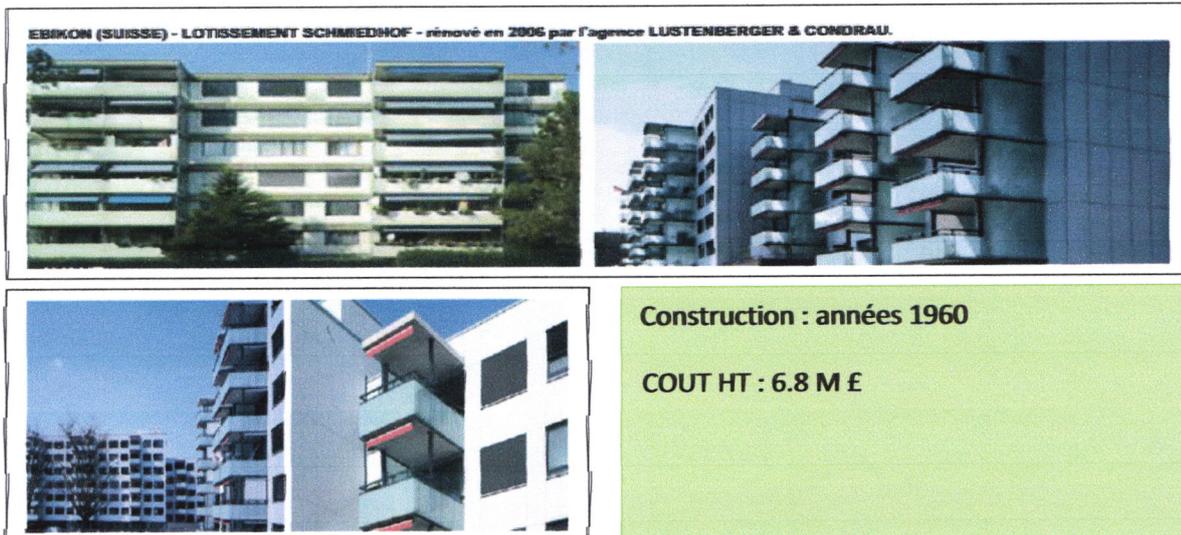
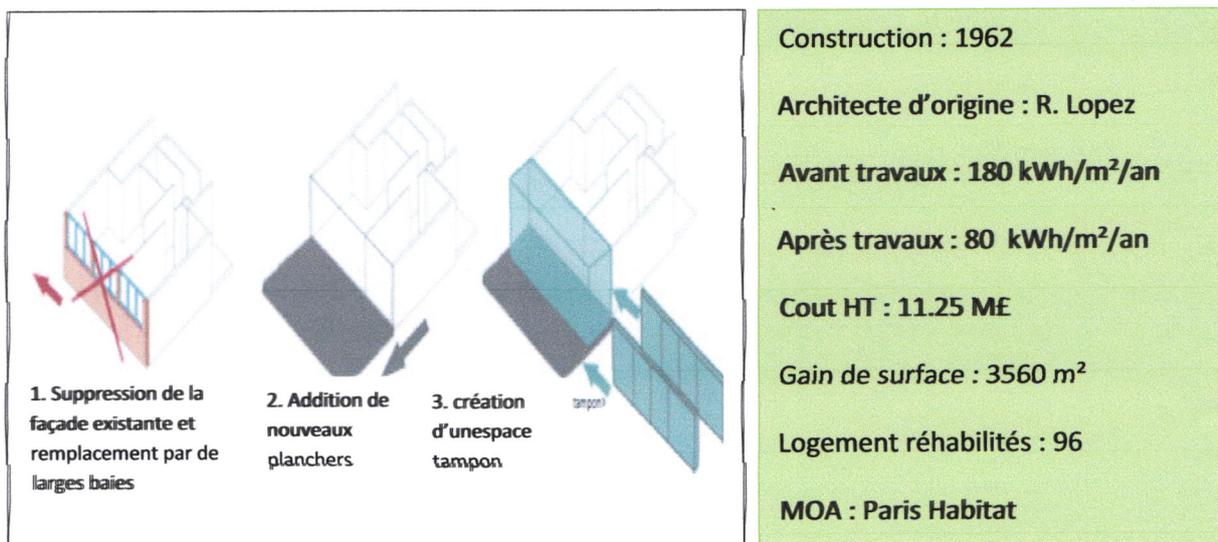


Figure 20: lotissement schmiedhof

- épaissir la façade (Paris - Tour Bois-le-Prêtre)



Figure 21: paris- Tour Bois-le-Prêtre



### Associer d'autres enjeux environnementaux

Selon le potentiel de surface constructible, on pourra créer de nouvelles surfaces habitables, par une surélévation, un réinvestissement des espaces ouverts en rez-de-chaussée, des espaces affectés aux garages ou des espaces libres autour des bâtiments,

### 2.1.4. Réinvestissement de rez-de-chaussée

La question de la rénovation thermique de la résidence a été d'emblée associée à une réflexion plus large sur l'évolution de la résidence. Le bâtiment sur pilotis possède au rez-de-chaussée une galerie couverte et ouverte sur le parc. Cet espace est apparu comme une opportunité pour débloquer le projet. La galerie est perçue comme un espace vide par les habitants ou générant de fortes nuisances sonores quand elle est investie. De plus, elle est source de déperditions thermiques par le plancher du premier étage. L'équipe de maîtrise d'œuvre a donc envisagé de réinvestir cet espace pour y aménager 12 logements situés avantageusement face au parc. Ils vont à la fois financer une partie des travaux d'isolation, et permettre une mixité intergénérationnelle



Figure 22: résidence des petits princes

Cout HT : 1.3 M€

Logements réhabilités : 52

MOA : Syndic de copropriété

### 2.1.5. Une requalification globale du bâti

Une rénovation énergétique peut s'accompagner d'une requalification globale qui va combiner les différentes solutions vues précédemment : I.T.E, extension, surélévation et nouveaux logements.

Cette démarche permet d'améliorer les performances énergétiques de l'existant et de lui donner une nouvelle écriture architecturale. Ainsi en préservant l'existant et en le valorisant, il est permis de participer à la transformation du quartier et de financer une partie des travaux grâce à la création de surfaces pour de nouveaux des logements et à leur revente.



Figure 23: résidence Saint-Exupéry

Cout HT : 22.4 M€

Gain de surface : 4593 m<sup>2</sup>

Logements réhabilités :  
89+71 HQE

MOA : S.E.M.I.V.

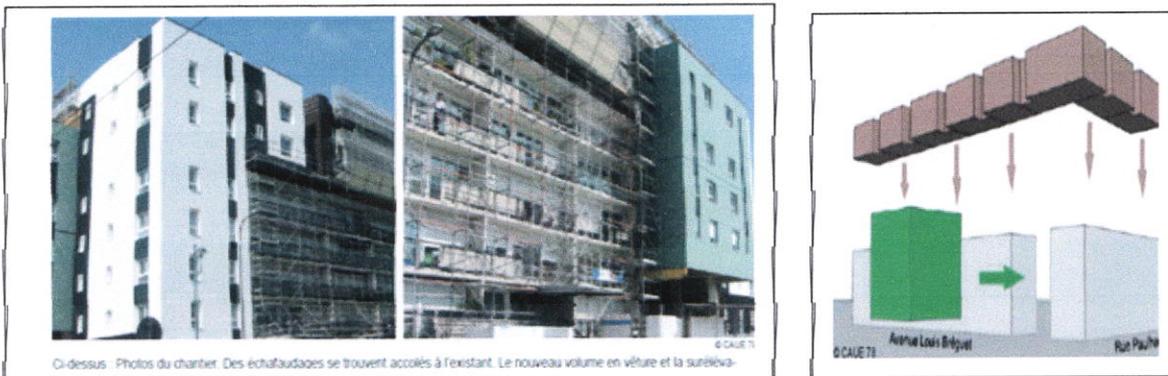


Figure 24: photo du chantier

La réhabilitation des deux bâtiments de la résidence Saint- Exupéry, en plus d'améliorer les performances techniques, va modifier significativement le caractère du bâtiment.

Les nouveaux logements en surélévation et les extensions en façade comprenant des nouvelles circulations verticales deviennent de vrais outils pour la réécriture des façades. Ce projet comprend aussi une nouvelle construction, habillée d'une vêtue verte, qui va relier les deux bâtiments, permettant de créer une continuité urbaine.

### 2.2. Les principes de la réhabilitation énergétique<sup>14</sup>

Avant de décrire les techniques existants ou susceptibles d'exister à court ou moyen termes, il est important de rappeler les principes essentiels sur lesquels doit fonder une réhabilitation énergétique:

- **L'inertie thermique**

Un des principes de la réhabilitation énergétique d'un bâtiment est de maintenir, voire d'améliorer, son inertie thermique, c'est-à-dire sa capacité de stocker et déstocker la chaleur dans sa structure, quelle que soit la saison. L'inertie thermique se définit par la vitesse à laquelle le bâtiment se réchauffe ou se refroidit en fonction de la température extérieure. Elle est à la base de la construction vernaculaire à l'époque où l'énergie était rare et chère. Son intérêt a disparu à l'époque du pétrole bon marché, les systèmes de chauffage devant alors seuls résoudre les besoins de confort thermique. Aujourd'hui, la recherche de l'inertie est de nouveau essentielle pour les logements et elle s'accompagne de la transformation de nos modes d'habiter.

- **L'étanchéité à l'air et les ponts thermiques**

D'autres points conditionnant l'efficacité de travaux de performance énergétique doivent être abordés :

- **L'étanchéité à l'air** : elle joue un rôle important dans la mesure où une mauvaise étanchéité augmente les infiltrations d'air non contrôlés. Toutes les parois laissent passer l'air et la maîtrise de cette étanchéité est nécessaire avant toute installation de ventilation ou de double vitrage performants ;

<sup>14</sup> La réhabilitation énergétique des logements Catherine Charlotte-valdieu et Philippe Outrequin 2011

- **Les ponts thermique** : les **déperditions thermique linéique** peuvent représenter 5 a 40% des déperditions totale d'un bâtiment, plus le niveau d'isolation thermique est élever, plus la part des ponts thermiques est importante. Ces derniers sont directement responsables de nombreux problèmes de condensation.
- **La nécessité d'une approche intégrée**

Au-delà de la technique, les comportements des occupants agissent aussi sur le bâti et sa performance énergétique. Certains bâtiments tertiaires certifiés HQE ont du mal à atteindre les performances attendue fait de la difficulté pour un constructeur de prévoir à priori les attentes et les besoins de ses occupants. Pour le logement, la prévision est plus simple mais à condition de prendre en considération les modes d'habiter. La réhabilitation menée récemment à Tourcoing et présenté dans l'encadré ci-contre met l'accent sur la nécessité de connaître les besoins et les attentes des résidents avant toute action.

Le comportement des résidents ayant un impact sur la consommation, il est nécessaire d'adopter une approche intégrées qui allie en permanence comportement et technique. Cette approche doit être déclinée en des démarches professionnelles relativement complexes mêlant la sociologie, l'environnement, l'économie, et la technologie.

- **Les principes de base**

Toute rénovation énergétique devrait s'appuyer simultanément sur les principes suivant :

- La sobriété énergétique, qui consiste à supprimer les gaspillages et les besoins superflus par une meilleure gestion de l'énergie et des gestes verts ;
- La prise en compte du confort et de la santé des usagers, notamment par le renouvellement de l'air et la recherche du confort thermique (d'hiver et d'été) ;
- L'efficacité énergétique, qui permet de réduire la consommation d'énergie pour un usage donné, notamment par la réduction des besoins de l'enveloppe mais aussi de ce qui concerne les générateurs de chaleurs ;

Le recours à l'énergie renouvelable, qui répond à nos besoins énergétiques avec un faible impact sur notre environnement et une gestion décentralisées.

### **2.3. Isoler l'enveloppe et réduire les besoin : sobriété et qualité de vie<sup>15</sup>**

#### **2.3.1. Les matériaux utilisés :**

Les techniques d'isolation sont bien connus mais les matériaux utilisés évoluent et deviennent plus performants.

- **Les matériaux utilisés pour l'isolation des parois opaques :**

Nous rappellerons ici les principales caractéristiques des matériaux les plus utilisés.

- **Les laines minérales**

---

<sup>15</sup>La réhabilitation énergétique des logements Catherine Charlotte-valdieu et Philippe Outrequin 2011

Les laines minérales représentent environ les deux tiers du marché. Elles sont proposées en rouleaux, en panneaux ou en flocons (pour l'isolation des combles perdus) ; parmi les laines minérales, on distingue :

- Les laines de verre

Fabriquées à partir de sable et de verre recyclé (70% du marché) ;

- Les laines de roche

Fabriquées à partir de basalte (30%).

Ces produits ont des atouts intéressants tels que leurs propriétés thermiques et acoustiques élevées et leur efficacité. Ils sont respectueux de l'environnement et de la santé, leur pose est facile et garantie dans le temps. Enfin, ils sont non inflammables.

- Le polystyrène expansé (PES)

Le PES est proposé en panneaux (isolation par l'intérieur et l'extérieur des murs et des toitures) ou en entrevous (isolation des planchers sur vide sanitaire ou sur terre-plein).

Ces produits ont aussi de nombreux atouts

Propriétés thermiques importantes, facilité de mise en œuvre et sont totalement recyclables.

Cependant, la découpe du PSE occasionne de nombreuses pertes sur les chantiers et il n'est vraiment recyclable que s'il est propre, or les panneaux à la dépose comprennent à la fois du plâtre et de la colle. Enfin, le polystyrène dégage des émanations toxiques en cas d'incendie.

Le PSE graphite est aujourd'hui utilisé pour la fabrication de panneaux thermo-acoustiques.

- Le polyuréthane (PU)

La mousse de polyuréthane est un isolant alvéolaire composé de fines cellules emmagasinant un gaz à faible conductivité thermique. Sous forme de panneaux isolants, elle est largement utilisée pour sa qualité d'isolation phonique et thermique et son adhérence sur tout support. Sous forme de bombes, elle est utilisée pour son pouvoir de flottation et sa capacité à remplir les vides quels qu'ils soient. Enfin, elle a un des coefficients de conductivité thermique les plus faibles, de 0,023 à 0,027 W/m.K selon les produits.

- La vermiculite

La vermiculite est une roche naturelle transformée en paillettes qui peuvent être déversées ou insufflées à l'intérieur d'une paroi. Avec du béton, elle peut être utilisée pour la réfection et le rattrapage de niveau de vieux planchers.

- Les isolants minces multicouches réflecteurs

Il s'agit de complexes techniques de faible épaisseur (< 30 millimètres) composés d'un assemblage de films réflecteurs métallisés et de séparateurs associés (ouates, mousses, laines animales ou

végétales). Ces isolants agissent simultanément sur tous les modes de déperditions thermiques : rayonnement, convection, conduction.

Le Syndicat européen des isolants minces multicouches réflecteurs estime que les pertes par rayonnement et par convection sont très importantes et que leurs mesures sont aussi nécessaires pour caractériser la performance d'un isolant, ce que ne font pas actuellement les laboratoires de mesure. La comparaison de l'efficacité thermique de ces isolants par rapport aux isolants traditionnels fait encore débat. Ils constituent toutefois une solution envisageable car ils répondent aussi à un besoin dans de nombreux logements. En effet, l'avantage de ces isolants est le gain de volume et de surface habitable pour l'isolation des combles ou des murs par l'intérieur et leur facilité de mise en œuvre. Les isolants minces peuvent aussi renforcer une isolation épaisse préexistante, ceux-ci étant placés sur la côté intérieur de l'isolant épais. Si celui-ci est équipé d'un par-vapeur, il est nécessaire de le lacérer avant de poser l'isolant mince et de réserver une lame d'air de 20 millimètres entre les deux isolants.

### ➤ Les isolants d'origine végétale

Ces isolants ont en commun de provenir de la filière agricole ou de la biomasse. Il s'agit des fibres de bois, du liège, de ouate de cellulose, de laine de chanvre, de laine de lin et de chènevotte.

- **Le liège** provenant du chêne liège est un produit rempli d'air à 95%, ce qui lui donne un important pouvoir isolant et permet aussi à la paroi de respirer. Il est donc particulièrement bien adapté à l'isolation des maisons anciennes et des endroits humide. Le liège se présente en granulés ou en plaques, et s'utilise pour l'isolation thermique et phonique.
- **La fibre de bois** est obtenue par des fibrage thermomécanique des copeaux et transformée en pâte par adjonction d'eau. Elle se présente en panneaux utilisables en sol, plancher, toiture et mur rampant. La fibre de bois est aussi appréciée pour le confort thermique d'été qu'elle procure. Par exemple, les constructions à ossature bois peuvent comprendre une isolation avec de la ouate de cellulose entre les montants en bois et une isolation par l'extérieur en fibre de bois dense.
- **La laine de coton** est fabriquée à partir de fibres de coton qui proviennent essentiellement du recyclage de tissus industriels. Elle se présente en vrac (projetée sur hourdis ou entre solive), en panneaux ou en rouleaux.
- **La laine de chanvre** provient de chanvre cultivé dans toutes l'Europe. Produit en France, elle est livrée en panneaux ou en rouleaux et se pose comme la laine de verre avec l'ajout d'un par-vapeur côté intérieur.
- **La chènevotte** issue du bois de la tige de chanvre, en vendue en vrac et utilisable pour l'isolation des planchers et des combles perdus dans les endroits secs. Mélanger à de la chaux, elle constitue une chape ou un enduit isolant apprécié en rénovation.
- **La laine de lin** peut aussi servir pour la fabrication de panneaux ou de rouleaux isolants (utilisable de fibres courtes).
- **La ouate de cellulose** provient de recyclage des boues papetières mélangé à de vieux papiers déchiquetés. Elle peut être soufflée ou projetée. Elle permets assez facilement aux parois de respirer et est particulièrement bien adaptée à l'isolation des maisons anciennes.

### ➤ Les isolants d'origine animale

- **La plume**(il s'agit de plume de canard mélangée à de la laine de mouton et à des fibres textiles) peut être utilisée comme isolant et se présente en panneaux ou en rouleaux.
- **La laine de mouton** est un isolant vendu en crac, en panneaux ou en rouleaux, elle a une bonne capacité de rétention d'eau (elle peut absorber 30 % de son poids en eau sans perdre de ses qualités isolantes). La laine de mouton doit être traitée car elle est très sensible aux mites.

Tous ces isolants présentent des caractéristiques différentes, et le diagnostic est important pour bien apprécier la nature des problèmes à traiter : importances des déperditions thermiques mais aussi condition d'ensoleillement, traitement du confort d'été, humidité des logements, nature de mur existants, etc.

L'efficacité thermique sera réelle seulement si l'isolant est bien posé, d'une part, et que les travaux effectués ensuite ne créent pas de nouveaux ponts thermiques.

- **Les matériaux et les systèmes constructifs utilisés pour les extensions :**

Lors d'une extension, on peut se retrouver, d'une certaine façon, dans une situation similaire à celle d'une construction neuve. Nous n'aborderons pas ici tous les matériaux de la construction neuve, nous en citerons seulement quelques-uns parmi ceux qui peuvent satisfaire aux exigences de performance énergétique et qui sont parfaitement adaptés dans le cas d'une extension.

- **La brique monomur**

La brique monomur possède une forte inertie thermique et protège aussi bien du froid que de chauds. Auto-isolante ou à isolation répartie, elle ne nécessite pas d'isolation supplémentaire. Elle est particulièrement bien adaptée en zone H3. Une brique mono-mur de 37,5 centimètres a un coefficient U de  $0,33 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ .

- **La brique mono-mur à isolation intégrée**

Cette brique renferme dans ses cavités de la perlite, un isolant minéral obtenu par expansion à très haute température de roche volcanique. Elle est particulièrement bien adaptée en zone H1. Une brique mono-mur avec isolation intégrée de 24,5 centimètres a un coefficient U de  $0,18 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ .

- **Les blocs coffrant**

Différents types de blocs existent, avec des isolants de divers types également : bloc coffrant en fibre de bois (30 centimètres) remplie à moitié de bloc de PES, lequel, avec une épaisseur de 33 centimètres, a un coefficient U de  $0,18 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$  pour un poids de  $96 \text{ kg/m}^2$ .

Ces nouveaux produits fortement isolants sont généralement faciles à utiliser et demandent aussi beaucoup moins d'eau que la maçonnerie traditionnelle.

- **Le béton cellulaire**

Aussi appelé thermo-pierre, ce béton très léger issu d'une combinaison d'eau, de sable siliceux, de ciment, de chaux et d'air a les mêmes caractéristiques que la brique mono-mur.

Un béton cellulaire de 37,5 centimètres a un coefficient U de  $0,32 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ .

- **Le bloc de pierre ponce**

Roche magmatique issue d'éruption volcanique., très poreuse, légère, inerte, incombustible, non gélive, peu capillaire et entièrement naturelle, la pierre ponce est un bon isolant thermique et phonique. Utilisé en mono-mur avec des blocs de 24 \* 30 centimètres et de 2,5 centimètres de hauteur, son coefficient U est de 0,32 à 0,38 W/ m<sup>2</sup>. K.

Son utilisation en zone de risque sismique est également possible.

- **L'ossature bois**

Ce procédé constructif présente l'avantage d'un montage rapide avec une préfabrication des éléments en usine, les huisseries et les prêtes ainsi que les boîtes et les gainages étant directement intégré sur la structure afin d'éviter tout pont thermique. Les murs sont constitués de panneaux isolés par l'extérieur et l'intérieur.

- **Les modules constructifs PSE + béton**

Les modules constructifs sont composés de deux parois de coffrage isolant en polystyrène expansé (PSE) de haute densité, reliées par des entretoises.

Le béton est coulé entre ces deux parois jusqu'à une hauteur de 3,6 mètres en une seule fois. L'épaisseur de ces murs peut varier de 25 à 45 centimètres avec une double isolation par l'intérieur et par l'extérieur, évitant les ponts thermiques.

Un module constructif de 25 à 45 centimètres a un coefficient U de 0,20 W/ m<sup>2</sup>. K.

## 2.4. Les différents types d'isolation et la technologie à venir

### 2.4.1. L'isolation des façades et le traitement des ponts thermiques

Alors que nos systèmes de ont depuis des décennies privilégié l'isolation par l'intérieur, il est aujourd'hui de plus en plus nécessaire de procéder à des isolations par l'extérieur pour lutter contre les ponts thermiques et les défauts d'étanchéité.

Dans les cas de l'isolation par l'extérieur, les matériaux utilisés pourront être adaptés au contexte local favorisé l'inertie thermique du bâtiment. Dans le cas de l'isolation par l'intérieur, l'inertie thermique devra être préservée par les plancher et les murs de refend ; le maintien des capacités d'échange consistera simplement alors à éviter tous les revêtements susceptibles de constituer une isolation, tels que les moquettes et les tapis.

Dans un bâtiment non isolé, les ponts thermiques représentent de faibles déperditions (5%) au regard des déperditions totales par les parois. A contrario, quand les parois sont fortement isolées et les déperditions globales faibles, les ponts thermique présentent proportionnellement une forte déperdition (plus de 30%). Il est d'autant plus important dans ces bâtiments d'éviter les pertes de chaleur par les jonctions. Enfin, les percements génèrent fréquemment des ponts thermiques.

Selon le CSTB , les déperditions liées aux ponts thermiques représentent 30 à 40% des déperditions par les parois d'un immeuble collectif. Un mètre linéaire de pont thermique non traité en France représente 77 kWh de consommation d'énergie supplémentaire par an.

Si la réduction des ponts thermique est synonyme d'économie d'énergie, elle contribue aussi à la pérennité de bâti en luttant contre les pathologie liées aux différences de température entre les parois. D'une part, le pont thermique occasionne un flux thermique ciblé sur une faible surface de la paroi, ce qui induit une réduction de la température surfacique à proximité. D'autre part, de la condensation se crée au cœur du pont thermique, générant une dégradation du bâti en surface mais aussi en profondeur.

### ➤ Les ponts thermiques liés à des balcons

Plusieurs solutions existent pour les éviter :

Désolidariser les balcons de la façade à l'aide d'une ossature indépendante ; poteau ou voiles porteurs ;

Lors d'importantes réhabilitation, concevoir comme dans le neuf les balcons sur une prédelle, recouvrir la prédelle avec l'isolant puis posé la dalle sur l'isolant.

### ➤ Les ruptures de ponts thermiques

De nombreux rupture de ponts thermiques ont été développé pour limité les fuites, notamment au niveau de liaison entre les éléments du bâtiment. Il existe aujourd'hui sur le marché français plusieurs types de ruptures identifiables selon le composant (laine minérale, polystyrène), le type de liaison à traiter (dalle\ façade, dalle\ balcon) et le type de structure (construction dure ou métallique).

### ➤ Revêtement thermo-réfléchissant pour les radiateurs

Quand il accolé sur un mur froid (mur donnant sur l'extérieur), un radiateur dissipe jusqu'au quart de sa chaleur dans ce mur : un revêtement thermo-réfléchissant permet de renvoyer jusqu'à 98% de cette chaleur normalement perdu. Ce matériau est disponible en rouleau ou en plaque.

### ➤ Isolation des cages d'escalier

Les murs intérieurs séparant une cage d'escalier d'un logement, ou d'une cave ou d'un grenier non chauffé ne sont généralement pas isolés. Un doublage de 10 centimètre d'un isolant à haute performance peut être envisagé. Dans l'hypothèse d'une trappe d'accès à des combles perdus, il est conseillé d'isoler la trappe par la moitié de la résistance thermique posée au plancher des combles.

#### 2.4.2. L'isolation du mur par l'intérieur

L'isolation par l'intérieur consiste à appliquer sur les murs des panneaux composites, panneaux d'isolant protégés par un doublage ou des panneaux « sandwich » qui est constitués d'un isolant entre deux parois (collé entre deux plaques de plâtre par exemple). Les panneaux sont déjà pourvus d'un parement en plâtre cartonné (1 centimètre) qui évite de mettre en œuvre un doublage ou une contre-cloison. L'isolation thermique peut être vissé sur une ossature métallique (dans le cas de murs irréguliers) ou collé, ou encore posés sur des tasseaux.

L'isolation par l'intérieur réduit la surface des pièces d'environ 4%. Elle demande aussi de libérer les pièces traitées. Une des difficultés technique de l'isolation par l'intérieur réside dans la pose du pare-

- **Maintien de la surface habitable.**
- **Nombreuses solutions de bardage.**
- **Embellissement et requalification possible, nombreuses possibilités de décoration avec des coloris variés.**
- **Pas de rupture de service ou d'occupation des locaux pendant les travaux.**

Inconvénients :

- **Technique couteuse, plus facile à mettre en œuvre dans le cas de façade très simple.**
- **Risque de créer des problèmes de condensation en cas de ventilation défectueuse et, inversement, remise en cause possible de l'étanchéité des menuiseries et de la toiture.**
- **Impossibilité de mener ce type de réhabilitation dans les bâtiments a haute qualité architecturale ou patrimoine, aux modénatures complexes.**
- **Risque d'empiètement sur l'espace public dans le cas de façade sur voirie.**
- **Manque de professionnels spécialisés dans de nombreuses régions françaises.**

Enfin, la qualité des systèmes d'isolation thermique peut être évalué pour un ensemble de critères: faciliter de réparation, d'entretien, résistance aux effets du vent, étanchéité à l'eau, tenue aux chocs, comportement en cas d'incendie, résistance thermique (classement reVETIR du CSTB) .

### 2.4.4. L'isolation des toitures<sup>16</sup>

- **Combles non aménagés :**

L'isolation du plancher haut est remontée sur la panne sablière de façon à assurer la continuité de l'isolation thermique et l'étanchéité à l'air entre la toiture et le plancher haut.

Le traitement est le même au niveau des pignons et des refends, sur lesquels il est nécessaire de remonter l'isolation sur 50 cm environ.

Si le refend ne remonte pas jusqu'à la toiture, il sera complètement isolé.

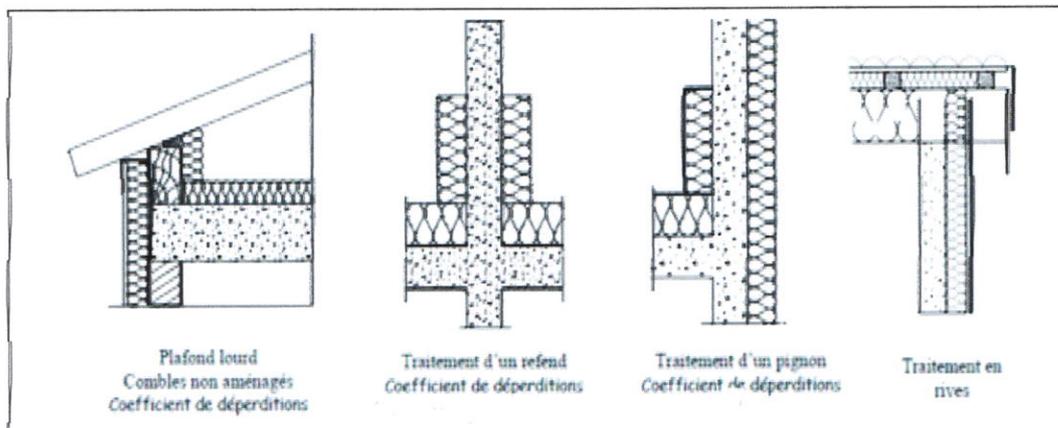


Figure 25: traitement de toiture comble non aménager

- **Combles habitables ou aménagés**

La continuité de l'isolation thermique et acoustique est assurée entre les parois verticales et la toiture et à tout changement de pente.

<sup>16</sup> Source : [mur-manteau.fr/telechargements/infos-tech/MM-comment-construire-en-MM.pdf](http://mur-manteau.fr/telechargements/infos-tech/MM-comment-construire-en-MM.pdf)

La solution panneaux toiture est également adaptée à la technique du Mur Manteau.

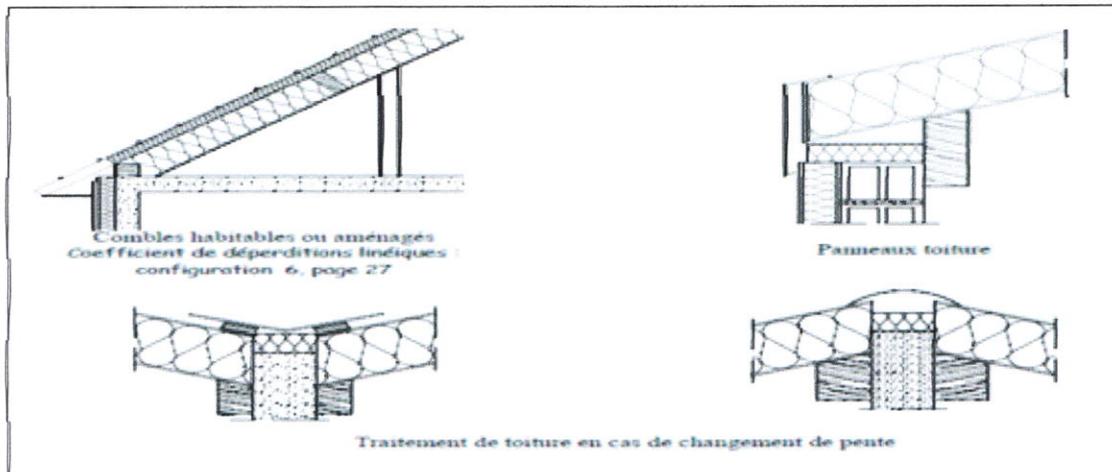


Figure 26: traitement de toiture comble aménager

- Toiture terrasse
  - Acrotère

L'acrotère est isolé sur tout son pourtour, aussi bien côté mur que côté terrasse pour assurer l'esthétique et les performances thermiques. Le choix de la technique d'étanchéité est réalisé selon l'accessibilité de la terrasse.

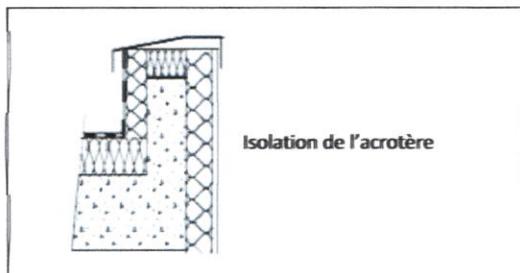


Figure 28: isolation de l'acrotère

- Sur local chauffé

Dans certaines configurations, l'utilisation de rupteurs thermiques peut apporter une performance intéressante. Une procédure d'évaluation spécifique est nécessaire pour valider leurs performances mécaniques et thermiques.

- Sur local non chauffé

Cette configuration nécessite la pose d'une étanchéité et de prolonger l'isolation en façade. La solution terrasse sur poutre ou sur console sera choisie pour assurer la continuité de l'isolation thermique.

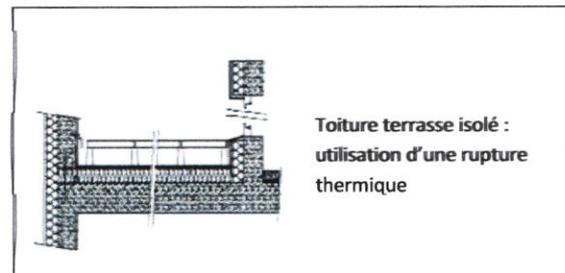


Figure 27: toiture terrasse isolé

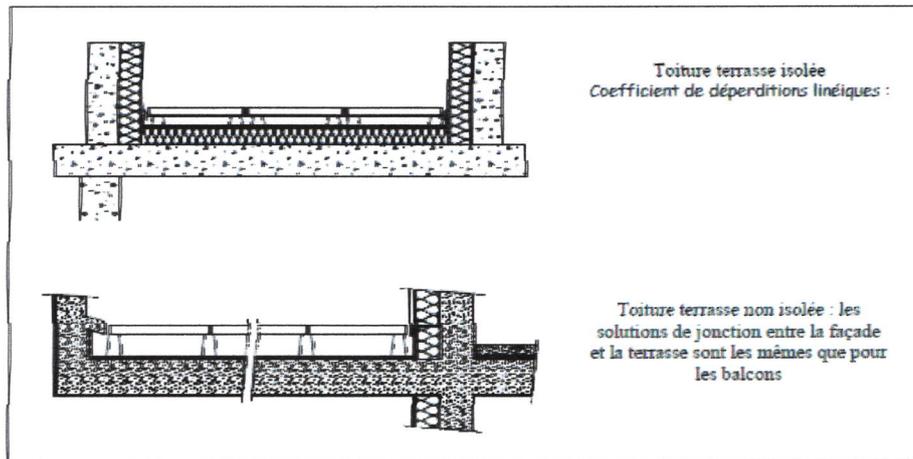


Figure 29: toiture terrasse isolée et non isolée

### 2.4.5. L'isolation des plancher<sup>17</sup>

Dans les logements construits avant 1980, les planchers posés sur sous-sol non chauffé ou sur un vide sanitaire ne sont généralement non isolés.

On peut améliorer l'isolation soit en doublant la sous-face si elle est accessible (pose entre les solives de bandes d'isolant, recouverte ensuite de panneaux de plâtre ou de particules), soit en recouvrant le plancher d'un revêtement isolant.

L'isolation entre solive peut être réalisée soit avec des panneaux souples ou semi-rigides de laine minérale, soit par un remplissage totale de l'espace au moyen de granulats de vermiculite, de perlite, etc.

Une dalle flottante (en béton ou bois) vient ensuite recouvrir l'ensemble.

L'isolation sur sol porteur (dalle de béton) peut être réalisée avec des panneaux rigides de mousse synthétique ou de laine minérale, spécialement conçus pour cette utilisation, ou avec une couche de mortier isolant (polystyrène expansé recyclé, vermiculite ou perlite) ou encore avec une chape à sec en plaque de plâtre ou de fibro-plâtre présentant sur la face arrière un isolant de type polystyrène ou laine de roche.

L'isolation sous plancher sur vide sanitaire est réalisée à l'aide de panneaux de laine minérale ou de mousse alvéolaire spécifique en sous-face.

Lors des réhabilitations importantes, quand le plancher est remplacé, plusieurs techniques d'isolation renforcée peuvent être utilisées en fonction de la problématique technique :

- Plancher en bois à la française ;
- Poutrelle et hourdis ;
- Plancher mixte acier-béton avec laine de roche etc.

### 3. Les vitrages et les menuiseries extérieures<sup>18</sup>

<sup>17</sup> La réhabilitation énergétique des logements Catherine Charlotte-valdieu et Philippe Outrequin 2011

<sup>18</sup> Source : La réhabilitation énergétique des logements Catherine Charlotte-valdieu et Philippe Outrequin 2011

Dans les rénovations, on distingue différents types de vitrages : double vitrage classiques, doubles vitrages faiblement émissifs, doubles vitrages avec lame d'argon, triples vitrages, L'épaisseur des vitres et des lames d'air ou d'argon peut varier et modifier l'efficacité du dispositif.

La distinction peut aussi se faire sur les matériaux utilisés : le PVC vient largement en tête grâce à son rapport qualité/ prix

### ➤ Doubles vitrages classiques

Les menuiseries sont regroupées en trois familles selon les matériaux constituant le cadre : PVC, aluminium ou bois. Le coefficient moyen d'un double vitrage classique est de  $2,5 \text{ W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}$ .

### ➤ Doubles vitrages à isolation renforcée ou faiblement émissif

Le double vitrage d'un logement doit permettre à la chaleur de rester à l'extérieur l'été et à l'intérieur l'hiver. Pour cela, une fine couche d'oxyde métallique appliquée sur la face intérieure de double vitrage empêche la chaleur de sortir et réduit les déperditions thermiques de l'ordre de 60 à 70%. Ce type de fenêtre représente aujourd'hui 65% du marché.

### ➤ Double vitrage faiblement émissif avec lame d'argon

Dans ce cas, la lame d'air est remplacée par un gaz naturel rare non conducteur de la chaleur, l'argon, ce qui améliore de 26 à 42 % le rendement par rapport à une lame d'air inoffensive.

## 2.5. Energie renouvelable

### 2.5.1. La géothermie<sup>19</sup>

- Origine de la géothermie

La chaleur de la Terre provient essentiellement (90%) de la désintégration d'éléments radioactifs (uranium, thorium, potassium) présents dans les roches et du noyau terrestre qui génère un flux de chaleur vers la surface.

Plus la profondeur est grande et plus la chaleur est élevée, elle augmente en moyenne de  $3,3^\circ\text{C}$  tous les 100m, mais ces valeurs peuvent être nettement supérieures dans certaines zones instables du globe et même varier de façon importante dans des zones continentales stables.

- Caractéristiques générales de la géothermie

La géothermie est la seule énergie renouvelable qui s'adresse aux deux grandes filières énergétiques:

- ✓ production de chaleur
- ✓ production d'électricité

Il existe trois types d'exploitation de la géothermie :

1. la géothermie très basse température : exploite des réservoirs situés à moins de 100m et dont les eaux ont une température inférieure à  $30^\circ\text{C}$  ; on l'utilise pour le chauffage et la climatisation grâce à une pompe à chaleur

<sup>19</sup> Source : [http://acces.ens-lyon.fr/eedd/climat/dossiers/energie\\_demain/geothermie/geothermie.pdf](http://acces.ens-lyon.fr/eedd/climat/dossiers/energie_demain/geothermie/geothermie.pdf)

2. la géothermie basse énergie : utilise des aquifères à des températures comprises entre 30°C et 100°C, on l'exploite dans des réseaux de chaleur pour le chauffage urbain ou dans le cadre de procédés industriels.
3. la géothermie moyenne et haute énergie (jusqu'à 250°C) est utilisées pour produire de l'électricité via des turbines

### 2.5.2. Le solaire thermique<sup>20</sup>

L'eau chaude sanitaire solaire est l'une des solutions qui permet de réduire la consommation d'énergie de l'eau chaude sanitaire.

Une des orientations à retenir consiste à coupler le solaire thermique avec l'ensemble des systèmes de chauffage, de production d'eau chaude sanitaire et de ventilation de bâtiments, que ce soit on utilisant des capteurs solaires à circulation de liquide ou des capteurs solaire à air. Enfin, le rafraîchissement solaire dans les bâtiments existant reste une piste technologique à valider dans le cadre à la fois de la rénovation et de la construction du bâtiment.

### 2.5.3. Le photovoltaïque

L'énergie solaire photovoltaïque est une énergie électrique produite à partir rayonnements solaire. L'énergie produite par une centrale solaire photovoltaïque est dite renouvelable, car sa source est considérée comme inépuisable à l'échelle de temps humaine.

- Les modules photovoltaïques

Il existe plusieurs techniques de modules solaires photovoltaïques :

- ✓ les modules solaires monocristallins possèdent le meilleur rendement au m<sup>2</sup> et sont essentiellement utilisés lorsque les espaces sont restreints. Le coût, plus élevé que celui d'autres installations de même puissance, contrarie le développement de cette technique ;
- ✓ les modules solaires polycristallins ont actuellement le meilleur rapport qualité/prix, c'est pourquoi ce sont les plus utilisés. Ils ont un bon rendement et une bonne durée de vie (plus de 35 ans) ;
- ✓ les modules solaires amorphes auront certainement un bon avenir car ils peuvent être souples et ont une meilleure production par faible lumière. Cependant, le silicium amorphe possède un rendement divisé par deux par rapport à celui du cristallin, cette solution nécessite donc une plus grande surface pour la même puissance installée. Toutefois, le prix au m<sup>2</sup> installé est plus faible que pour des panneaux solaires composés de cellules cristallines<sup>2</sup>.

### 2.5.4. Les éoliennes domestiques<sup>21</sup>

Les éoliennes domestiques sont es machines offrant une puissance nominale comprise entre 100 W et 20 KW. Il existe deux types éoliens distingués au marché des particuliers, des collectivités locales et des agricultures : formées d'un axe horizontal au bout d'un mât et orienté en fonction du vent, ou d'un axe verticale, spécialement conçues pour s'adapter aux contraintes engendrées par les

<sup>20</sup> Source : La réhabilitation énergétique des logements Catherine Charlotte-valdieu et Philippe Outrequin 2011

<sup>21</sup> Source : La réhabilitation énergétique des logements Catherine Charlotte-valdieu et Philippe Outrequin 2011

## Partie théorique: Chapitre 2

turbulences du milieu urbain. Les éoliennes domestiques à axe verticale peuvent être intégrées en toiture avec des modules fournissant jusqu'à 2500 kWh d'électricité par an.

Les éolienne à axe horizontale sont moins coûteuses que les éoliennes à axe verticale et connaissent également de meilleurs rendements énergétiques.

En revanche, elles posent davantage de problèmes que les éoliennes à axe verticales sur trois points :  
le bruit, les vibrations et la sécurité.

# CHAPITRE 3

### **3. Etude des exemples**

#### **Les projets lauréats<sup>22</sup>**

Dans ce cadre, le Plan Urbanisme Construction Architecture (PUCA) a lancé en novembre 2008 une consultation de soutien à l'innovation en vue d'expérimentations dénommée « REHA : Requalification à haute performance énergétique de l'habitat collectif<sup>1</sup> ». Cette consultation, qui relève du Programme de Recherche et d'Expérimentation sur l'Energie dans le Bâtiment (PREBAT), a pour but de promouvoir une requalification durable des bâtiments d'habitat collectif dans les secteurs public et privé. Elle s'inscrit dans les objectifs du Grenelle de l'Environnement dont une des ambitions est de développer de nouveaux outils pouvant jouer un rôle majeur dans la réhabilitation du parc bâti existant.

REHA a pour ambition de faire émerger des procédés technico-architecturaux innovants, de constituer un éventail de solutions de requalification qui permettent d'apporter des réponses opérationnelles aux enjeux d'insertion urbaine, de qualité architecturale, de qualité d'usage, d'excellence énergétique, de performance environnementale, d'efficacité économique et sociale.

Placé sous la présidence de Jean-Paul DALLAPORTA, président du comité « Bâtiments existants » du PREBAT, le jury de la consultation, réuni les 09 et 10 septembre 2009, a retenu 17 propositions. Conformément à l'esprit du texte de la consultation, ces propositions ont été sélectionnées sur la qualité de la réponse apportée aux critères suivants :

- La qualité architecturale et la qualité d'usage ;
- La qualité technique et l'excellence énergétique ;
- l'efficacité économique.

Les projets de REHA choisis dans ce chapitre :

- BÂTIMENT LA CHANCELLERIE Bâtiments IA-IB 18000 BOURGES
- Plein sud
- BÂTIMENT LETELLIER 36-38 rue Letellier
- BÂTIMENT EUCLIDE 31-87 av. Kennedy 59200 TOURCOING

---

<sup>22</sup>Source : [www.reha-puca.fr](http://www.reha-puca.fr)

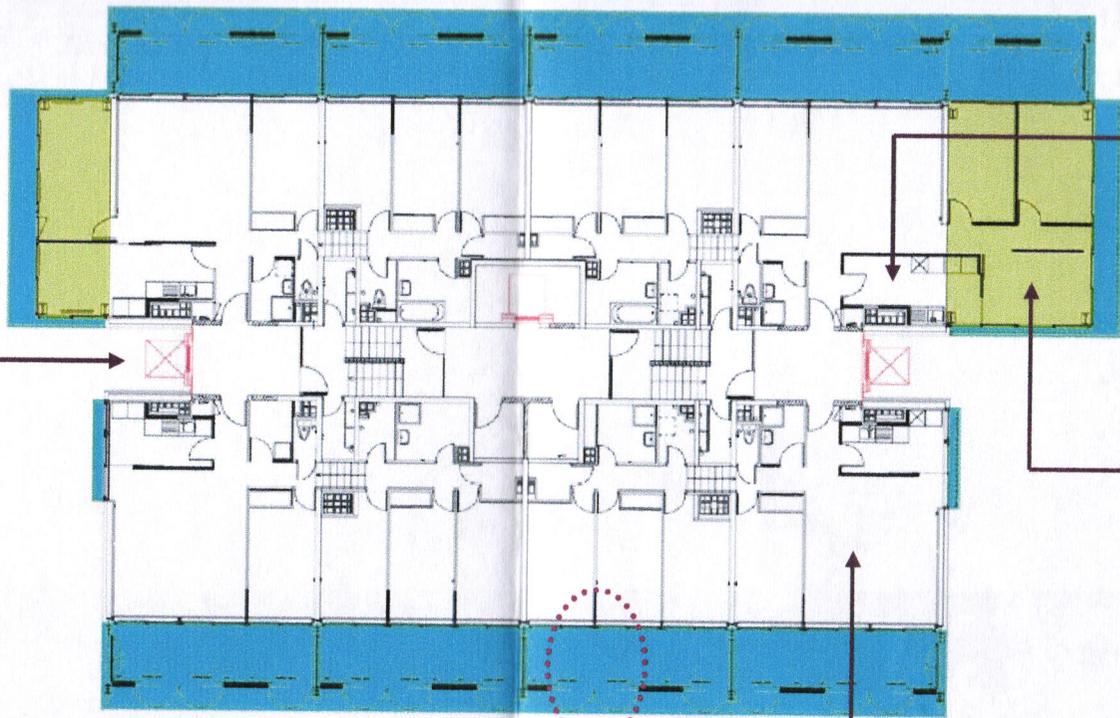
d'escaliers ont été  
rence Possible pour  
uelle jusqu'au cœur

ajoutés au nord et au  
entre de la tour: tous  
servis de plain-pied

de 7,5m de long  
structurellement  
possible a permis  
ndant les travaux

es dimensions  
eut fonctionner  
ent appropriable  
é varie selon les

nts le long de la  
on secondaires  
avant largement



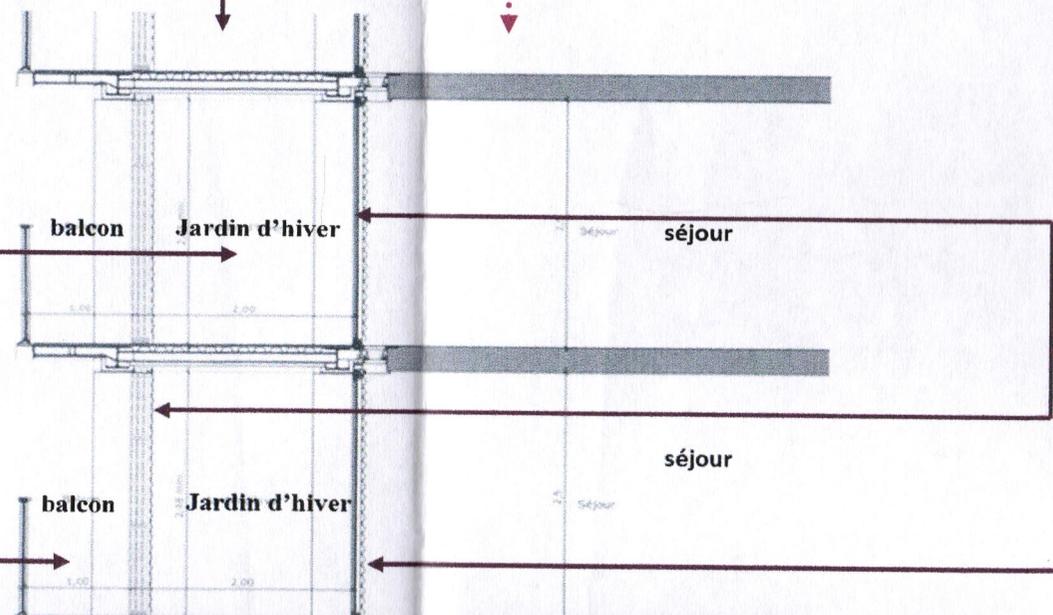
Les cuisines présentes aux extrémités de la di  
ont été supprimées pour permettre d'  
d'apporter de la lumière naturelle dans les pal

Des extensions chauffées sont disposées sur le  
nord et sud selon les contraintes du PLU et s  
système différent (car façades porteuses)  
permettent d'ajouter une ou plusieurs chamb  
séjour aux appartements. Avec la réorganis  
l'espace intérieur, cela a permis d'accroître fort  
diversité typologique, passant de 3 types à l'or  
types (allant du T1 au T7) avec 16 confi  
différentes

Les plans intérieurs sont remaniés par la dé  
l'ajout de cloisons, permettant une  
organisation spatiale intérieure, et privilégiant  
espace de séjour tourné vers l'extérieur

Les différents filtres « techniques » et d'usage :  
d'ombrage placé derrière des parois couliss  
polycarbonate et un rideau thermique à l'inté  
baies vitrées. Leur mobilité permet à la fois de  
sur le « grand paysage » parisien mais auss  
« protéger » (thermique, acoustique, et intimité.)

Les châssis vitrés coulissants tout comme les p  
polycarbonate du jardin d'hiver sont toute-ha



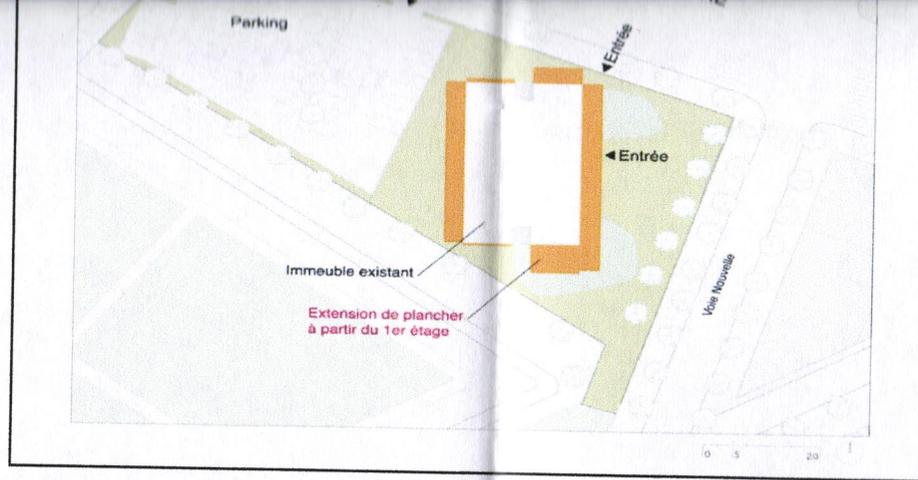
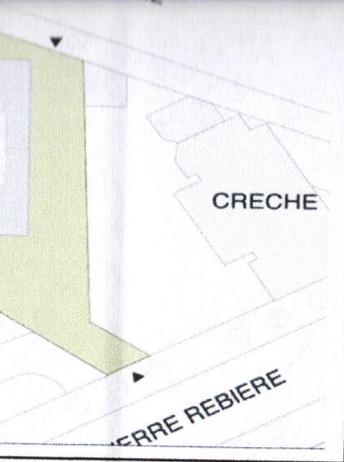


Figure 32: nouveaux plan de masse

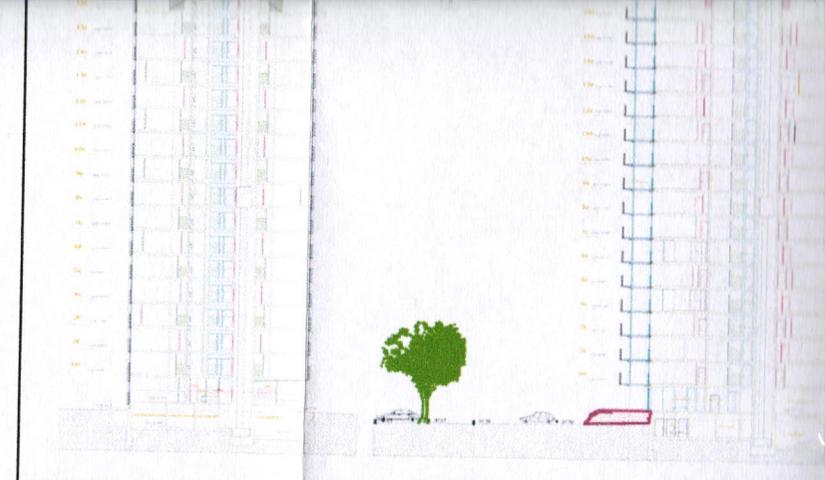


Figure 30: les coupes

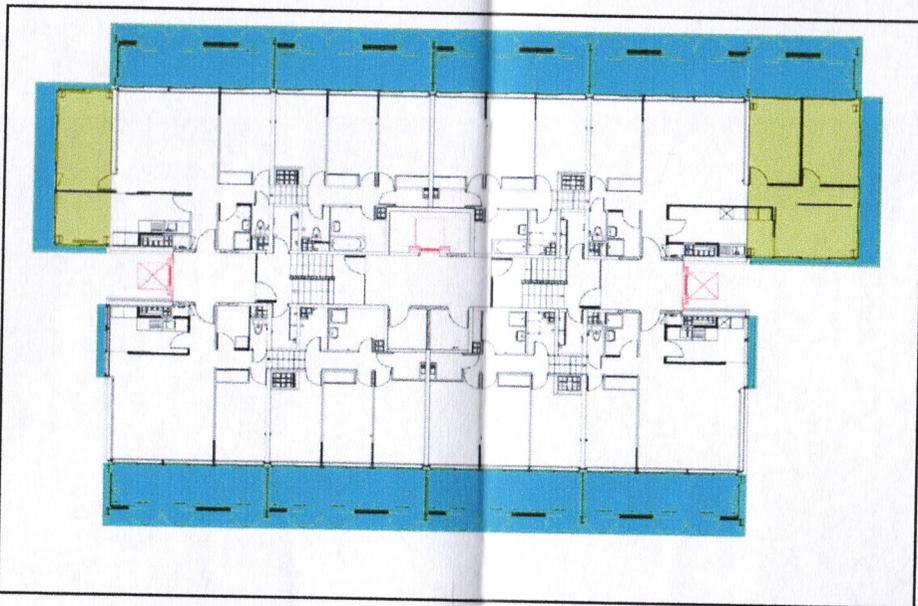
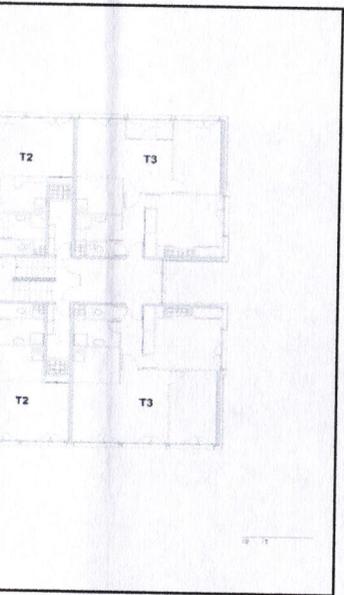
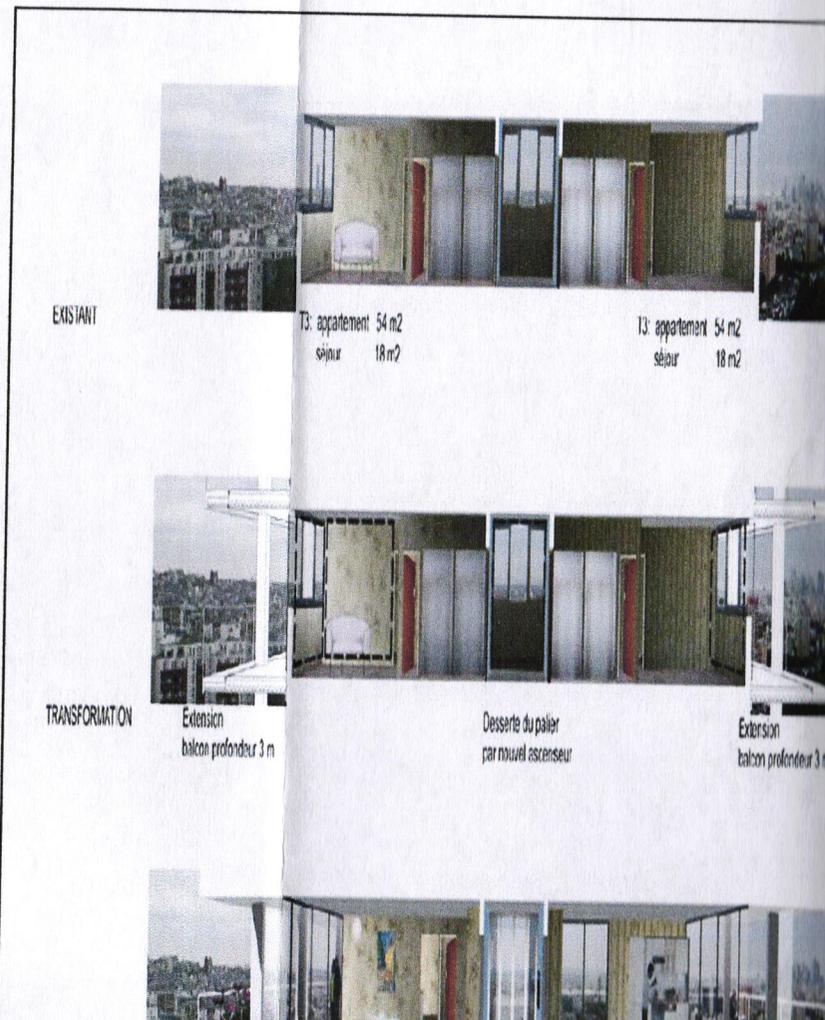
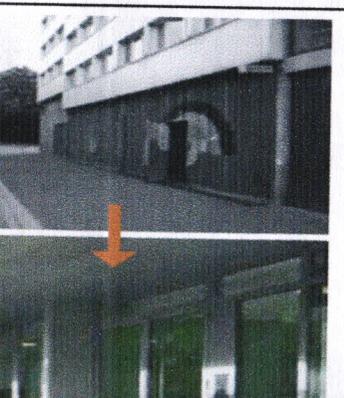


Figure 33: plan d'étage de nouveau projet



EXISTANT

T3: appartement 54 m<sup>2</sup>  
séjour 18 m<sup>2</sup>

T3: appartement 54 m<sup>2</sup>  
séjour 18 m<sup>2</sup>

TRANSFORMATION

Extension balcon profondeur 3 m

Desserte du palier par nouvel ascenseur

Extension balcon profondeur 3 m



### Présentation

Années de construction : 1963-1964

Nb de bâtiments: 3

Nb de niveaux : R+4 / sous-sol

Nb de cages d'escalier : 17

Nb de logements : 142

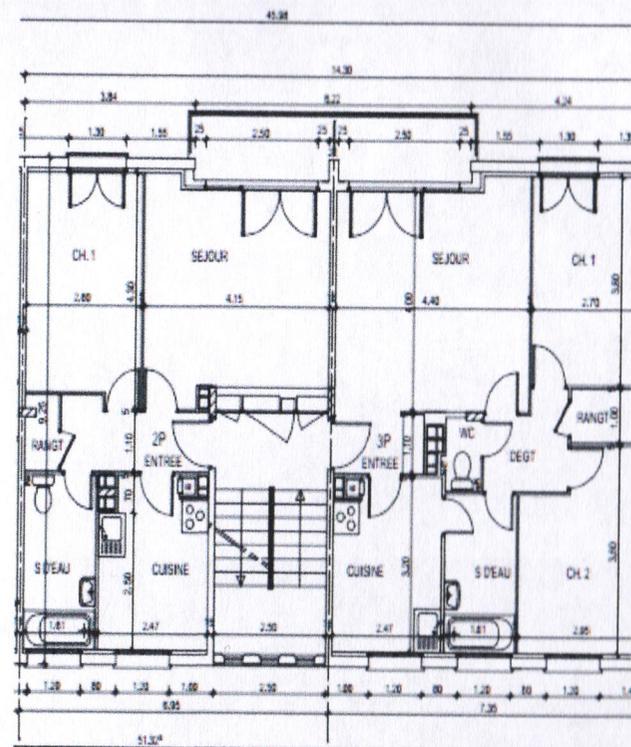
Types de logements : 2P / 3P / 4P / 5P

Logements traversant : 142

SHON : 12 283 m<sup>2</sup>

Statut : Logement social

Structure: béton (poteaux - refends - dalles)  
+pierre de taille (façade porteuse)



### ENVELOPPE ET EQUIPEMENTS

Zone climatique : H2

Isolation :

- pierre de taille / vide d'air / cloison plâtre
- planchers bas + toit terrasse non isolés
- menuiserie acier SV / volets bois

Diagnostics: Energie : 236 kWh/m<sup>2</sup>.an classe E

CO2: 84 kgCO2/m<sup>2</sup>.an classe G

Chauffage / ECS : collectif, chauffage urbain  
Emetteur : planchers chauffants

Ventilation : logements traversant +ventilation naturelle extraction sur shunts

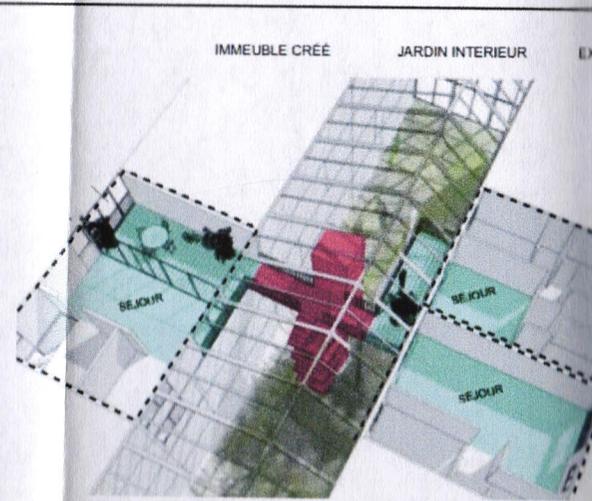
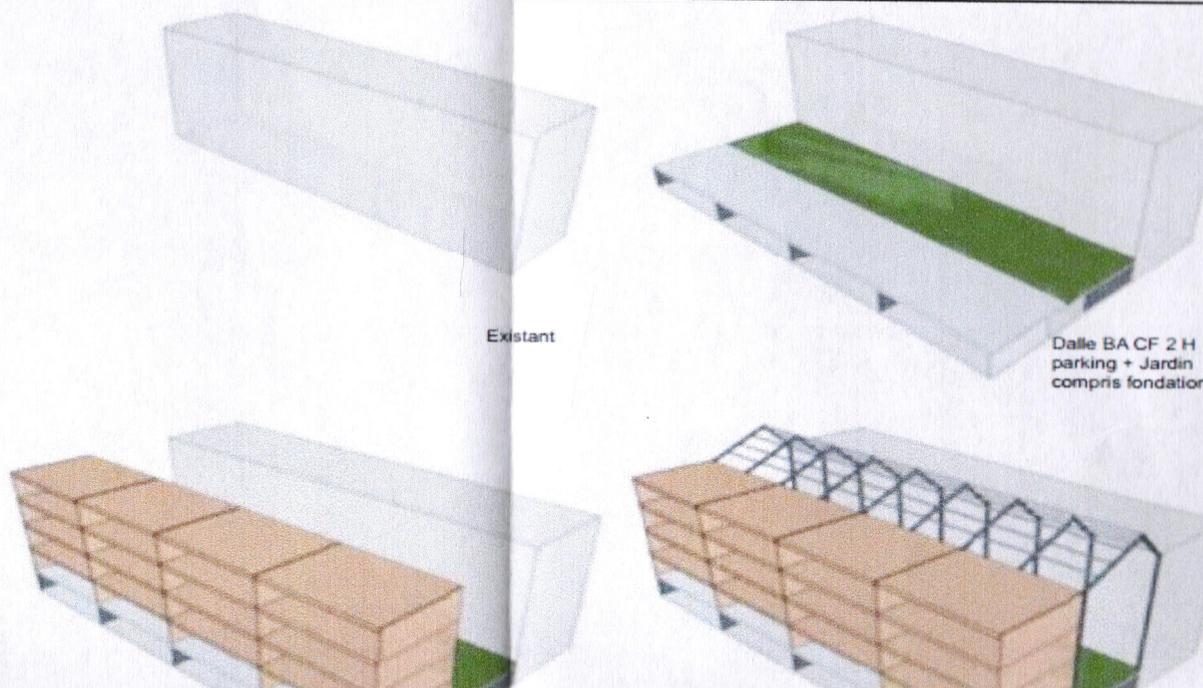
La première consiste à adjoindre au bâtiment existant une isolation par l'extérieur, un revêtement accueillant :

des extensions de logements,

permettant de supprimer les

Le projet consiste en seconde main à réhabiliter un bâtiment neuf aux

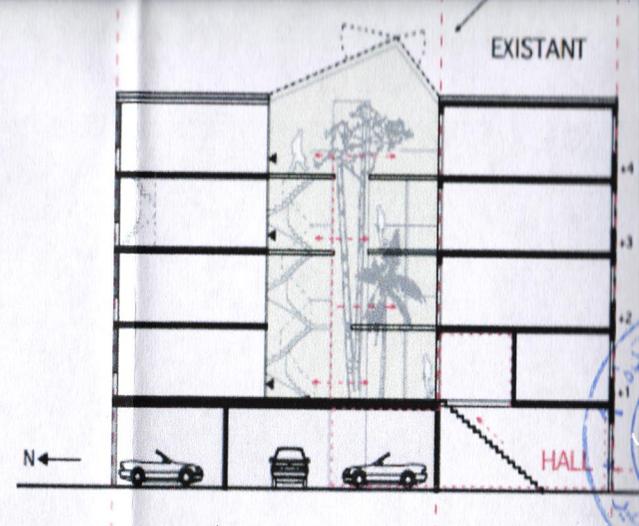
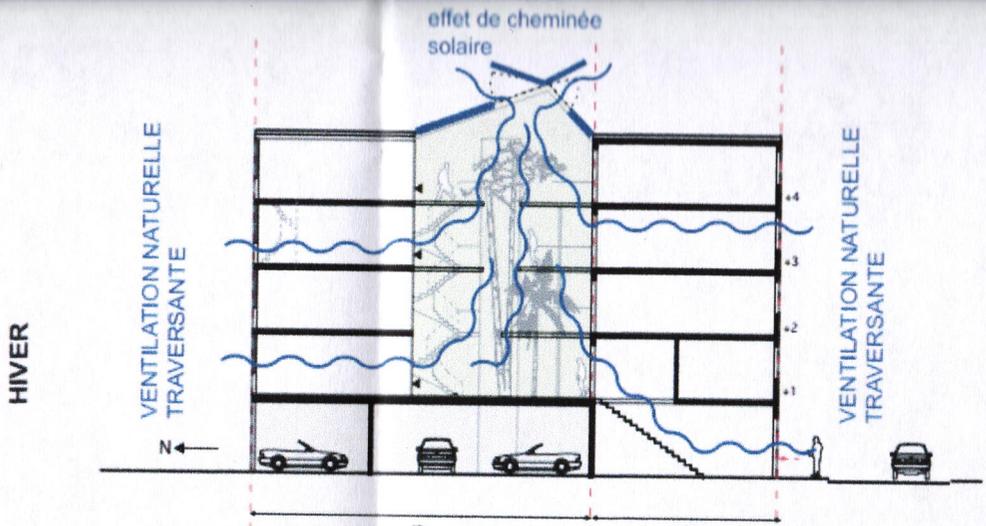
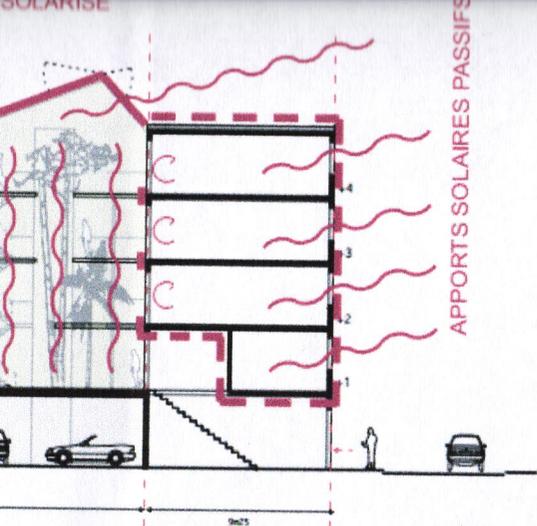
La réhabilitation par la vente des logements se fait selon une approche technique innovante et reproductibilité



### AMELIORATION DE L'ENVELOPPE

Isolation thermique

- isolation thermique par l'extérieur + PH, RDC



HIVER

CONFORT D'ÉTÉ

CIRCULATIONS



**DEVELOPPEMENT DURABLE**

- cohérence isolation thermique / ventilation / Chauffage / ENR
- confort été / confort hiver efficace avec protections solaires sur la verrière
- logique de non-démolition + extensions
- augmentation compacité du bâti / densification
- = +90% de SHON (1400 m<sup>2</sup>)
- chantier propre : préfa + construction sèche
- matériau renouvelable : filière bois
- création de mixité sociale et programmatique
- végétalisation des pieds d'immeubles
- valorisation de circulations douces

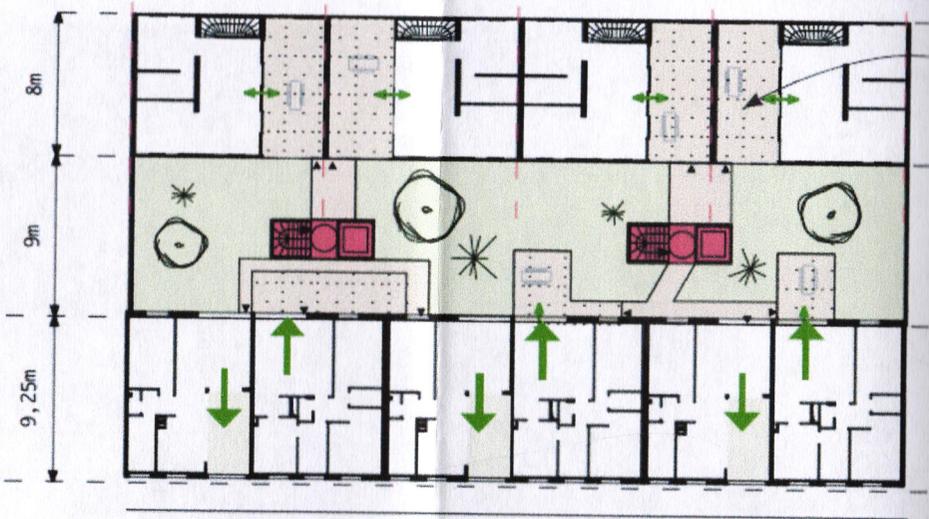
**QUALITE DES AMBIANCES**

**Ambiance thermique**

- séjours traversant : propice à la ventilation
- jardin d'hiver : espace tampon central
- tirage thermique par ventilation traversant naturelle (été)
- apports solaires passifs (hiver)

**Ambiance lumineuse**

- agrandissement des baies côté jardin d'hiver
- halls RDC éclairés naturellement
- appartements traversant : lumière naturelle différencié



PLAN D'ÉTAGE

**EQUIPEMENTS ENERGETIQUES**

- Chauffage - ECS
- collectif urbain bois existant conservé + installation de convecteurs à accumulation
- Ventilation

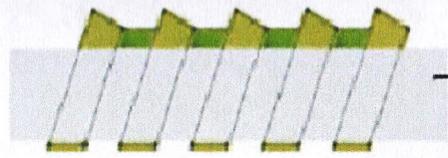
Consommation d'Énergie Primaire (en kWh/m<sup>2</sup>.an)

236 classes E

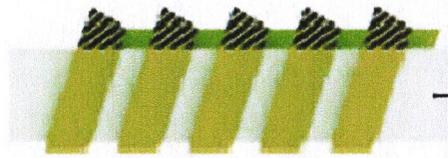
portiques préfabriqués enjambant le  
 quelle que soit l'orientation initiale  
 l'intégration de panneaux solaires

nt peuvent s'aligner sur la façade  
 érer des surfaces supplémentaires  
 nt compléter les parties de façades

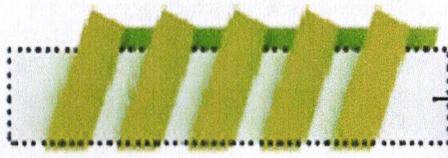
une réflexion fine sur l'insertion  
 rapport entre la place de la gare et



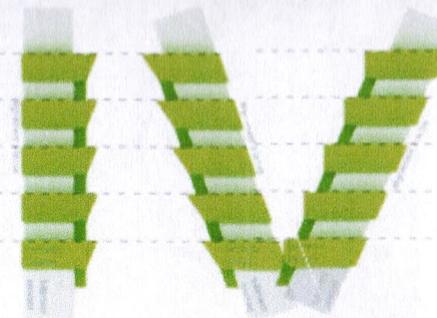
**Principe structurel  
 des portiques enjambant  
 le bâtiment existant**



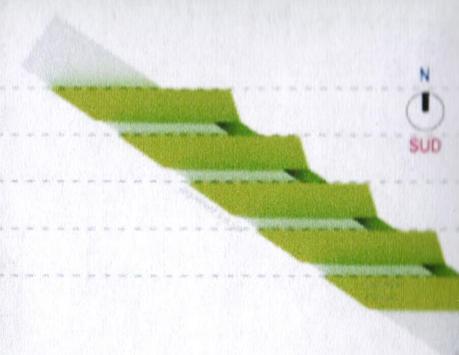
**Les portiques  
 permettent de créer  
 une pièce en plus pour  
 chaque logement.  
 Cette pièce facilite  
 le phasage des travaux  
 en site occupé**



**Le bâtiment  
 est entièrement  
 doublé par l'extérieur**



SYSTÈME DE PORTIQUES ORIENTÉS PLEIN SUD



**DEVELOPPEMENT DURABLE**

- cohérence isolation thermique / ventilation / chauffage / ENR
- confort hiver / été : occultations en fonction des baies
- logique de non-démolition + extensions
- augmentation compacité du bâtiment : densification
- chantier propre : préfa + construction sèche
- mise en place tri sélectif
- économies d'énergie : mise en place de systèmes d'économiseurs d'eau et électricité
- perméabilité du sol, végétalisation du pied

**QUALITE DES AMBIANCES**

**Ambiance thermique**

- confort d'hiver : solaire passif sur les cuisines-jardins d'hiver
- confort d'été : brise-soleils extérieurs sur les façades vitrées des extensions Ambiance lumineuse
- appartements rendus traversant et ouverts plus largement

**EQUIPEMENTS ENERGETIQUES**

- Chauffage - ECS: optimisation de l'installation
- ENR :
- ECS Solaire
  - panneaux photovoltaïques et thermiques sur tous les portiques, avec orientation et inclinaison optimales Réfection complète plomberie et électricité

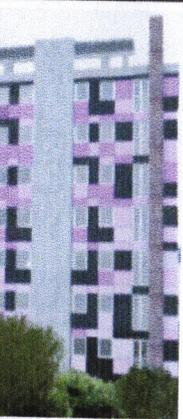


Consommation d'Énergie Primaire (en kWh/m<sup>2</sup>.an)

275 classe E



Classe B niveau BBC / THPE



Année de construction : 1970

Nb de bâtiments : 1

Nb de niveaux : R+7

Nb de cages d'escalier : 2

Nb de logements : 29

Types de logements : 22 T3 / 7 T5

Logements traversant : 29

SHON : 2 097 m<sup>2</sup>

Orientation : nord / sud

Statut: logement social

Structure:

- planchers, poutres et voiles : béton
- façades : panneaux alu/amiante

Zone climatique : H1

Isolation :

- façades faiblement isolées (3 cm)
- planchers bas non isolés
- toiture terrasse isolée
- menuiseries en PVC DV / volets roulants

Chauffage : chaufferie collective gaz

ECS : gaz + panneaux solaires en toiture

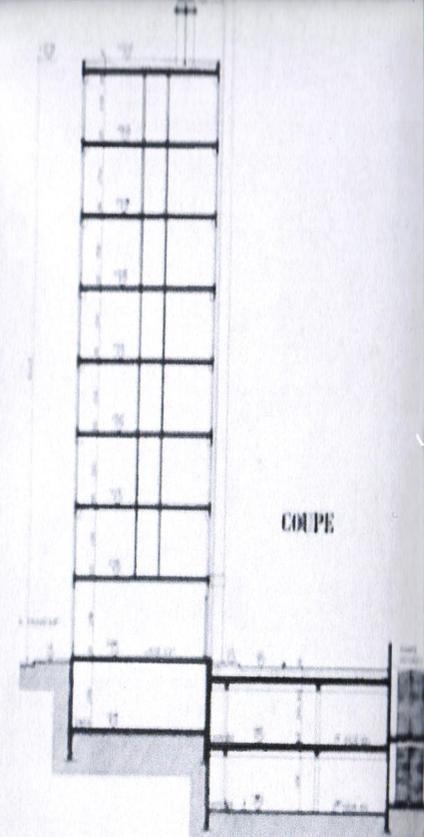
Ventilation : VMC auto réglable

Ascenseurs : 2 (1 par cage d'escalier)

Diagnostics:

Energie : 259 kWh/m<sup>2</sup>.an classé E

CO2: 61 kgCO2/m<sup>2</sup>.an classe F



COUPE

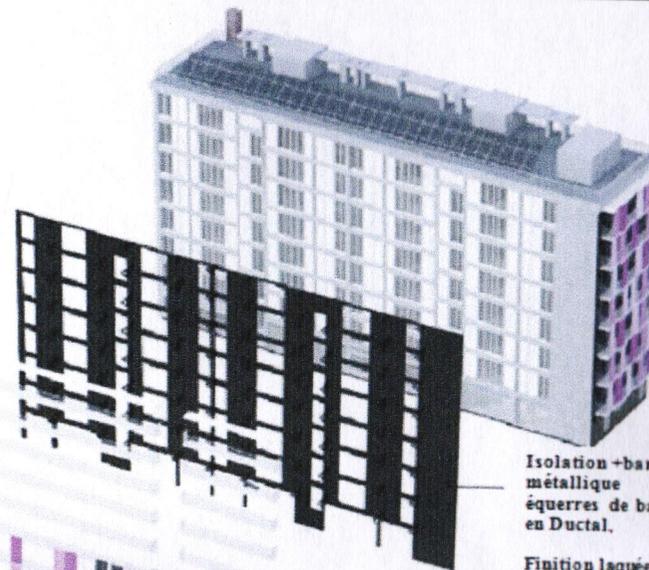
on de balcons  
 permettant de  
 contemporaine.  
 bâtiment une  
 performances  
 exion sur les  
 nstruction afin  
 us» après la  
 ne optique de  
 alls traversant  
 es en rez-de-  
 s sur le jardin  
 mmerces



Entrées créées

Panneaux photovoltaïques fixes

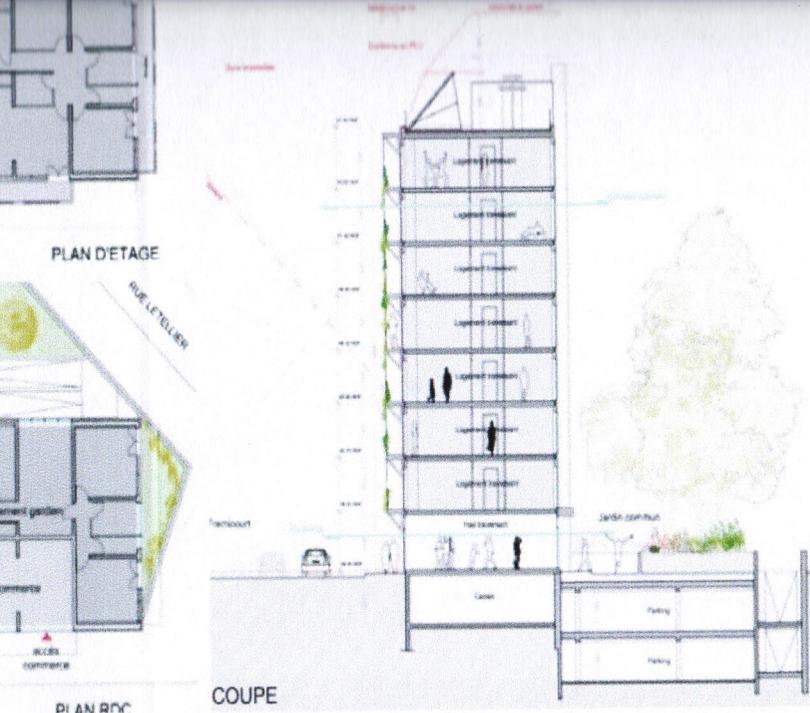
Panneaux mobiles



Isolation + bardage métallique et équerres de balcon en Ductal.

Finition laquée noir





### Isolation thermique

- isolation thermique par l'extérieur + PH, RDC et toiture

### Menuiseries

- PVC DV + coffres VR isolants

### QUALITE DES AMBIANCES

#### Ambiance thermique

- balcons = brise-soleils
- occultations coulissantes

#### Ambiance acoustique

- traitement du confort acoustique sur rue

- cohérence isolation thermique / ventilation / chauffage / ENR

- logique de non-démolition + extensions
- confort d'été / hiver adapté : favorisé par contrôle solaire et l'isolation
- chantier propre : préfa + construction sèche
- pérennité des matériaux : revêtements alu

### QUALITE URBAINE

- traitement du pied d'immeuble : halls traversant avec accès par la rue et percée visuelle vers le jardin, travail sur la lisibilité des commerces au RDC
- les balcons et les occultations donnent de l'épaisseur et du rythme à la façade sur rue.
- le pignon présente une façade plus noble / attrayante

### QUALITE D'USAGE

#### Amélioration de l'habitabilité

- surfaces extérieures rapportées : balcons,

#### Potentiel d'appropriation de la façade

- amélioration du confort thermique et acoustique



### QUALITE ARCHITECTURALE

#### Requalification de l'image du bâti

- horizontalité des balcons : meilleure échelle
- image contemporaine / composition «aléatoire» des panneaux colorés
- jeu de reflet : balcons / bardage noir brillant

#### Requalification des parties communes

- halls rendus traversants

#### Requalification des logements

- extension par balcons préfabriqués rapportés sur les façades est et sud
- la surépaisseur crée un filtre par rapport à la rue

### EQUIPEMENTS ENERGETIQUES

Chauffage - ECS

- nouvelle chaudière gaz à condensation
- panneaux solaires existants

Ventilation: VMC simple-flux hygro B

ENR: panneaux PV sur balcons des 3 derniers Etags

Consommation d'Énergie Primaire (en kWh/m<sup>2</sup>.an)

259 classe E



73 classe B niveau BBC



## ENVELOPPE ET EQUIPEMENTS

zone climatique : H1

### Isolation :

- pignons / planchers bas non isolés
- allèges isolées par l'intérieur (6+1 cm)
- toiture terrasse isolée (4 cm) : obsolète
- menuiseries alu à rupture P.T. DV 4/12/4

Chauffage / ECS : chauffage urbain

Ventilation : VMC auto réglables

Ascenseur : non (mais trémie existante)

### Diagnostics:

Energie : 183 kWh/m<sup>2</sup>.an classé D

CO2 : 55 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.an classé E

## IDENTITÉ

Année de construction : 1962

Nb de bâtiments : 1

Nb de niveaux : R+4 à R+5 (pente)

Nb de cages d'escalier : 15 avec distribution en demi-niveaux

Nb de logements : 168

Types de logements : 22 T2/112 T3/ 34 T4

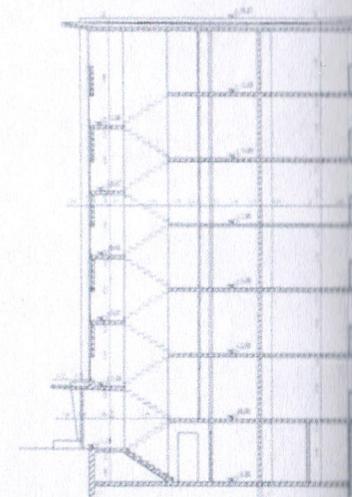
Logements traversant : 168

Orientation : nord-est / sud-ouest

Statut: logement social

### Structure:

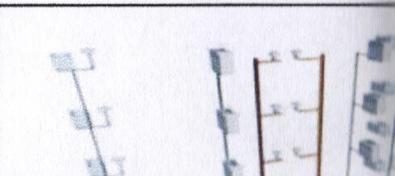
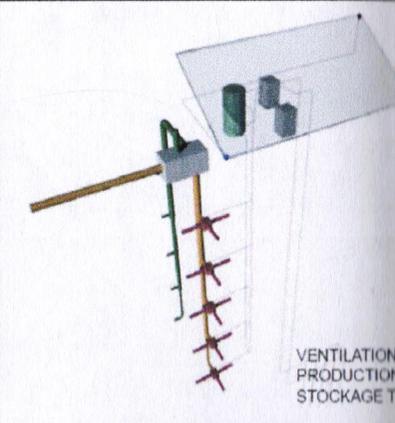
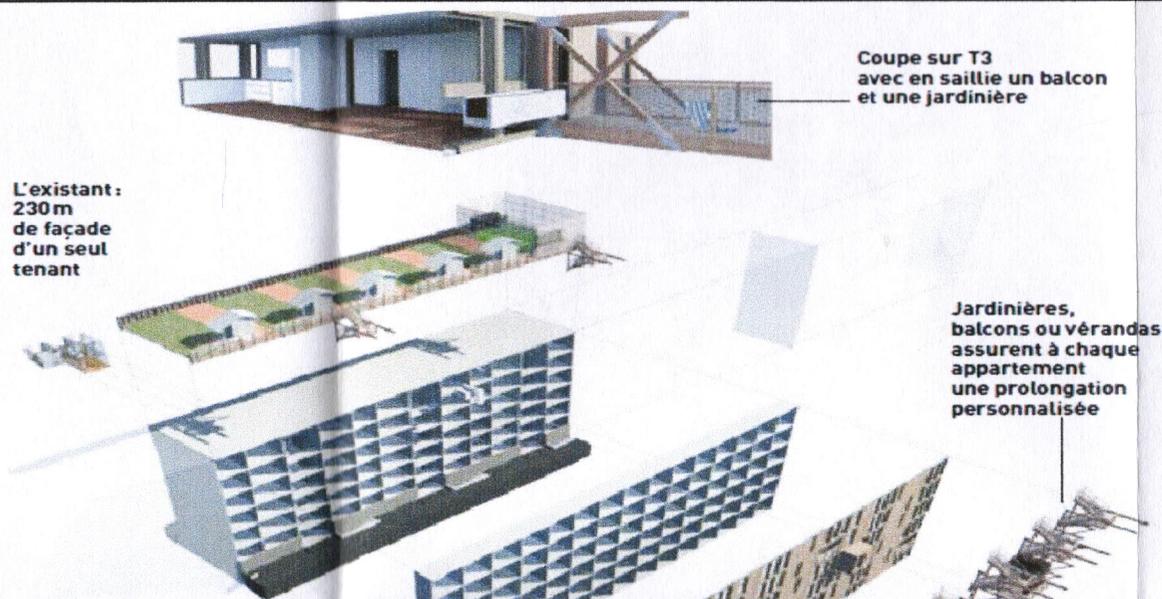
- planchers / voiles / pignons (béton armé)
- façades = allèges filantes (maçonnerie)

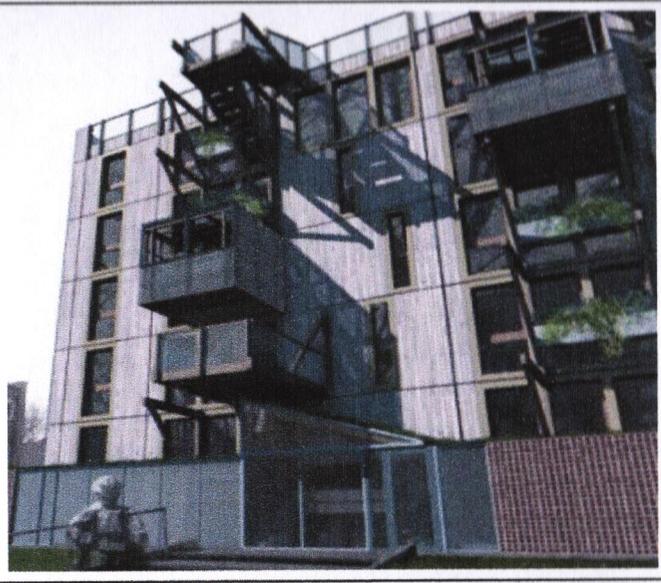
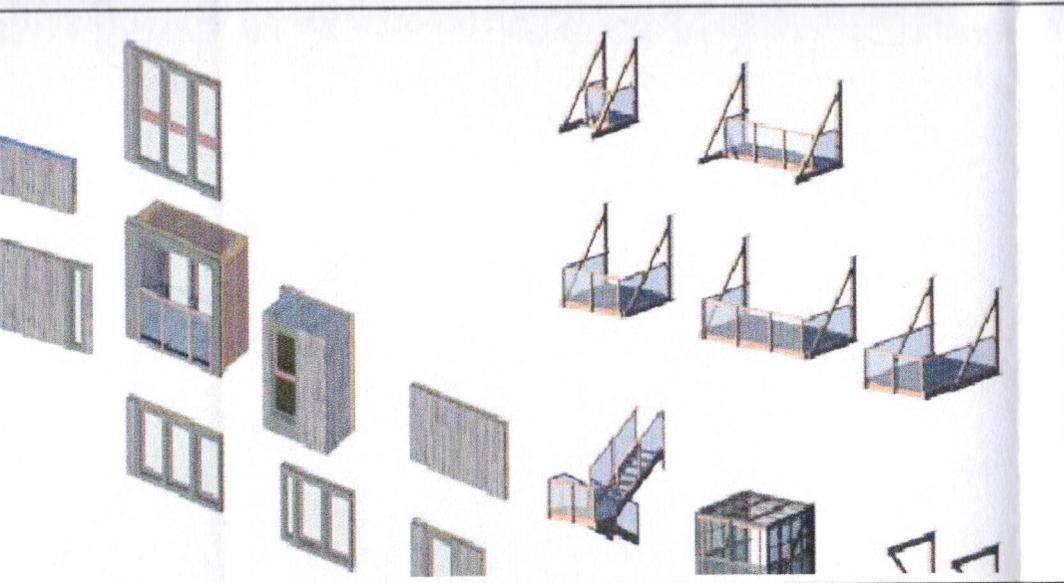


COUPE DE PRINCIPE

barre avec une approche environnementale. Les modules préfabriqués bois 2D et 3D forment des interventions rapportées à la structure. L'enveloppe repose sur la mise en œuvre d'une structure en panneaux dont l'ensemble forme un manteau de surélévations. La requalification des

des plans et par des extensions. La stratégie globale repose sur la conservation de la structure existante, le réajustement des façades, la récupération de chaleur, le traitement de l'air et la ventilation.





/ chauffage / ventilation /  
 ptés  
 n (limite la production de  
 préfabrication totale +  
 ière bois  
 cité du bâtiment =  
 eaux grises (+ solution  
 on eaux usées)  
 ages individuels  
 végétalisation des pieds

**QUALITE DES AMBIANCES**  
**Ambiance thermique**  
 - ITE sur structure béton : inertie thermique  
 - traitement différencié des façades en fonction de leur orientation  
 - confort d'hiver : baies toutes hauteur au SE (solaire passif) / baies avec allèges au NO  
 - confort d'été : saillies brise-soleil au SE / protections solaires amovibles au NO  
**Ambiance lumineuse**  
 - améliorée malgré l'épaississement (appartements traversants).  
**Ambiance acoustique**  
 - améliorée pour les bruits aériens et d'impact entre les logements et avec l'extérieur

**AMELIORATION DE L'ENVELOPPE**  
**Isolation thermique**  
 - isolation thermique par l'extérieur continue par panneaux préfabriqués à ossature bois  
 - isolant végétal (paille)  
**Menuiseries**  
 - bois, intégrées aux panneaux préfabriqués

**EQUIPEMENTS ENERGETIQUES**  
 Chauffage - ECS - Ventilation  
 - batterie chaude sur ventilation double flux  
 - utilisation du réseau de chaleur existant pour l'alimentation des batteries + ECS ENR  
 - ECS solaire + PAC  
 - stockage thermique dans le sol  
 Consommation d'Énergie : en kWh/m<sup>2</sup>.an  
 183 classe D  
  
 classe A selon les variantes niveau BE passif



La transformation réalisée par l'architecte est assez spectaculaire: l'ancien block de logement est méconnaissable. L'évidement partiel des niveaux supérieurs change radicalement la silhouette monolithique du bâtiment tout en créant de grandes terrasses aux 3e et 4e étages.



stadt, Allemagne

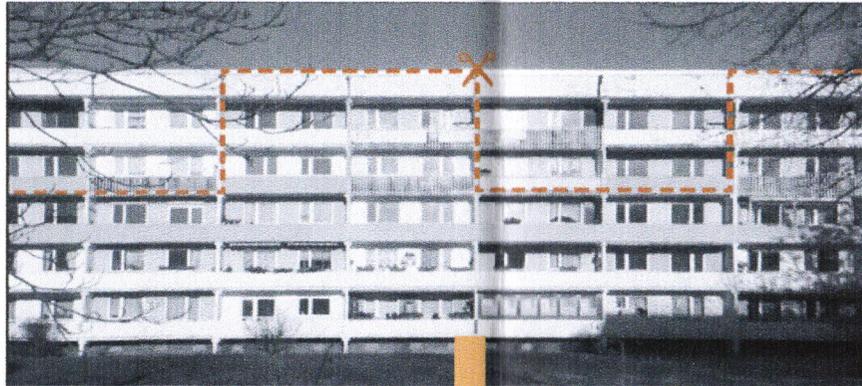
schaft für Wohn-und Gewerbe  
H  
ter Architekten  
ransformation d'un immeuble  
aux

euros/m2)

ation par l'extérieur (14 cm  
aire au sud par débord de  
ord  
ion de chauffage réduite de

ement partiel en partie haute  
paces intérieurs et extérieurs,  
z-de-chaussée  
extérieurs généreux, intimité,

cette barre de logement,  
uite de projets du même type  
er. Ils vont tous «à l'encontre  
de rénovation de logement  
er les fenêtres, ajouter de  
uisine»



Côté jardin au sud, le retrait partiel des 2 niveaux supérieurs, l'extension des balcons et le traitement des rez-de jardin a redonné vie au bâtiment

Un large socle est ajouté au rez-de-chaussée de part et d'autre de la barre constituant ainsi un seuil d'intimité pour les logements. Il accueille côté rue des garages à vélos et motos ainsi que des locaux de rangement, et intègre même des assises en lien avec les halls d'entrée. Un demi-niveau plus haut, ce sont des terrasses végétalisées qui surplombent la rue mettant ainsi à distance les appartements du rez-de-chaussée. Côté sud, le socle ménage de généreux jardins privatifs bordés

de murs, toujours surélevés d'un demi-niveau par rapport au sol extérieur.

Le corps principal du bâtiment est ponctuellement élargi au niveau des séjours et dans les étages, et de larges balcons ont été ajoutés côté jardin.



Une terrasse «partagée» par deux appartements du R+3



L'intervention de Forster sur Le bâtiment semble avoir bien fonctionné : l'appropriation des prolongements extérieurs par les habitants côté jardin en est la preuve

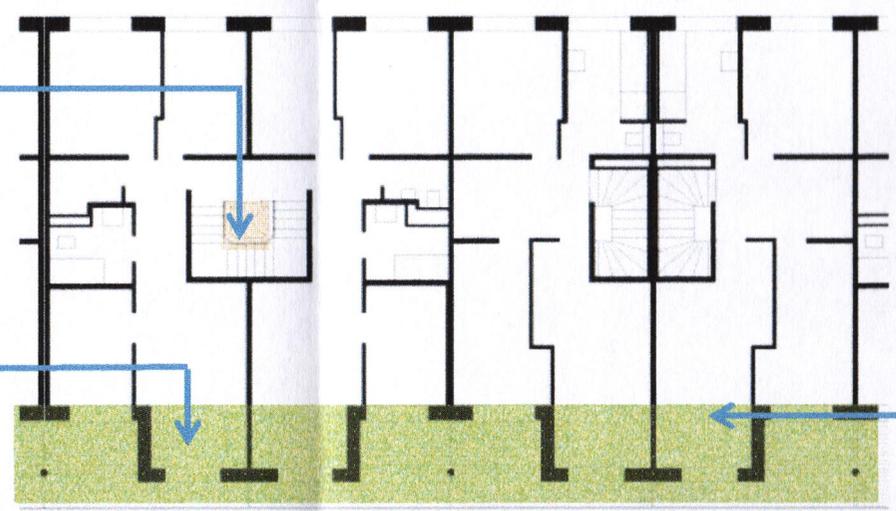
Presque tous identiques, il n'en reste plus que 81. Une mixité de ménages est permise par 18 types de plan différents, avec des surfaces allant de 35 à 135 m<sup>2</sup>. Cette variété est possible notamment grâce à la dédensification et à la suppression d'une cage d'escalier sur deux. Des appartements du rez-de-chaussée sont combinés avec ceux du 1er étage pour apparenter plus à «des maisons de villes», avec entrée privative et jardins des deux côtés.

une distribution

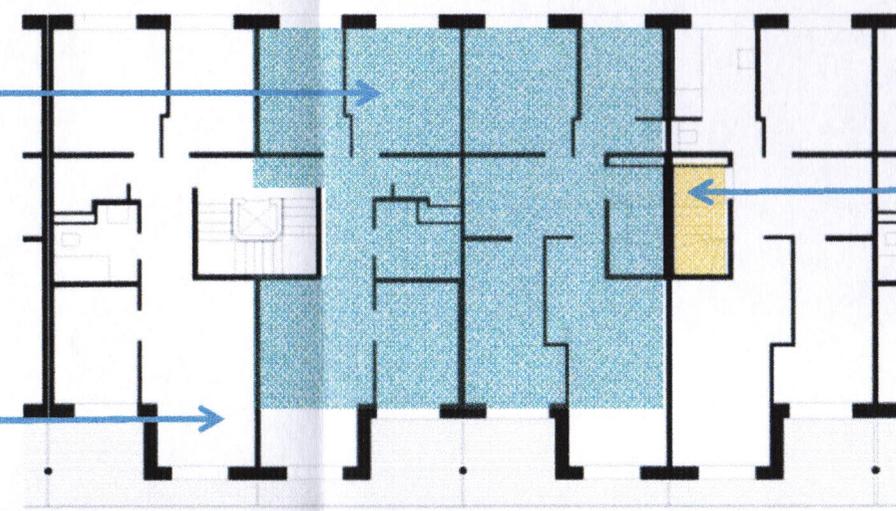
près de 3m de variables par les

une variation appartements 1, deux duplex

chambres et



Les séjours, agrandis de près de 6 m<sup>2</sup>, s'ouvrent largement plein sud sur les



Une distribution verticale sur deux est transformée en escalier privé pour les duplex du rez de-chaussée, ou en espace supplémentaire intérieur pour les 2, 3 et 4e niveaux

### **Conclusion**

Mener à bien une opération de requalification efficiente nécessite une vision globale et qualitative du cadre de vie ; c'est ainsi qu'accompagnée d'une réflexion sur l'habitat, la question énergétique prend tout son sens. C'est aussi la raison pour laquelle elle doit également passer par l'innovation et l'expérimentation. Il apparaît donc nécessaire de multiplier les opérations qui mettent en œuvre des idées architecturales novatrices et des solutions techniques performantes afin de faire progresser la conception et la réalisation de travaux de requalification, à l'impératif de l'efficience énergétique et environnementale.

# **PARTIE**

## **OPERATIONNELLE :**

- **Cas d'étude**
- **Simulations**

# CHAPITRE 4

### Introduction

Dans cette partie on doit appréhender le contexte général de l'opération, les qualités préexistantes et les potentiels du site et du bâtiment afin de pouvoir cerner au mieux la situation initiale et définir les procédés architecturaux et techniques innovants les plus adaptés au cas d'étude choisi.

### **4. Cas d'étude**

Ce chapitre est consacré à la méthodologie utilisée pour récolter des informations sur la ville de Blida et la présentation de site d'intervention,

Une construction d'une enquête sociologique pour préciser les résultats obtenus via l'outil questionnaire.

#### **4.1. Présentation de la ville de Blida**

##### **4.1.1. Historique:**

Période antique : d'après plusieurs auteurs, Blida était probablement incluse dans la zone de sécurité romaine, cette hypothèse peut être confirmée par la découverte de vestiges romains à Montpensier, Mouzia et Khazrouna.

Période pré-Ottomane: Blida a été fondée par l'ingénieur Hydraulicien dit Marabout Sidi Ahmed El Kabîr qui vint s'installer en 1519 aux rives de l'Ouest Taberkachent appelé aujourd'hui Oued Sidi El Kabîr, sa première intervention fut de construire une mosquée de Sidi El Kabîr, puis un Hammam et une Boulangerie.

En 1533, un groupe de Maurras Andalous chassé d'Espagne, s'installe à Blida avec la protection de Sidi El Kabîr et le soutien du Pacha Khair-Eddine va restructurer cette entité qui a tendance à devenir une ville dans la phase suivante.

L'occupation française: A peine quelque année plus tard, on assiste à l'occupation de l'Algérie par le colonialisme français. L'armée coloniale pénètre pour la première fois dans la ville en 1830 mais dut l'évacuer ensuite après avoir rencontré une résistance farouche des populations.

en 1834, Blida fut envahie une nouvelle fois et saccagée après de sanglants combats. Deux camps furent créés en 1838 pour surveiller la ville : le camp supérieur et le camp inférieur, ces deux camps sont devenus depuis, les faubourgs de Joinville (Zabana), et de Montpensier (Ben Bou1aid). Quand les français ont occupé Blida, la ville était dans un état lamentable après le séisme de 1825.

Blida et les régions avoisinantes ont souffert des séismes, et des maladies et par la suite de l'occupation coloniale.

##### **4.1.2. Situation géographique:**

Blida, chef-lieu de wilaya est situé au Sud-ouest d'Alger à 50 km de la capitale et à 22m de la mer.

Elle se trouve placée au pied du versant Nord de l'Atlas Tellien et s'étale jusqu'à la lisière Sud de la plaine de la Mitidja à 260m d'altitude.

Issue du découpage administratif de 1974; Limitée au Nord par la wilaya de Tipaza, Nord-est par la wilaya d'Alger, Sud par la wilaya de Médéa, Ouest par la Wilaya D'Ain-Defla.

### 4.2. Données climatique

#### 4.2.1. La température<sup>23</sup>

$$T_{\text{confort}} = 0.31 * T_{\text{extérieure}} + 17.8$$

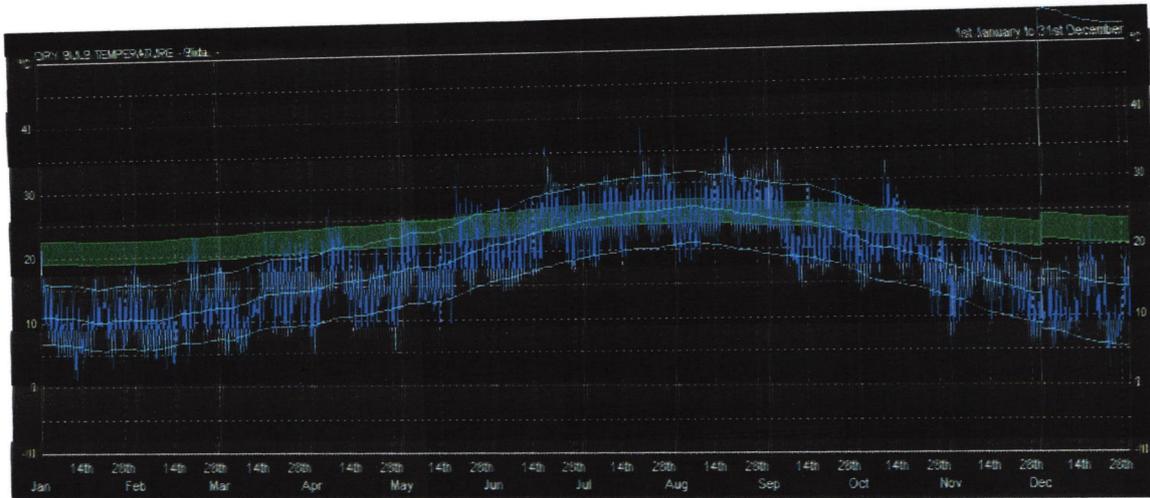


Figure 36: la température moyenne – Blida- de toute l'année (source: logiciel de simulation Ecotect)

- En hiver : de 4-12°C
- En été : de 18-40 °C

Influence des températures sur la ville :

Matériaux de construction, Economie et écologie de la ville

Le parc national de Chréa est un élément naturel qui participe à la lutte internationale contre Les gaz à effet de serre, Les zones urbaines (pollution) sont généralement plus chaudes que les zones rurales.

#### 4.2.2. L'Humidité

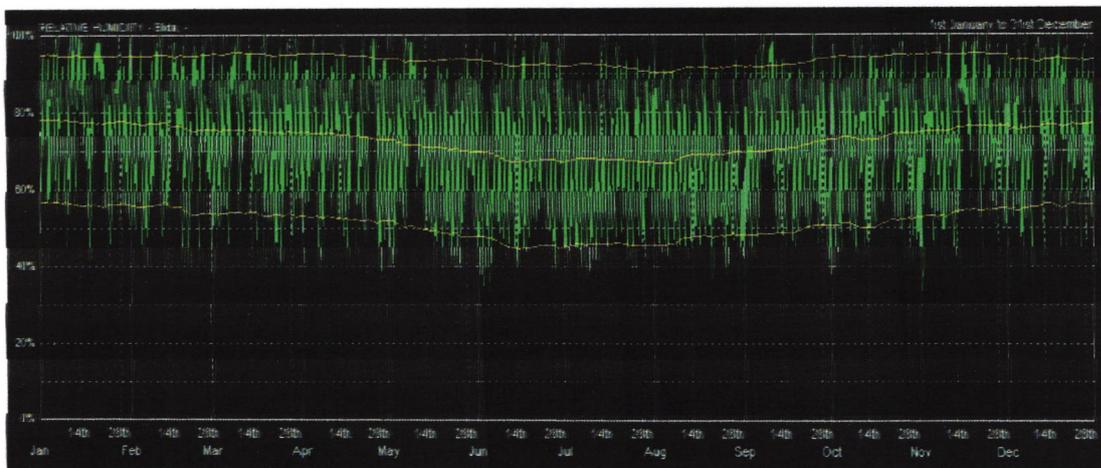


Figure 35: l'humidité relative -Blida- d'une année (source : logiciel de simulation Ecotect)

- Hiver : 85 % ;
- Eté : 70%

<sup>23</sup> Source : Ashrae standard 55-2004

### 4.2.3. Radiations solaires

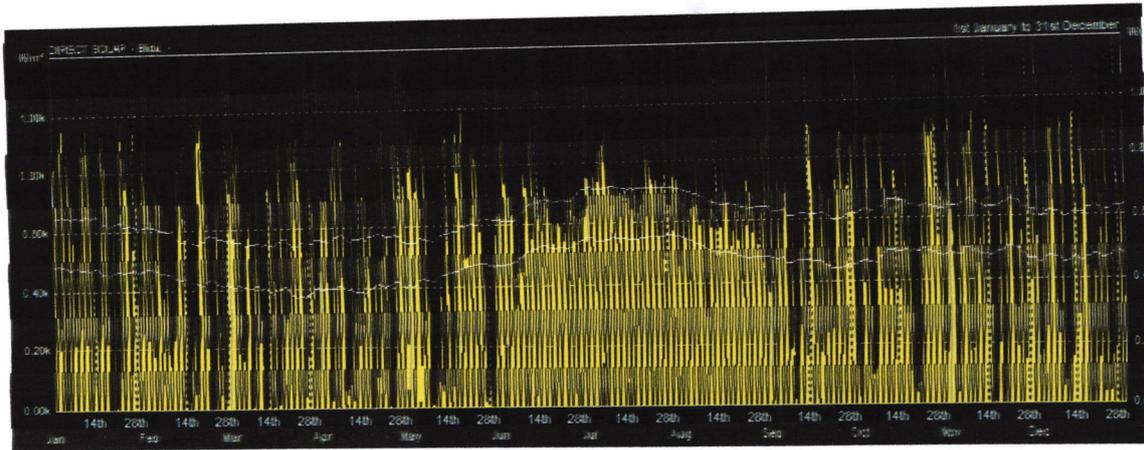


Figure 38: les radiations solaire -Blida- d'une année (source: logiciel de simulation Ecotect)

### 4.2.4. Les précipitations :

Elles sont importantes et régulières entre 600 et 700mm en moyenne par an, les précipitations sont fréquentes de décembre en avril, qui diminue remarquablement de juin en septembre.

Influence des précipitations sur la ville:

Agriculture, Nature du sol (constructions)

### 4.2.5. Les vents dominants

- Hiver : des vents froids qui soufflent du nord-ouest.
- Eté : des vents chauds qui soufflent du nord-est Influences des vents sur la ville:
  - Energie éolienne
  - Agriculture

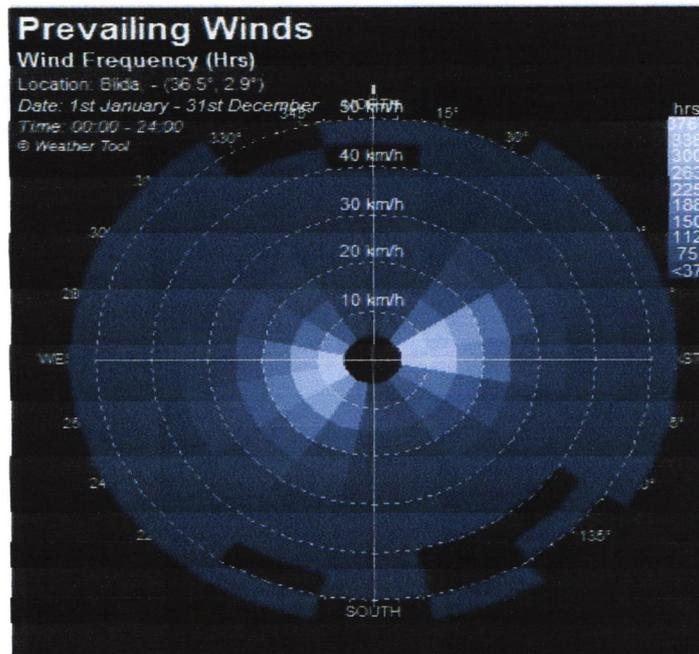


Figure 37: les vents dominants -Blida- (source: logiciel de simulation Ecotect)

### 4.3. Présentation du quartier

#### 4.3.1. Fiche technique

- Année de construction : 1957 à 1959
- Nb de bâtiments : 19
- Nb de logements : 380 logements
- Typologie : immeubles collectifs a coursive
- Forme de bâtiment : parallélépipède
- Type de logements : F2, F3, F4
- Statut : logement économique pour fonctionnaires

#### 4.3.2. Situation

Le quartier de Montpensier se situe au nord-est de la ville de Blida limité au nord par la zone industrielle, compris entre deux axes structurant la ville « la voie national N1, et boulevard Mohamed Boudiaf » au sud par habitat collectif.

La réalisation du quartier a été dans la fin de la période coloniale c'est le résultat du plan de Constantine de 1958, le quartier a été conçu pour des fonctionnaires européen (cité dortoir).

Mais après l'indépendance des familles algériennes venus s'installer, ce qui à provoquer plusieurs changement au niveau du quartier.

#### 4.3.4. Le gabarit

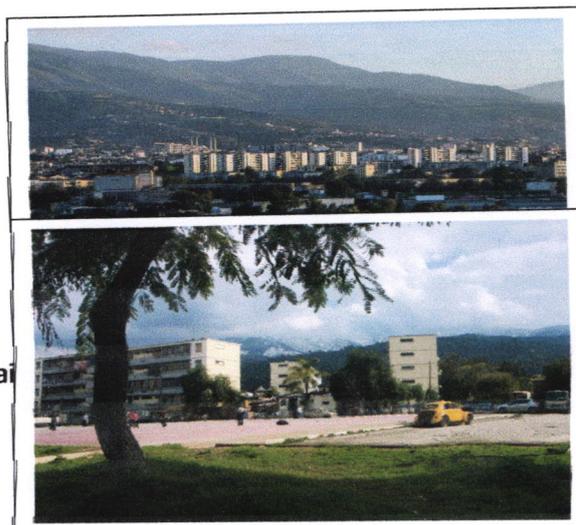


Figure 39: quartier Montpensier -Blida-



Figure 40: plan de situation du quartier (source: Google Earth)



Figure 43: bâtiment R+4



Figure 42 : batiment R+9

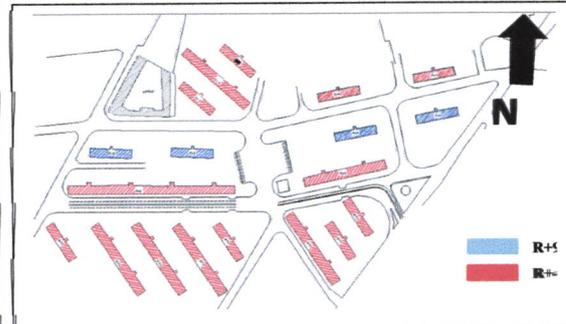


Figure 41: plan de masse de l'existant

4.4. Microclimat

4.4.1. L'ensoleillement

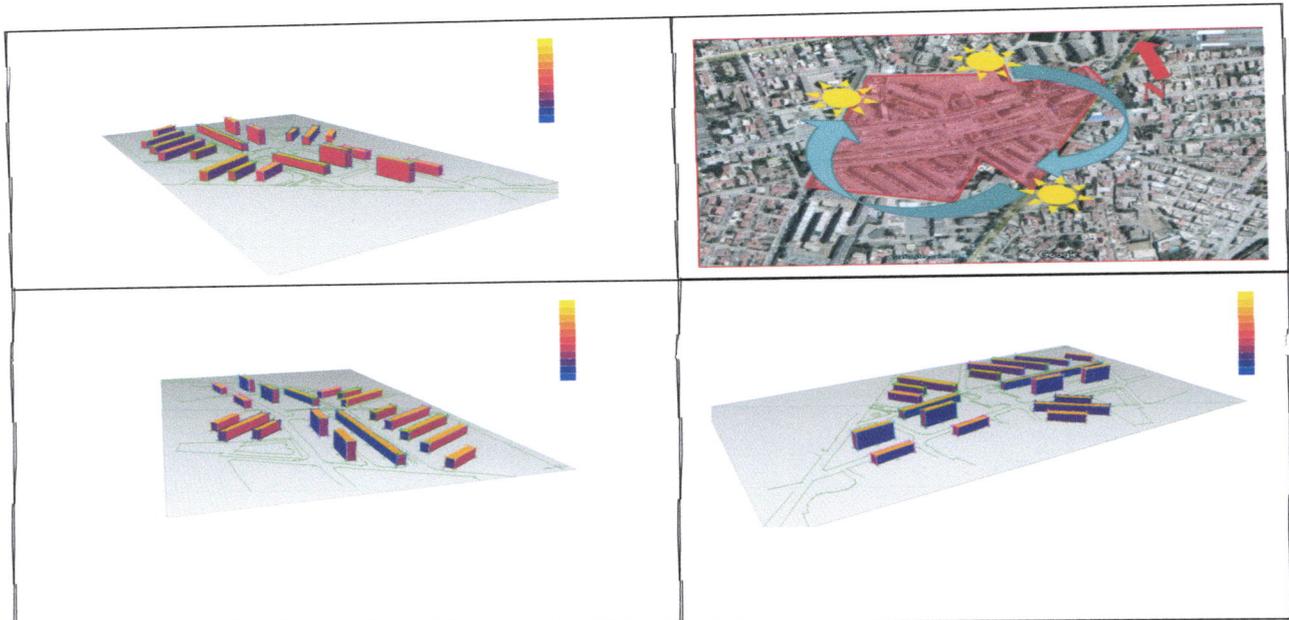


Figure 45: l'ensoleillement et le trajectoire du soleil sur les façades de l'existant

D'après les figures qui présentent analyse solaire au niveau de site (..) on constate la possibilité des panneaux photovoltaïques à la façade sud.

L'ombre

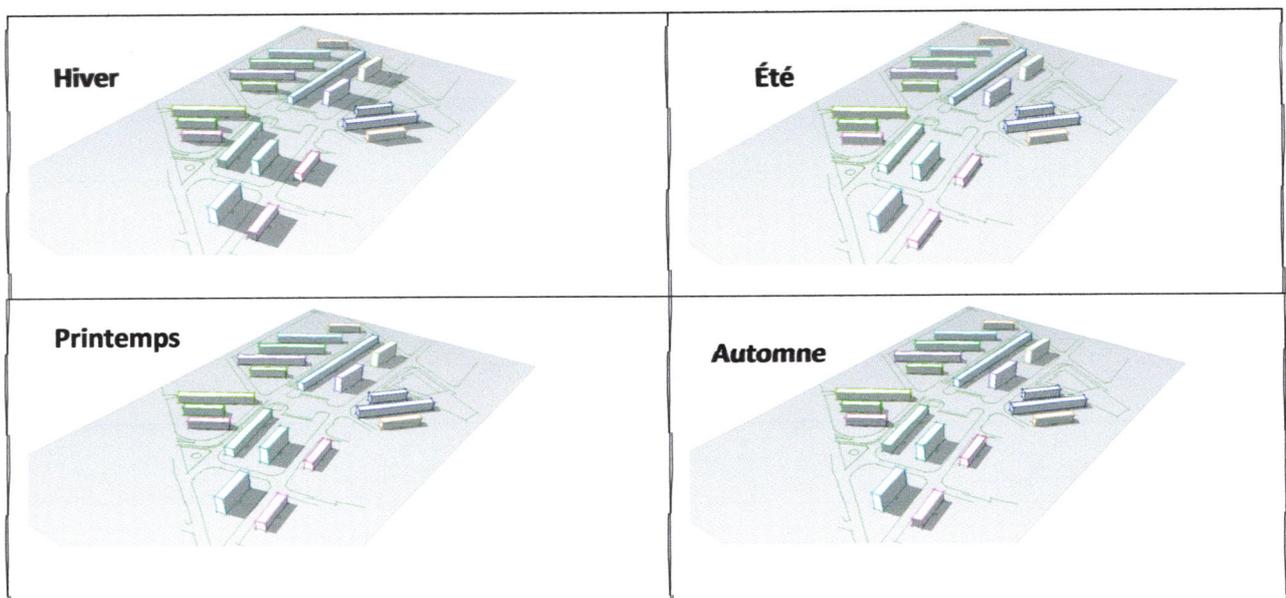


Figure 44: l'ombrage dans les différentes saisons

### 4.5. Le bâtiment choisis :

Le bâtiment choisis est bien ensoleillé vue sa situation, il compte neufs étages dont deux boutique commerçantes au rez de chaussez un ascenseur et une cage d'escalier.

Analyse architecturale de bâtiment choisis :

La façade et caractériser par la simplicité formelle en absence de la décoration.

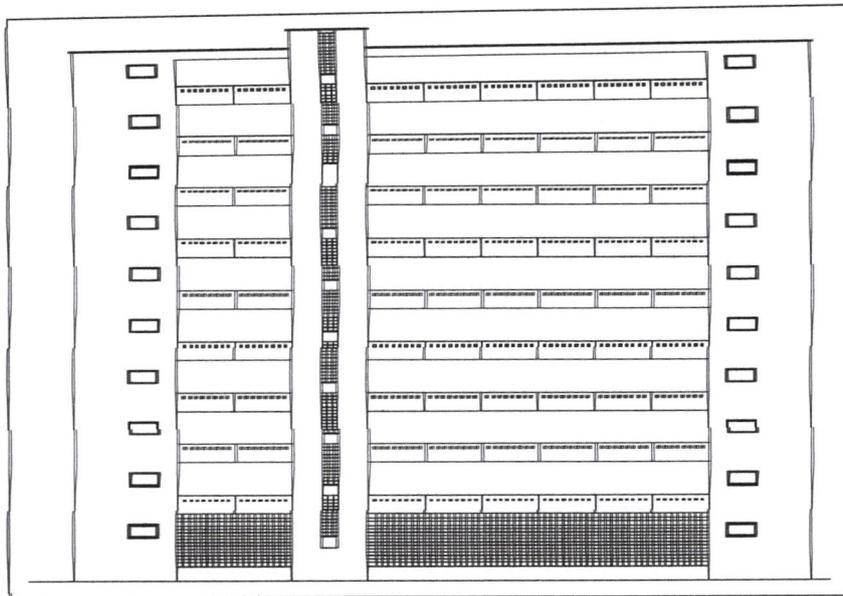


Figure 47: façade nord de l'existant

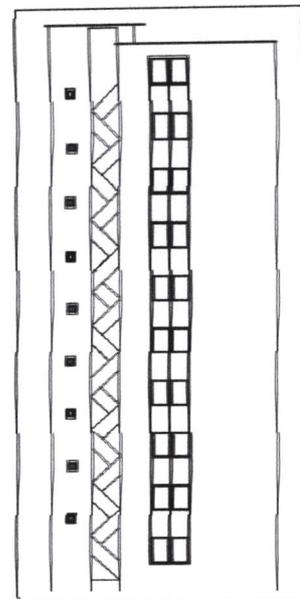


Figure 46: façade est de l'existant

Les appartements desservie par la coursiive horizontalement, la circulation verticale se fait par une cage d'escalier et un ascenseur.

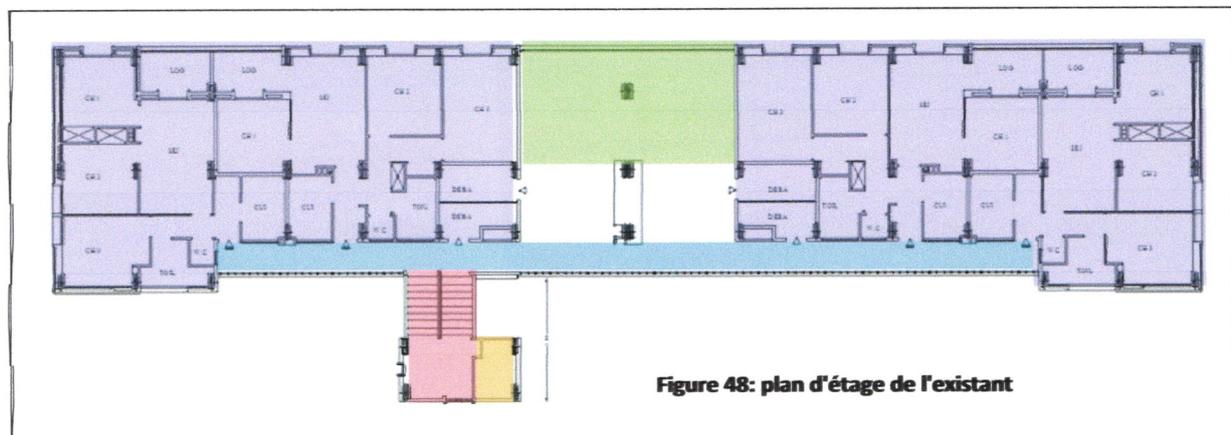


Figure 48: plan d'étage de l'existant

Légende :

	Les appartements		Commerces		Ascenseur
	Circulation horizontale		Cage d'escalier		

### 4.6. La consommation énergétique Electricité/ gaz

Chaque appartement est doté d'appareils indispensables : un réfrigérateur, un à deux climatiseurs, un ou deux téléviseurs, toutes les pièces sont dotées de lampes. Des appareils électroménagers, pour une estimation fine on prend en considération les appareils suivants : batteur, mixeur, micro-onde, four électrique...

Le gaz utilisé pour le chauffage, la cuisine, ou la production d'eau chaude sanitaire.

En hiver « bâtiment R+9 »

	Log 1	Log 2	Log 3	Log 4	Log 5	Log 6	Log 6	Log 7	Log 8
<b>Electricité « kWh »</b>	555	131	420	338	344	206	444	481	367
<b>Gaz « Th »</b>	1565	474	7563	1290	787	1793	4612	958	436

Tableau 1: consommation elec / gaz de l'existant en hiver (R+9)

En été « bâtiment R+9 »

	Log 1	Log 2	Log 3	Log 4	Log 5	Log 6	Log 7	Log 8
<b>Electricité kWh</b>	827	162	370	831	1151	102	692	480
<b>Gaz « Th »</b>	958	465	721	1556	341	351	844	389

Tableau 2: consommation elec/ gaz de l'existant en été (R+9)

En hiver « bâtiment R+4 »

	Log 1	Log 2	Log 3	Log 4	Log 5	Log 6	Log 7	Log 8
<b>Electricité kWh</b>	413	623	930	1450	508	570	209	669
<b>Gaz « Th »</b>	3777	1527	778	12593	6965	664	787	8313

Tableau 3: consommation elec/ gaz de l'existant en hiver (R+4)

En été « bâtiment R+4 »

	Log 1	Log 2	Log 3	Log 4	Log 5	Log 6	Log 7	Log 8
<b>Electricité kWh</b>	652	1029	2412	1155	692	473	1094	238
<b>Gaz « Th »</b>	607	844	2296	730	512	730	56	436

Tableau 4: consommation elec/ gaz de l'existant en été (R+4)

### 4.7. L'enquête de terrain

#### 4.7.1. Les méthodes de recueil de données :

Compte tenu de thèmes et de la nature des données recherchées, Nous avons opté pour deux méthodes :

- L'enquête sociologique à travers le questionnaire :

L'enquête sociologique est une étape incontournable de tout travail d'évaluation qualitative. Nous avons abordé cette étape à travers l'outil questionnaire pour avoir une idée des problèmes et aspiration de la population.

- Le constat sur terrain :

A pour but d'observer, de comparer ou d'ajouter des constats personnels à l'évaluation des répondants.

- Le type d'échantillon choisis :

Nous avons choisis d'élaborer un type d'échantillon aléatoire se compose d'un seul type de population qui est les habitants du quartier. Toute en touchants les deux sexes et les différentes tranches d'Age. Au finale notre échantillon se compose de 50 personnes.

- Elaboration du questionnaire :

Pour élaborer notre questionnaire de la manière la plus académique possible afin de récolter des informations les moins tronquées possible, nous avons pris appuis sur l'ouvrage de R.A. Jones. « Méthode de recherche en sciences humaines » (2002). Cet ouvrage apporte quelques éclairage sur les critères que doit remplir un bon questionnaire, certain sont du l'ordre du bon sens et de la logique et d'autre relèvent véritablement du domaine sociologique, à titre d'exemple nous citons les recommandations suivantes :

- ✓ Il faut que la formation des questions soit comprise de la même manière par l'ensemble du répondant.
- ✓ Il faut introduire les questions liées, au cœur du sujet de recherche de manière graduelle en allant de la générale au particulier.
- ✓ Le questionnaire doit être attrayant pour capter l'attention et l'intérêt du répondant, pour ce faire il faut selon l'auteur introduire des questions concernant « les attitudes, les connaissances, et les croyances » des répondants
- ✓ Le questionnaire ne doit pas être long et complexe pour ne pas lasser les répondants, pour ce faire il ne faut poser que les questions dont les réponses peuvent réellement avoir une incidence sur la recherche.
- ✓ Dans le cas d'un questionnaire écrit, réduire les questions ouvertes au minimum car les gens n'aime pas rédiger de longues réponse

D'autre part l'auteur attire l'attention sur les facteurs influant sur les réponses des enquêtes tel que : l'ordre des questions ou leur formulation.

- Application :

Notre questionnaire contient 28 questions articulées autour de 10 thèmes :

- ✓ Renseignements sur le répondant
- ✓ Perception de paysage et qualité du quartier
- ✓ Qualité du bâtiment
- ✓ Satisfaction
- ✓ Intimité
- ✓ Identification et qualité esthétique
- ✓ Qualité de logement
- ✓ Confort thermique
- ✓ Satisfaction
- ✓ Confort acoustique
- Objectifs de chaque question :

De manière générale toutes les questions ont pour but une réhabilitation énergétique du bâtiment et l'évaluation de son qualité esthétique, cette évaluation peut être soit directe (quand on demande au répondant d'attribuer une note), soit indirecte via une simple appréciation sur tel ou tel aspect.

### Thème 1 : Renseignement sur le répondant

#### Thème 2 : Perception de paysage et qualité du quartier

Pour ce thème nous avons voulu rédiger des questions simple est accessible afin de mettre le répondant à l'aise et de la motiver à répondre aux thèmes suivants.

Q1) C'est une question introductive, elle permet d'aborder le sujet d'une manière graduelle, en effet si le répondant ressent une certaine logique dans le grainage des questions ses réponses n'en sont que plus justes.

Q2) Cette question relate les différentes descriptions des habitants du quartier, elle nous offre la première évaluation chiffrable et exploitable via un calcul de pourcentages de termes positifs et négatifs au paysage du quartier.

#### Thème 2 : Qualité du bâtiment

Q3) Cette première question vise à nous donner une vision globale de la perception des habitants par rapport à la qualité de leur bâtiment.

Q4, 5, 6,7) Ces questions nous offrent un certain degré d'appréciation de sentiment des habitants vers l'architecture de leur immeuble.

### Thème 3 : Satisfaction

Q 8) Cette question nous offre via l'indice de satisfaction une appréciation directe chiffrée et exploitable de sentiment de satisfaction.

### Thème 4 : Intimité

**Q 9 et 10) Ces deux questions abordent le concept de Privacy (l'appropriation spatiale) à travers des questions indirecte visant à connaître l'intensité de liberté et d'intimité qu'ont les répondant au niveau de l'immeuble.**

### Thème 5 : Identification et qualité esthétique

**Q 11) Cette question reflète l'état des bâtiments.**

**Q 12, 13, 14) Ces questions nous offrent des données exploitables concernant le degré d'identification des répondants à leurs immeubles et ce via l'indice de la qualité esthétique perçue à l'indice d'aspiration à une personnalisation à l'espace.**

**Q15) Cette question vise à nous donner des pistes concernant les faiblesses et les manques ressentis par les habitants.**

### Thème 6 : Qualité du logement

**Q16 et 17) Par ces questions on peut constater la représentation que se font les individus de leurs logements, et la comparaison des avis de différents occupants d'immeuble vérifier la fiabilité de leur avis.**

**Q 18, 19) Viennent confirmer les réponses de la question 16 et 17.**

**Q 20) Cette question nous offre une appréciation directe chiffrée et de sentiment de l'importance du balcon via l'indice de satisfaction.**

### Thème 7 : Confort thermique

**Q 21 à 27) Ces questions nous offrent des données concernant le degré du confort thermique des répondants à leur logement.**

### Thème 8 : Satisfaction

**Q 28) Cette question nous offre une appréciation directe chiffrée et exploitable du sentiment de satisfaction via l'indice de satisfaction.**

### Thème 9 : Confort acoustique

**Q 29) Cette question nous offre des données concernant le degré du confort sonore des répondants à leur logement.**

- Le mode d'administration choisi :

Dans notre travail, le mode d'administration choisi de ce questionnaire est le mode face à face. Parce que ce mode présente plusieurs avantages, dont le plus important est qu'il offre la chance au chercheur de reformuler la question si elle est mal comprise et de pouvoir l'explicitier par le biais d'outils supplémentaires.

#### **7.7.2. Déroulement de l'enquête**

- L'enquête :

L'enquête se déroulé à la première semaine du mois de décembre 2015 et par ce que l'entretien était de mode face à face durant une journée on a consacré a un échantillon supplémentaire d'habitants.

➤ Le constat sur terrain :

Le constat sur terrain s'est déroulé au cœur de plusieurs visites sur site de la visite effectuée dans le cadre de l'enquête sociologique, et a consisté de prendre des notes et des photos du quartier et l'état esthétique des bâtiments.

### 4.7.3. Analyse et discussion d'enquête :

L'indicateur : l'indice de perception

La source de donné : le questionnaire

Les résultats :

Termes	Pourcentages (%)
1- Trop de voiture, trop de parkings	88.5
2- Il y a pas de paysage, y a rien à voir	54
3- Airé	77.14
4- Il n'y a pas d'espaces verts, de végétations	77.14
5- Il n'y a pas des airs de jeux	71.4

Tableau 5: perception des habitants (source: auteur)

#### Lecture et analyse

Les répondants ont dans une grande majorité choisie des termes négatifs pour décrire leur paysage. La perception du paysage au sein de notre échantillon est donc très négative.

Les termes 2 et 4 démontre que la notion de paysage est considéré comme inexistant. Donc la présence de séquences verte est un élément qui influe sur la nature de la perception.

Terme 1 est 5 démontre que les parkings occupent des espaces qui doivent être dévolus ou délassement et au loisir.

En conclusion la perception de paysage urbain est bien un aspect quantifiable de la qualité du quartier, via l'indice de perception. Cet indicateur nous informe sur les besoins et les aspirations des habitants concernant le paysage de leur quartier.

L'indicateur : qualité architecturale

La source de donné : le questionnaire

Les résultats :

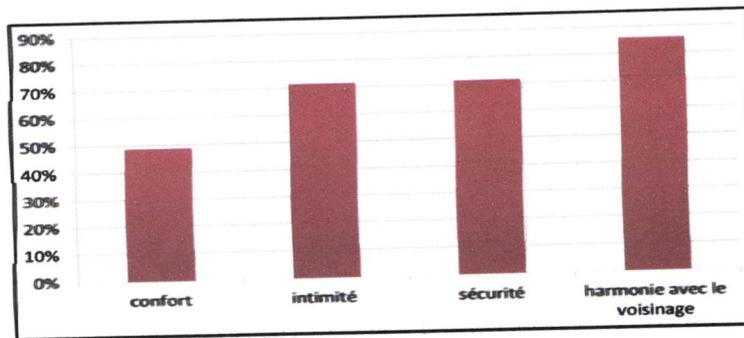


Figure 49: qualité architecturale (source: auteur)

Les critères	Confort	Intimité	sécurité	Harmonie avec le voisinage
La note / 10	5.8	6.7	7.3	8.1

Tableau 6: note sur la qualité architecturale (source: auteur)

### Lecture et analyse :

Environ 70 % des répondants affirme que l'intimité, et sécurité arrive en tête des critères prompte à créer un espace satisfaisant au niveau de l'immeuble.

Ce chiffre nous renseigne sur le fait que le sentiment de satisfaction globale ne peut exister que lorsque le confort est présent.

Avec un indice de satisfaction de plus de 60 % nous pouvons conclure que la satisfaction de notre échantillon est bien.

L'indicateur : intimité

La source de donné : le questionnaire

Les résultats :

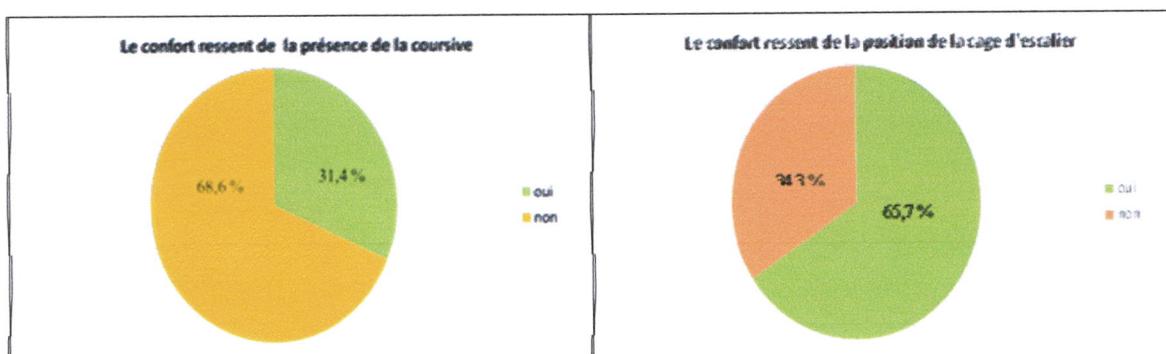


Figure 50: indice d'intimité (source: auteur)

### Lecture et analyse :

Nous constatons que plus de 60% des enquêtés ne sont pas gênés par la présence de la coursive dans leurs immeubles comme mode de distribution collectif et ce dernier ne pose pas problèmes d'intimité. Cette affirmation est identique concernant la position de la cage d'escalier ou nous observons que plus 60% des répondant confirme que la position de la cage d'escalier se convient.

L'indicateur : identification

La source de données : le questionnaire

Les résultats :

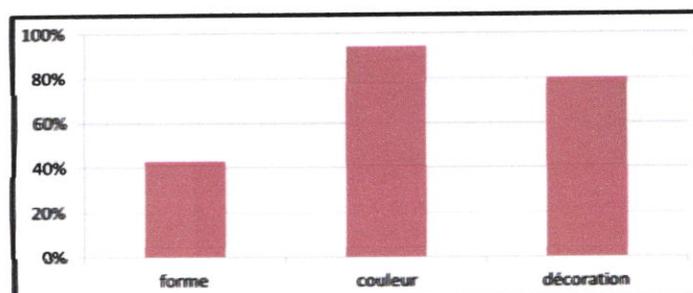


Figure 51: la qualité esthétique (source: auteur)

Le cratère	La note /10
La qualité esthétique de l'immeuble	5

Tableau 7: note sur la qualité esthétique de l'immeuble (source: auteur)

### Lecture et analyse :

La majorité des répondants (plus de 80%) ont estimés que leurs immeubles ont un manque concernant la couleur et la décoration. Les habitants donc, ont la sensation que leurs immeubles sont monotones et ennuyeux.

Avec un indice de qualité esthétique perçue est moyenne, nous pouvons penser que les usagers estiment que l'esthétique de l'immeuble est à améliorer.

L'indicateur : qualité du logement

La source des données : le questionnaire

Les résultats :

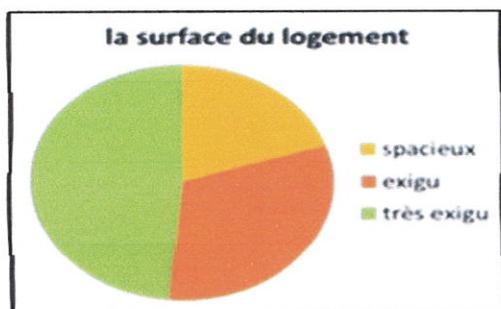


Figure 53: surface du logement (source: auteur)

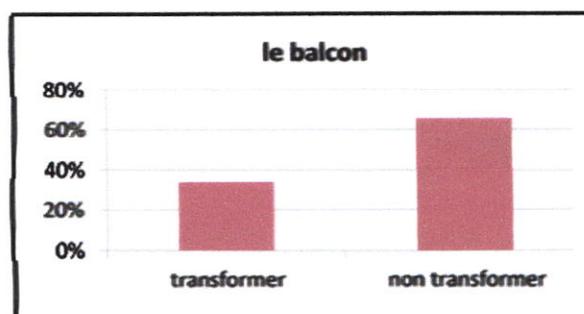


Figure 52: qualité du logement

Le critère	La note /10
L'importance de l'existence de balcon	8.8

Tableau 8: l'importance de l'existence du balcon

### Lecture et analyse :

La majorité des individus enquêtés (plus de 80%) sont confirmés que leurs appartements dans ce quartier sont exigus. Cet avis nous montre d'une part les conditions de l'inconfort perçu et d'autre part les aspirations des occupants.

La comparaison entre les différentes perceptions du logement et la transformation du balcon nous permet de constater que l'existence du balcon est très importante pour les usagers dans le logement.

### L'indicateur : confort thermique

La source des données : le questionnaire

Les résultats :

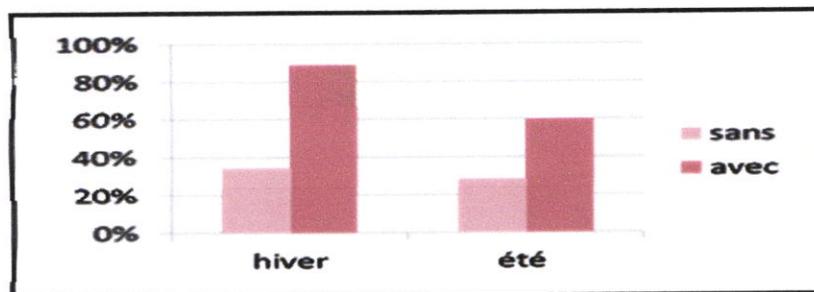


Figure 54: le confort thermique (source: hauteur)

### Lecture et analyse :

Avec une 34,3 % de réponses positives, en hiver le confort thermique sans système de chauffage est assez faible ce qui oblige l'utilisateur d'utiliser le système de chauffage pour assurer le confort thermique qui donne un 65,7 % d'utilisateur satisfait.

En été 28,5 % de réponses positives sans système de climatisation est très faible et 60% de réponses positives avec le système de climatisation.

Confort thermique	Note /10			
	Hiver		été	
	Sans chauffage	Avec chauffage	Sans climatisation	Avec climatisation
	5	9	3	9

Figure 55: note au confort thermique (source: auteur)

Avec l'indice de satisfaction nous pouvons dire que le confort thermique sans système de climatisation et système de chauffage est très faible.

En conclusion, nous pouvons penser que les usagers estiment que le confort thermique est à améliorer.

L'indicateur : L'éclairage

La source des données : le questionnaire

Les résultats :

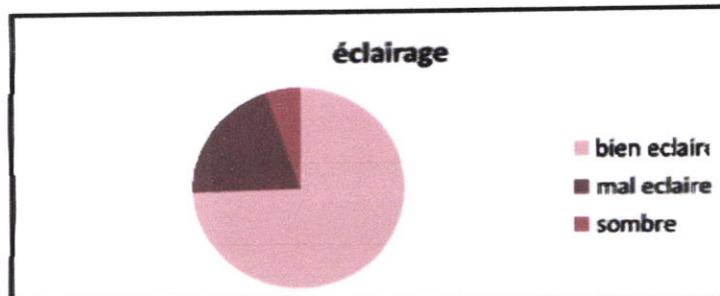


Figure 56: l'éclairage au niveau d'appartement

Lecture et analyse :

Avec 74,2 % de réponses positives en estimant que l'appartement est bien éclairé. Donc le confort visuel au sein des appartements est très acceptable.

L'indicateur : le confort acoustique

Sources des données : le questionnaire

Les résultats :

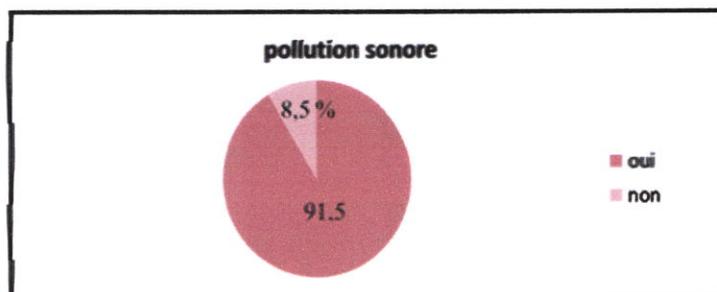


Figure 57: la pollution sonore

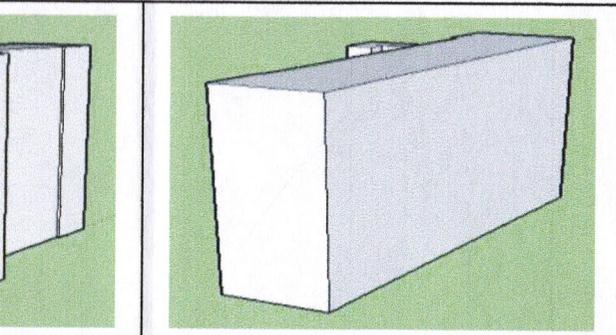
Lecture et analyse :

Avec un indice de confort acoustique perçu est très faible, nous pouvons penser que les usagers estiment que le confort acoustique est à améliorer.

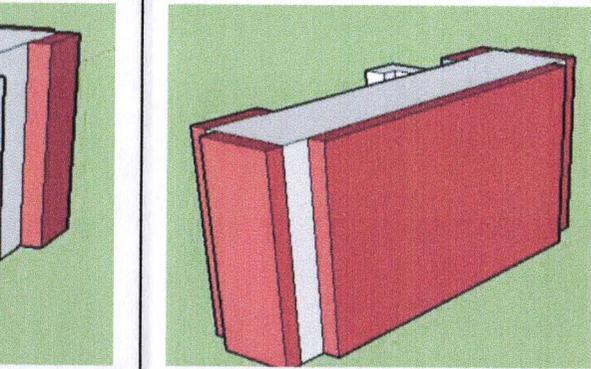
En conclusion, les informations de site et les résultats d'enquête nous ont permis de citer des recommandations afin d'atteindre notre objectif d'améliorer la performance au niveau du bâtiment choisi.

tion

volume :



9

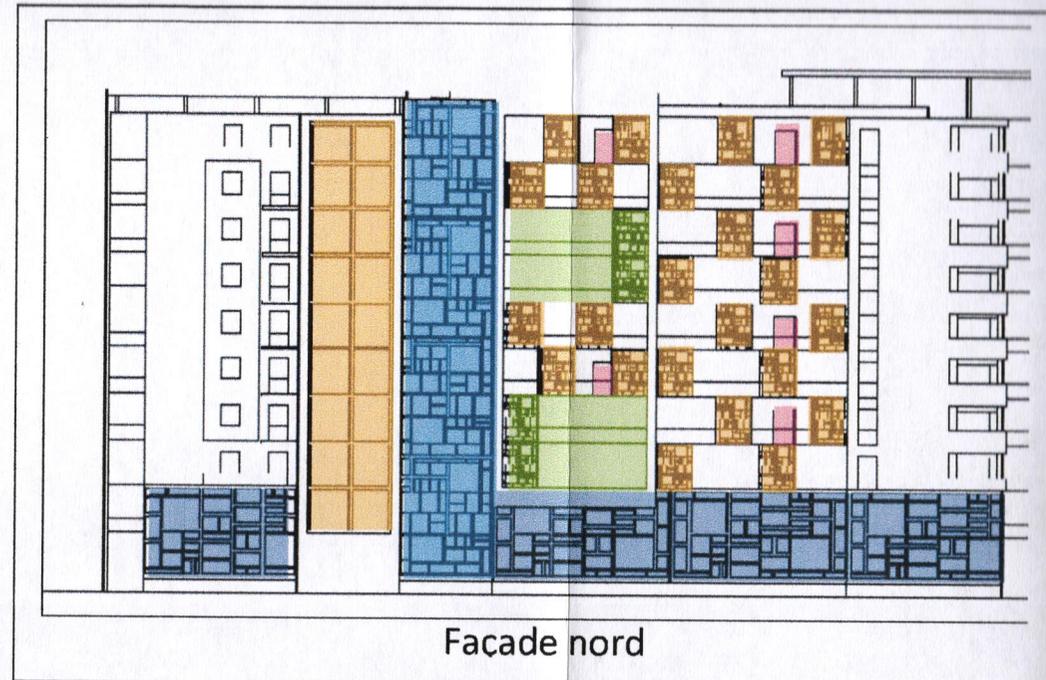
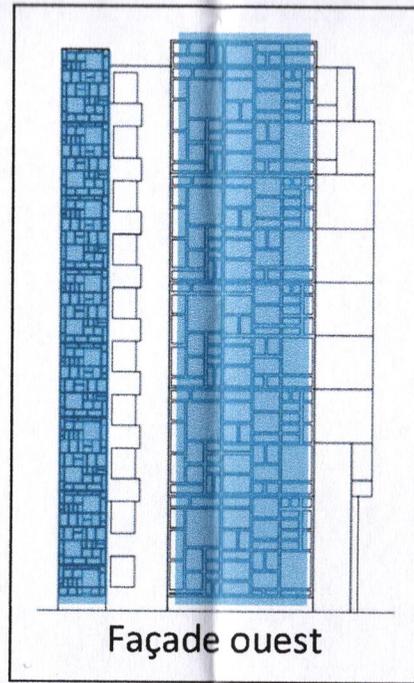


e-chaussée au 9ème étage



Déconstruction d'appartement pour la création d'espaces communs.

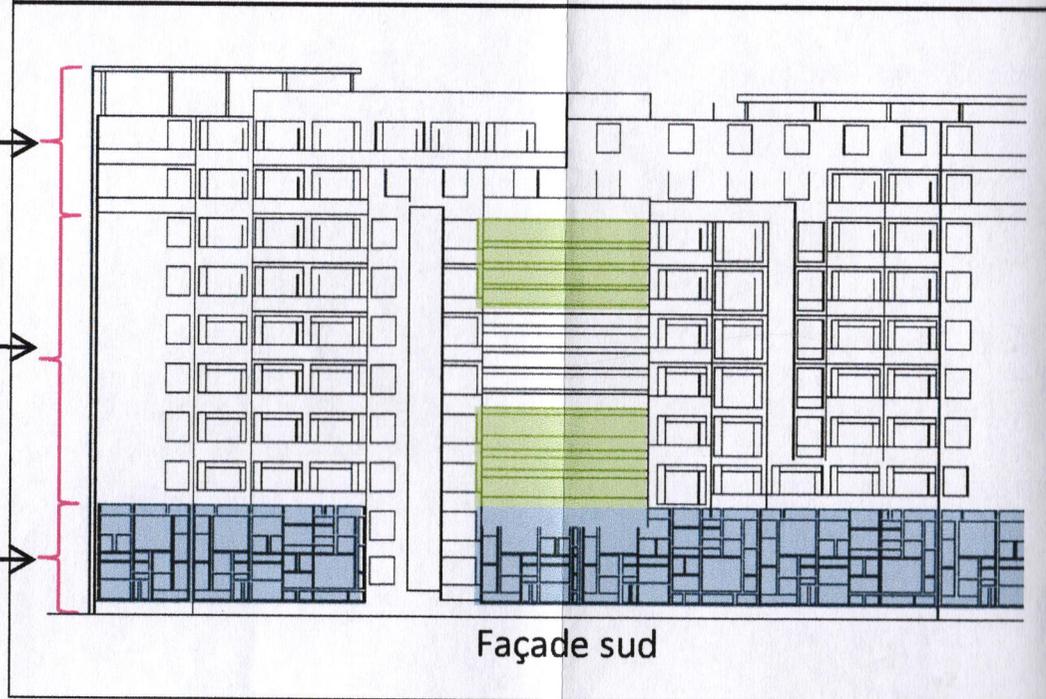
### Les façades



Couronnement

Corps

Soubassement



Couverture avec des moucharabihs au côté est et ouest.

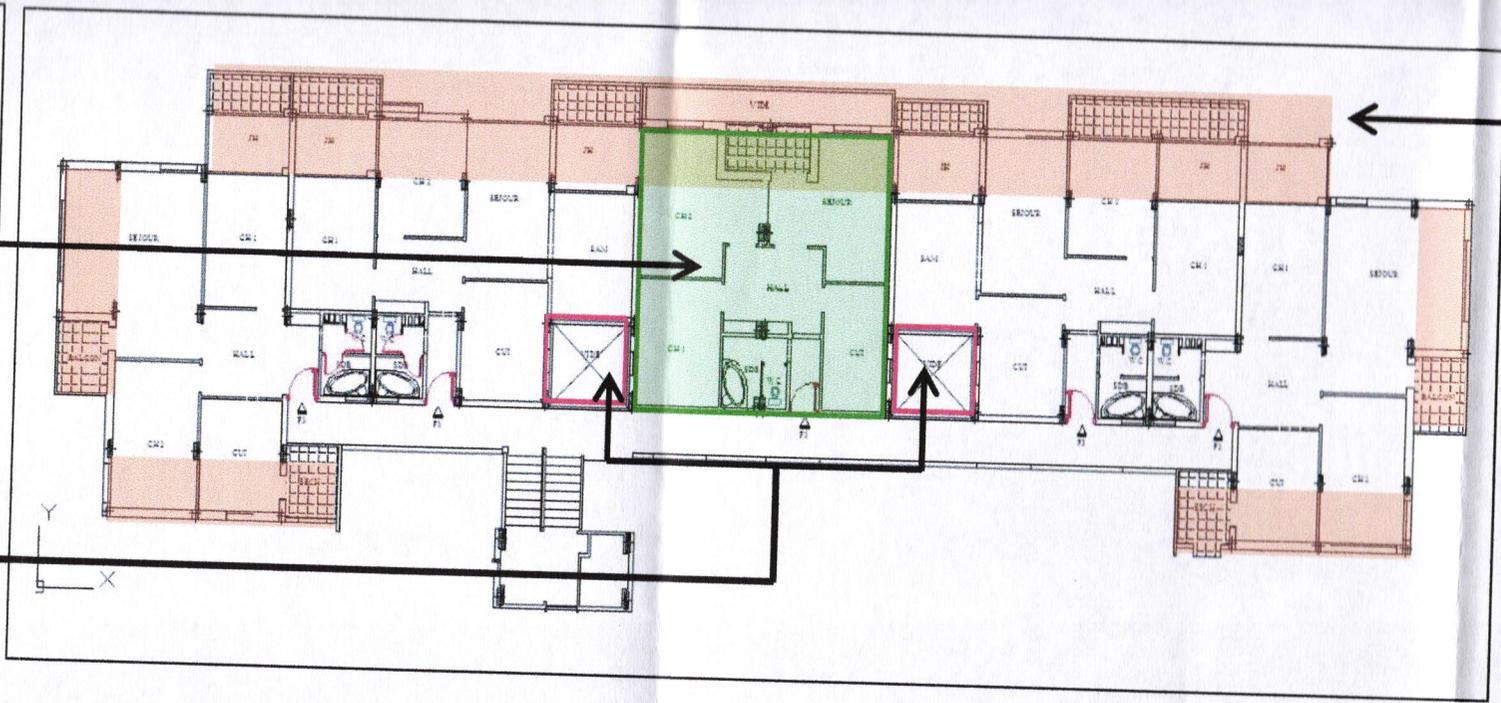


Protection visuelle.



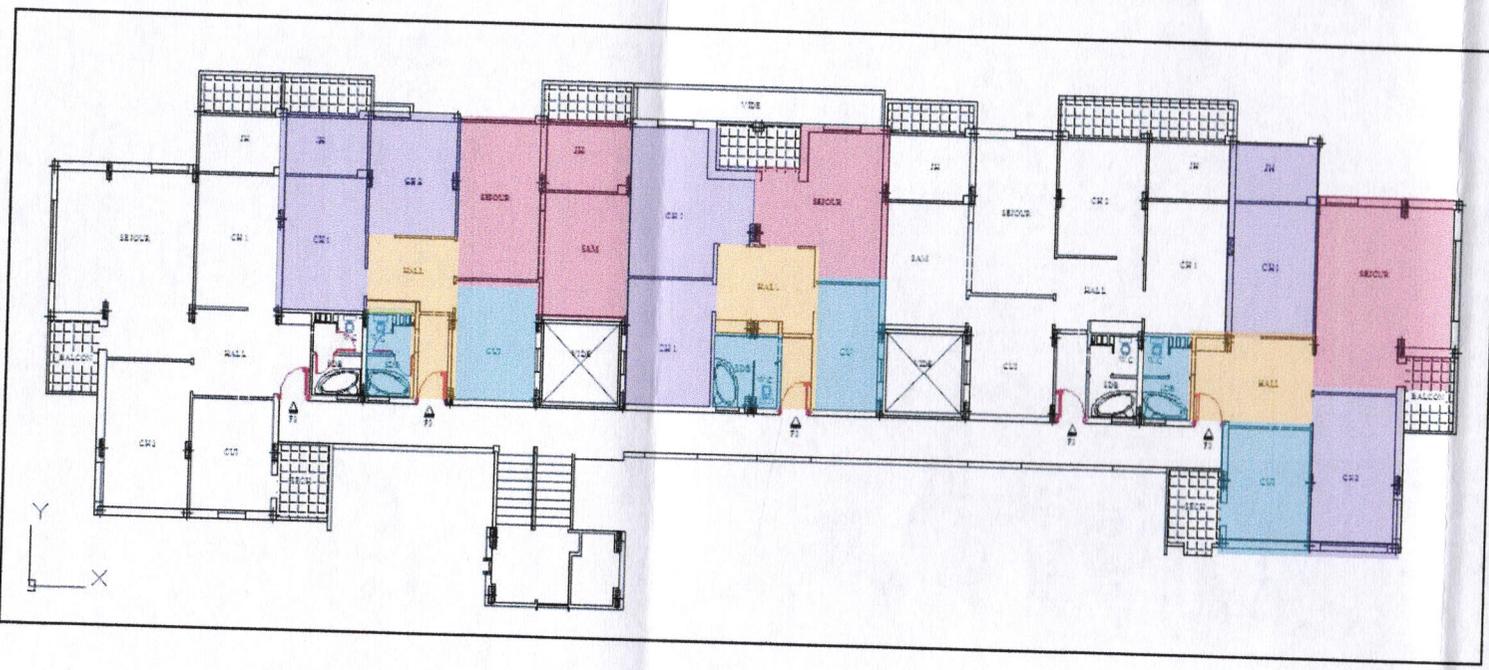
L'entrée des logs

Le rez-de-  
struction des  
R+3, R+6 et  
des espaces  
d'améliorer  
esprit de



La surépaisseur permet  
des extensions de  
logements qui améliorent  
le confort d'usage des  
appartements par  
l'augmentation des  
surfaces des différentes  
pièces, Capter et se  
protéger de l'énergie  
solaire, Diminuer

e  
horizontale



Restructuration d'espace  
intérieur des  
appartements pour des  
dispositions optimales des  
différents espaces du  
logement et offrir une  
meilleure adaptation de  
l'utilisateur avec toutes  
les fonctions.

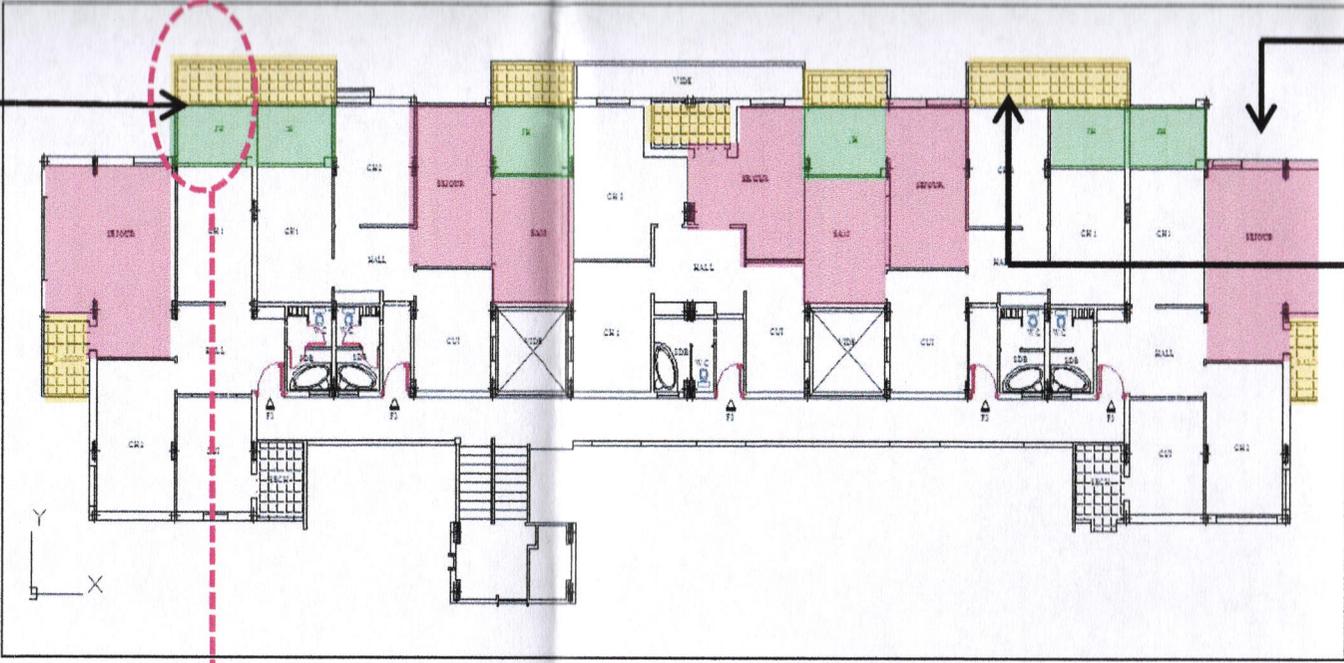
en plein sud qui  
uffer l'air en hiver.

onne des saisons :  
eries)

ampon /séjour.

n:/espace tampon

ampon + séjour.



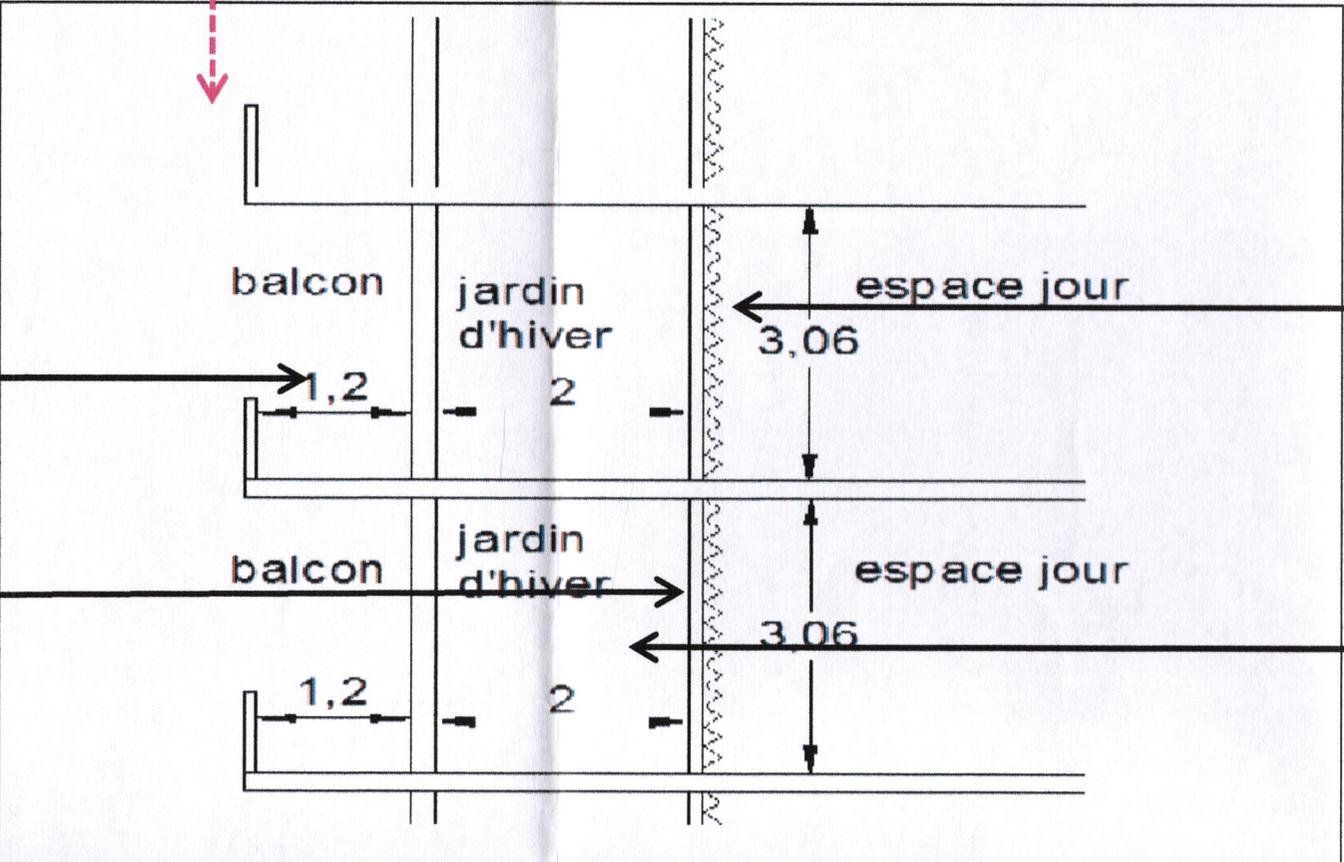
Espaces jour plein sud.

Balcons été conçus  
avec une profondeur de  
1m20 a 2m offrant ainsi  
de généreux espaces  
extérieurs.

Les balcons permettent  
de la suppression des  
ponts thermiques.

e 1m20, pouvant  
les jardins d'hiver

ne limite pas les  
à l'intérieur du



Les châssis vitré  
coulissants permettent  
un véritable  
prolongement de  
l'espace intérieure vers  
le jardin d'hiver et le  
balcon.

placé derrière les  
polycarbonate et  
à l'intérieur des  
t d'une protection  
et intimité.

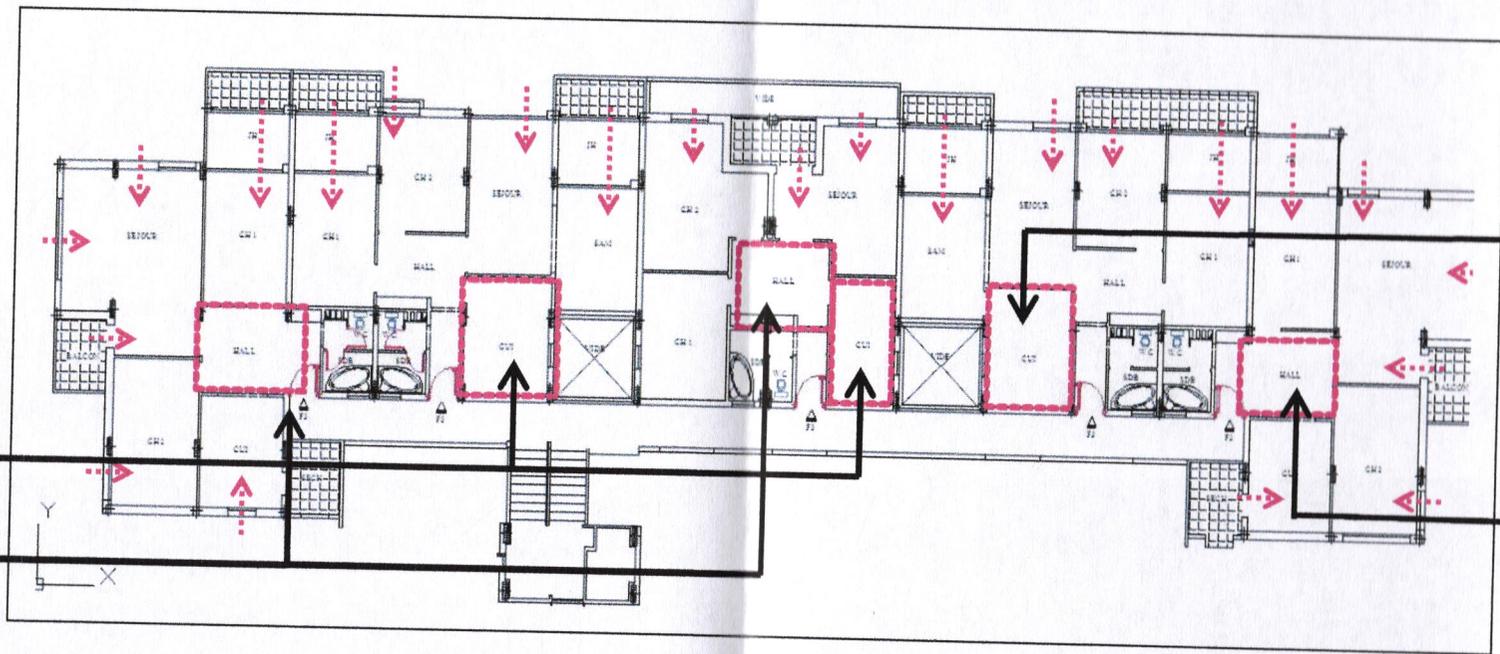
Le jardin d'hiver, larges  
de 2 mètres.

L'usage de cet espace  
non chauffé varie selon  
les saisons et selon les  
habitants.

rnir le plus  
ble à la

lumière

re depuis



La cuisine reçoit de  
la lumière depuis le  
séjour.

Le hall reçoit la  
lumière depuis le  
séjour.

Charabieh en Ductal

Ductal est un béton fibré à ultra haute performances de Lafarge Algérie, il offre une combinaison unique de caractéristiques mécaniques sans équivalent ; ductilité ; résistance mécanique et durabilité, qui laisse libre cours à toute la créativité des architectes et concepteurs de bâtiment. L'élégance des formes minérales les plus épurées accessible, toute comme l'incontournable complexité des éléments multifonctionnels sans compromis esthétiques.

Les performances mécaniques de Ductal et la finesse de son grain offrent une grande liberté créative aux architectes. Ductal permet la production fidèle de textures en relief et peut être coloré dans la masse, tout en gardant son aspect minéral et ses

En plus des performances du BFUP, plusieurs des éléments de ce type de résille pour la façade et les poteaux, les courbes, les deux types de protection des ancrages de

- Lieu : Marseille, France
- Fonction : musée
- Année de construction : 2013
- Architecte : Rudy Ricciotti



est composée d'une peau dissymétrique et de 600 panneaux triangulaires en (autres)

- Lieu : Paris, France
- Fonction : stade 2013
- Année de construction : 2013
- Architecte : Rudy Ricciotti



nsé



Caractéristiques techniques :

Conductivité thermique moyenne: 0,040 W/m.K

Densité: de 10 à 40 kg/m<sup>3</sup>

Capacité thermique: 1,1 kJ/kg.K

Classement au feu: M1

Coefficient de résistance à la vapeur d'eau  $\mu$  : 1

Énergie grise: 450 kWh/m<sup>3</sup>

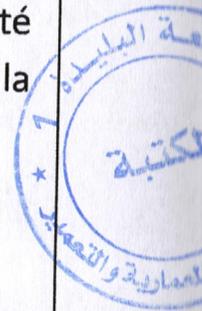
Bilan CO<sub>2</sub> : 70 kg éq. CO<sub>2</sub> / m<sup>3</sup>

Avantages

Pose facile ; bonne capacité d'isolation ; bonne perméabilité à la vapeur d'eau ; très léger ; très bonne résistance à la compression; facile à travailler ; économique.

Inconvénients

Isolation acoustique médiocre ; mode de fabrication polluant ; dégagement de gaz toxiques en cas d'incendie ; déconseillé sur les surfaces irrégulières ; facilement inflammable ; doit être associé à un revêtement ignifugé.



e



Caractéristiques techniques :

Conductivité thermique moyenne: 0,038 W/m.K

Densité: - Vrac: de 50 à 75 kg/m<sup>3</sup>

- Panneaux: de 70 à 100 kg/m<sup>3</sup>

- Panneaux acoustiques: env. 320kg/ m<sup>3</sup>

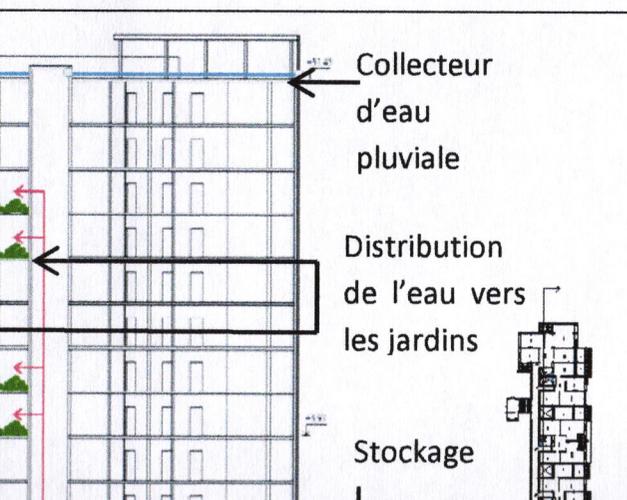
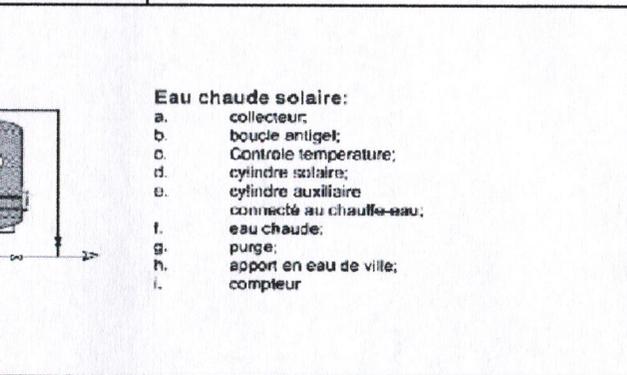
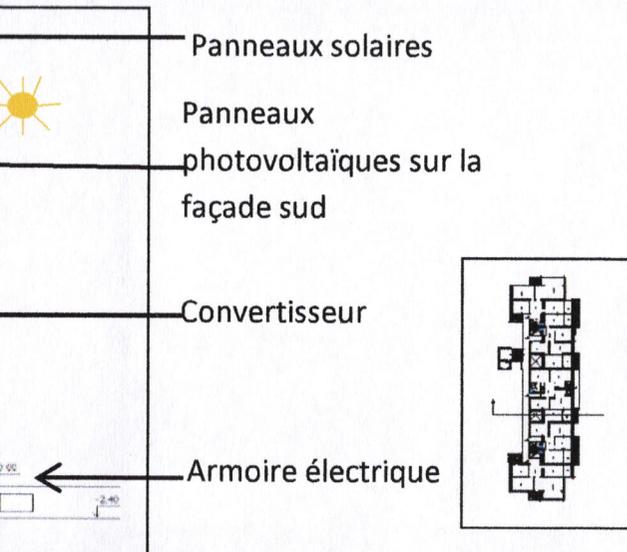
Capacité thermique: de 1,3 à 1,8 kJ/kg.K

Énergie grise: 6 kWh/m<sup>3</sup>

Avantages

Très bon rapport qualité technique, écologique et coût (vrac). Protection de la structure contre les incendies grâce à sa grande capacité thermique Insensible aux micro-organismes. Peu d'énergie à la fabrication Ressource renouvelable, Recyclage (produits sans sel de bore), Pas de dégagements toxiques. Pas de dangers sanitaires.

Inconvénients



De toutes les sources d'énergies renouvelables disponibles, les cellules photovoltaïques ont le plus petit impact environnemental.

L'intégration de 197 m<sup>2</sup> de capteurs photovoltaïques en façade sud permet de produire environ 21188 kWh/an. (voir annexe 2 résultats de simulation PVSYS )

### **Eau chaude solaire, chauffage :**

L'eau chaude solaire offre des bénéfices bien au-delà du gain économique. En réduisant la consommation d'électricité et de gaz, elle aide à réduire les polluants tels le CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> et NO<sub>2</sub>.

### **Gestion des eaux de pluie**

La gestion d'eaux de pluie proposée transforme des propriétés naturelles en composants utilisables ; l'eau de pluie sera utilisée pour les jardins, et les murs végétaux.

L'eau de pluie sera collectée et acheminée vers un réservoir en sous-sol, puis pompée vers les endroits désigné après filtration.

# CHAPITRE 5

## **5. Simulations**

### **5.1. Présentation des logiciels de simulation**

De nouveaux outils de modélisation voient le jour dans les cabinets d'architecture qui permettent d'évaluer les impacts des conditions bioclimatiques sur le confort et la consommation énergétique des bâtiments résidentiels. Ces logiciels permettent de programmer les futurs composants de base d'un logement (matériaux, vitrage, revêtements...) et d'en esquisser un plan en 3D, prenant en compte le terrain local (lieu, orientation).

Permet les logiciels de simulation utilisée dans ce travail :

#### **5.1.1. Présentation de logiciel PV système :**

PVSYST est un logiciel pour calculer le rendement de son installation solaire photovoltaïque.

Il permet de modéliser une installation complète avec les panneaux, les onduleurs, la météo, les bâtiments pour les ombres, les masques...

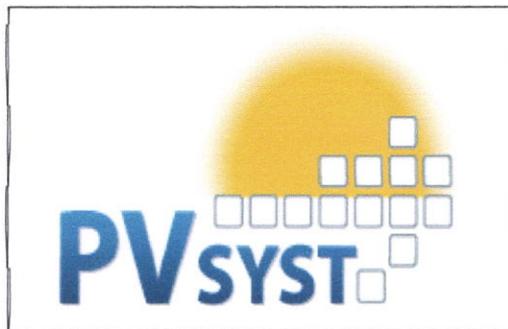


Figure 58: PV système logiciel

#### **5.1.2. Présentation de logiciel Autodesk<sup>25</sup> Ecotect Analysis**

Logiciel de conception haute qualité environnementale :

Le logiciel d'analyse de conception HQE Autodesk Ecotect Analysis est un outil complet de conception qui associe un modèleur 3D avec des analyses solaire, thermique, acoustique et de coût.

Ecotect est un outil d'analyse qui donne des résultats très visuels. Il offre un large éventail de fonctionnalités de simulation et d'analyse de l'énergie des bâtiments qui peut améliorer les performances des bâtiments et des nouveaux projets de bâtiments.

Les fonctionnalités des analyses de consommation d'énergie, d'eau et d'émission de carbone intègrent des outils qui vous permettent de visualiser et de simuler les performances d'un bâtiment de son environnement.

---

<sup>25</sup>Autodesk, Société Américaine d'édition de logiciels de création et de contenu numérique, a été fondé en 1982. Son siège social se trouve à San Rafael, Californie, USA.

## Partie opérationnelle: Chapitre 5

- **Analyses énergétique du bâtiment entier** : calculez la consommation d'énergie et des émissions de carbone de votre modèle de bâtiment sur une base annuelle, mensuelle, quotidienne et horaire, en utilisant une base de données d'information météorologiques.
- **Performance thermique** : calculez les besoins en chauffage et climatisation des modèles et analysez les effets de l'occupation, des gaines internes, de l'infiltration et de l'équipement.
- **Consommation d'eau et évaluation des coûts** : estimez la consommation d'eau à l'intérieur et à l'extérieur du bâtiment.
- **Rayonnement solaire** : visualisez le rayonnement solaire sur les fenêtres et les autres surfaces
- **Eclairage naturel**
- **Ombres**

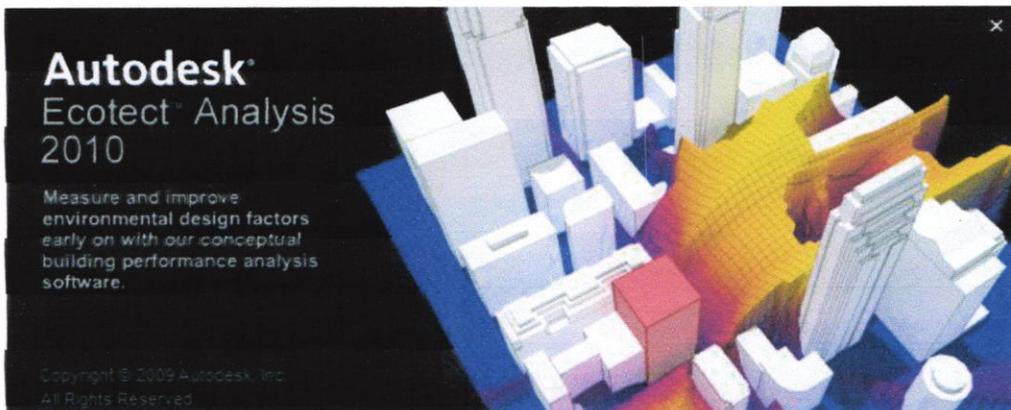
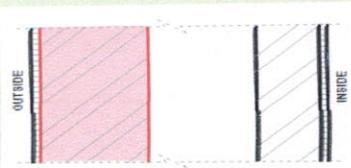
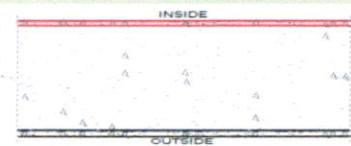
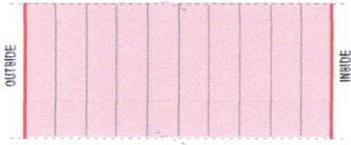


Figure 59: Logo officiel du logiciel Ecotect Analysis. (Source : <http://www.autodesk.fr/>)

5.2. Résultats de la simulation et commentaires

5.2.1. Caractéristiques des matériaux de l'existant

Caractéristiques des matériaux																																					
<b>Paroi extérieure</b>	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Layer Name</th> <th>Width</th> <th>Density</th> <th>Sp.Heat</th> <th>Conduct</th> <th>Type</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Plaster Building (Molded Dry</td> <td>0.010</td> <td>1250.0</td> <td>1088.000</td> <td>0.431</td> <td>85</td> </tr> <tr> <td>2. Brick Masonry Medium</td> <td>0.120</td> <td>2000.0</td> <td>836.800</td> <td>0.711</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>3. Air Gap</td> <td>0.120</td> <td>1.3</td> <td>1004.000</td> <td>5.560</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>4. Brick Masonry Medium</td> <td>0.070</td> <td>2000.0</td> <td>836.800</td> <td>0.711</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>5. Plaster Building (Molded Dry</td> <td>0.010</td> <td>1250.0</td> <td>1088.000</td> <td>0.431</td> <td>85</td> </tr> </tbody> </table>	Layer Name	Width	Density	Sp.Heat	Conduct	Type	1. Plaster Building (Molded Dry	0.010	1250.0	1088.000	0.431	85	2. Brick Masonry Medium	0.120	2000.0	836.800	0.711	25	3. Air Gap	0.120	1.3	1004.000	5.560	0	4. Brick Masonry Medium	0.070	2000.0	836.800	0.711	25	5. Plaster Building (Molded Dry	0.010	1250.0	1088.000	0.431	85
Layer Name	Width	Density	Sp.Heat	Conduct	Type																																
1. Plaster Building (Molded Dry	0.010	1250.0	1088.000	0.431	85																																
2. Brick Masonry Medium	0.120	2000.0	836.800	0.711	25																																
3. Air Gap	0.120	1.3	1004.000	5.560	0																																
4. Brick Masonry Medium	0.070	2000.0	836.800	0.711	25																																
5. Plaster Building (Molded Dry	0.010	1250.0	1088.000	0.431	85																																
<b>Paroi intérieure</b>	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Layer Name</th> <th>Width</th> <th>Density</th> <th>Sp.Heat</th> <th>Conduct</th> <th>Type</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Plaster Building (Molded Dry</td> <td>0.010</td> <td>1250.0</td> <td>1088.000</td> <td>0.431</td> <td>85</td> </tr> <tr> <td>2. Brick Masonry Medium</td> <td>0.070</td> <td>2000.0</td> <td>836.800</td> <td>0.711</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>3. Plaster Building (Molded Dry</td> <td>0.010</td> <td>1250.0</td> <td>1088.000</td> <td>0.431</td> <td>85</td> </tr> </tbody> </table>	Layer Name	Width	Density	Sp.Heat	Conduct	Type	1. Plaster Building (Molded Dry	0.010	1250.0	1088.000	0.431	85	2. Brick Masonry Medium	0.070	2000.0	836.800	0.711	25	3. Plaster Building (Molded Dry	0.010	1250.0	1088.000	0.431	85												
Layer Name	Width	Density	Sp.Heat	Conduct	Type																																
1. Plaster Building (Molded Dry	0.010	1250.0	1088.000	0.431	85																																
2. Brick Masonry Medium	0.070	2000.0	836.800	0.711	25																																
3. Plaster Building (Molded Dry	0.010	1250.0	1088.000	0.431	85																																
<b>plancher</b>	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Layer Name</th> <th>Width</th> <th>Density</th> <th>Sp.Heat</th> <th>Conduct</th> <th>Type</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. granite</td> <td>0.010</td> <td>2880.0</td> <td>840.000</td> <td>3.490</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>2. Concrete 1-4 Dry</td> <td>0.200</td> <td>2300.0</td> <td>656.900</td> <td>0.753</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>3. Plaster</td> <td>0.010</td> <td>1250.0</td> <td>1088.000</td> <td>0.431</td> <td>35</td> </tr> </tbody> </table>	Layer Name	Width	Density	Sp.Heat	Conduct	Type	1. granite	0.010	2880.0	840.000	3.490	35	2. Concrete 1-4 Dry	0.200	2300.0	656.900	0.753	35	3. Plaster	0.010	1250.0	1088.000	0.431	35												
Layer Name	Width	Density	Sp.Heat	Conduct	Type																																
1. granite	0.010	2880.0	840.000	3.490	35																																
2. Concrete 1-4 Dry	0.200	2300.0	656.900	0.753	35																																
3. Plaster	0.010	1250.0	1088.000	0.431	35																																
<b>fenêtres</b>	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Layer Name</th> <th>Width</th> <th>Density</th> <th>Sp.Heat</th> <th>Conduct</th> <th>Type</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Glass Standard</td> <td>0.006</td> <td>2300.0</td> <td>836.800</td> <td>1.046</td> <td>75</td> </tr> </tbody> </table>	Layer Name	Width	Density	Sp.Heat	Conduct	Type	1. Glass Standard	0.006	2300.0	836.800	1.046	75																								
Layer Name	Width	Density	Sp.Heat	Conduct	Type																																
1. Glass Standard	0.006	2300.0	836.800	1.046	75																																

### 5.2.2. Analyse thermique de l'existant

CATEGORY	LOSSES	GAINS
<b>FABRIC</b>	<b>78.1%</b>	<b>1.8%</b>
<b>SOL-AIR</b>	<b>0.0%</b>	<b>2.8%</b>
<b>SOLAR</b>	<b>0.0%</b>	<b>84.6%</b>
<b>VENTILATION</b>	<b>16.0%</b>	<b>0.4%</b>
<b>INTERNAL</b>	<b>0.0%</b>	<b>10.3%</b>
<b>INTER-ZONAL</b>	<b>5.9%</b>	<b>0.1%</b>

Tableau 9: analyse thermique des gains et des pertes de l'existant (source : Ecotect/auteur)

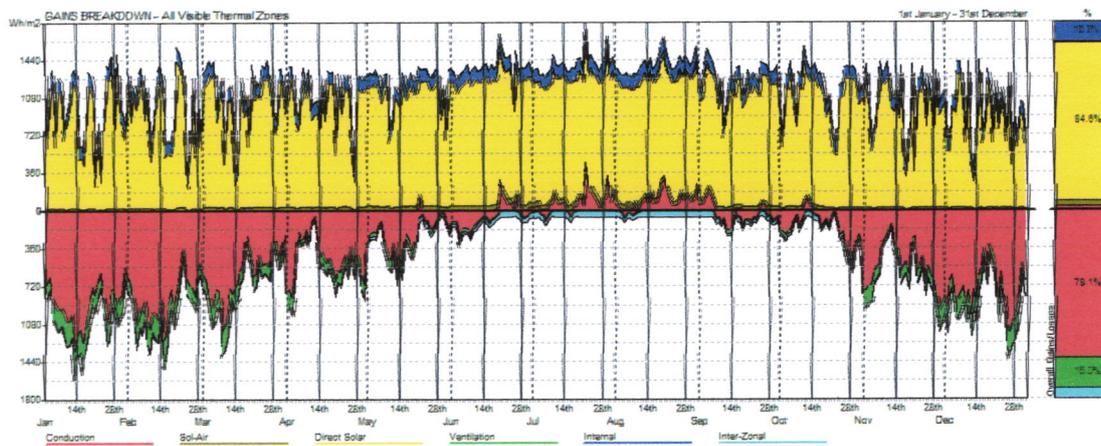


Figure 60: analyse thermique de l'existant (source Ecotect/auteur)

### 5.2.3. La zone de confort de l'existant

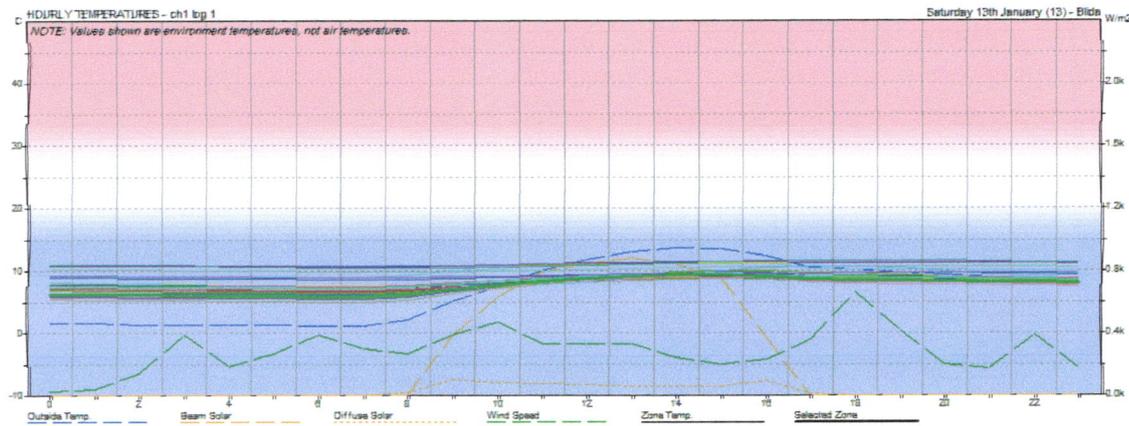


Figure 61: évaluation de température extérieure et intérieure hivernale de l'existant (source: Ecotect/ auteur)

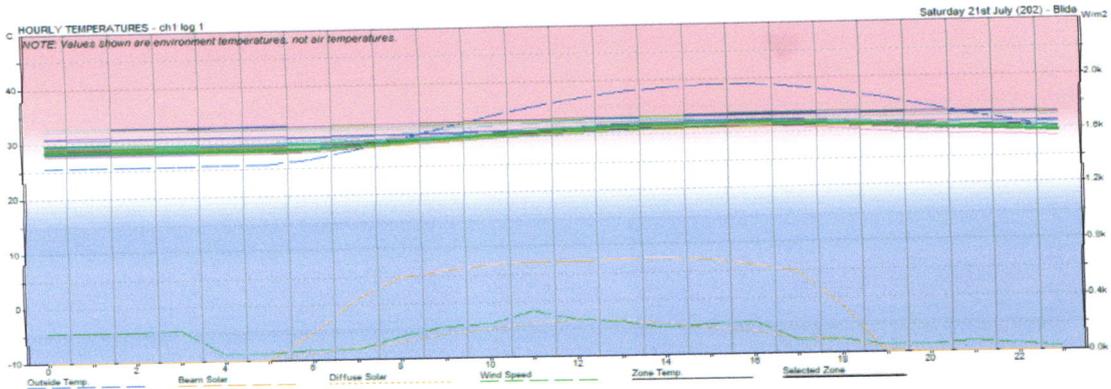


Figure 62: evaluation de température extérieure et intérieure estivale de l'existant (source: Ecotect/auteur)

5.2.4. Les besoins manuelle en chauffage et en refroidissement de l'existant

Month	Heating(kWh)	Cooling(kWh)	Totale (kWh)
Jan	9296.528	0.000	9296.528
Feb	7369.581	0.000	7369.581
Mar	5865.991	0.000	5865.991
Apr	3929.618	0.000	3929.618
May	1541.947	0.338	1542.285
Jun	211.487	2300.177	2511.664
Jul	0.000	6932.061	6932.061
aug	0.000	8974.823	8974.823
Sep	101.351	2685.046	2786.397
Oct	1060.942	75.526	1136.468
Nov	4994.904	0.000	4994.904
dec	7738.449	0.000	7738.449
totale	42110.797	20967.971	63078.770
Per m <sup>2</sup>	102.428	51.002	153.430
Floor area	411.124 m2		

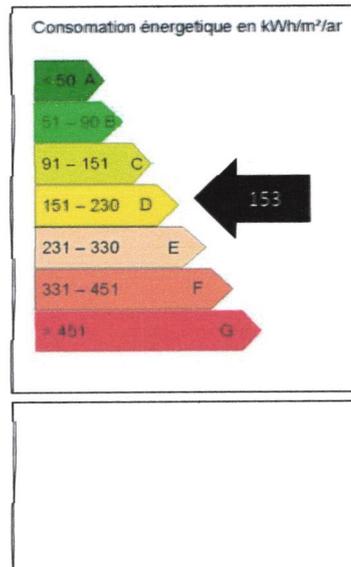


Tableau 10: les besoins manuelle en chauffage et en refroidissement de l'existant (source: Ecotect/auteur)

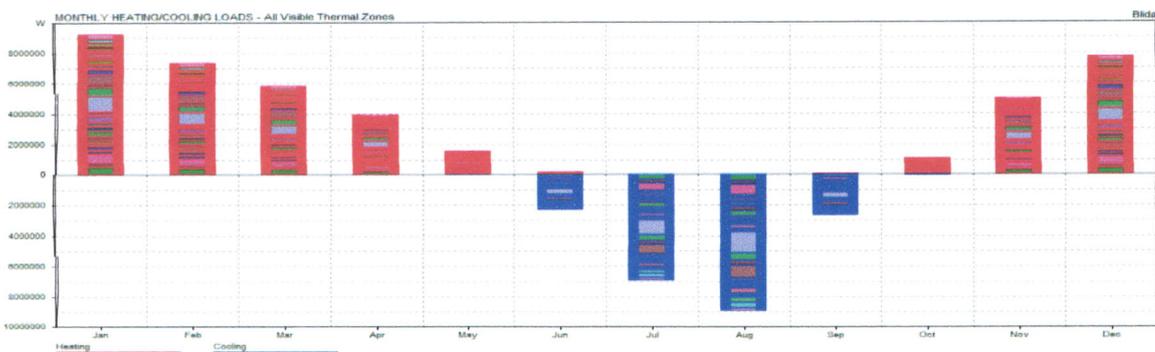


Figure 63: les besoins manuelle en chauffage et en refroidissement de l'existant (source: Ecotect/hauteur)

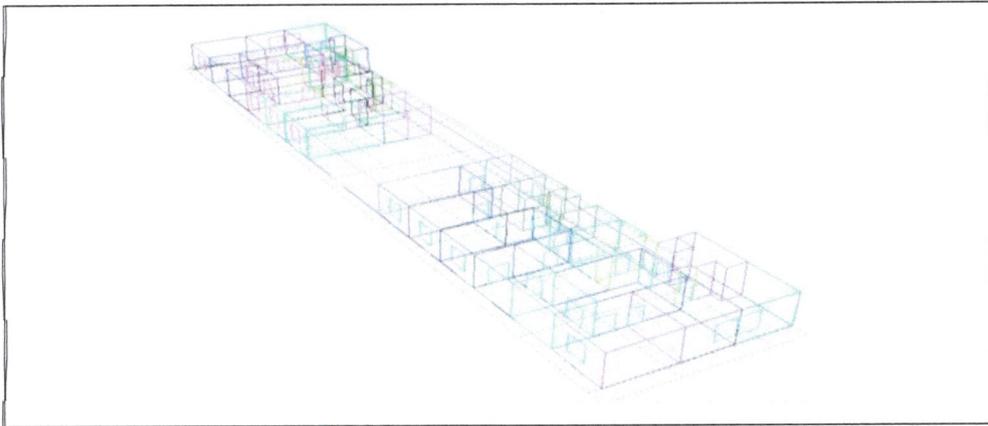


Figure 64: le modèle simulé par Ecotect de l'existant (source : Ecotect/auteur)

### 5.2.5. Lecture et interprétation des graphiques

#### En saison hivernale

En saison hivernale (figure 57) on a relevé une température extérieure minimale de 4°C tandis que à l'intérieure de l'appartement elle est de 6°C, soit une différence de 2°C. La température extérieure maximale atteinte est de 14°C et elle est de 11°C à l'intérieure, soit une différence de 3°C.

La figure 59 représente les besoins en chauffage et en refroidissement, on remarque que le besoin en chauffage à la saison hivernale est de 8000 kW.

#### En saison estivale

En saison estivale (figure 58) la température extérieure maximale est de 40°C tandis que l'intérieur est de 34°C, soit une différence de 6°C. La température minimale extérieure est de 25°C tandis que à l'intérieure est de 29°C, soit une différence de 4°C. Toute fois la température intérieure reste au-dessus de la zone de confort.

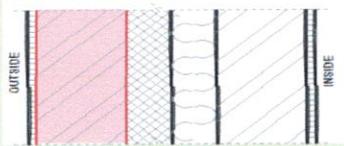
La figure 59 représente les besoins en chauffage et en refroidissement, on remarque que l'utilisation de système climatisation très élevé à la saison estivale environ 10000 kW.

On comparant par la que le système de climatisation est nécessaire pour assure le confort thermique estivale.

Ces résultats viennent confirmer la consommation énergétique électricité / gaz des habitant (tableaux 1 et 2 page 55).

### 5.3. Les interventions

- Extension au bâtiment et l'isolation des plancher, parois intérieures et extérieures
- Remplacement du vitrage avec un double vitrage

<b>Caractéristiques des matériaux</b>																																											
<b>Parois extérieures</b>	 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Layer Name</th> <th>Width</th> <th>Density</th> <th>Sp.Heat</th> <th>Conduct.</th> <th>Type</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Plaster Building (Molded)</td> <td>0.010</td> <td>1250.0</td> <td>1088.000</td> <td>0.431</td> <td>85</td> </tr> <tr> <td>2. Brick Masonry Medium</td> <td>0.100</td> <td>2000.0</td> <td>836.800</td> <td>0.711</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>3. Polystyrene, Expanded (I)</td> <td>0.050</td> <td>23.0</td> <td>1470.000</td> <td>0.035</td> <td>95</td> </tr> <tr> <td>4. Cellulosic Insulation</td> <td>0.050</td> <td>43.0</td> <td>1380.000</td> <td>0.042</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td>5. Brick Masonry Medium</td> <td>0.100</td> <td>2000.0</td> <td>836.800</td> <td>0.711</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>6. Plaster Building (Molded)</td> <td>0.010</td> <td>1250.0</td> <td>1088.000</td> <td>0.431</td> <td>85</td> </tr> </tbody> </table>	Layer Name	Width	Density	Sp.Heat	Conduct.	Type	1. Plaster Building (Molded)	0.010	1250.0	1088.000	0.431	85	2. Brick Masonry Medium	0.100	2000.0	836.800	0.711	25	3. Polystyrene, Expanded (I)	0.050	23.0	1470.000	0.035	95	4. Cellulosic Insulation	0.050	43.0	1380.000	0.042	45	5. Brick Masonry Medium	0.100	2000.0	836.800	0.711	25	6. Plaster Building (Molded)	0.010	1250.0	1088.000	0.431	85
Layer Name	Width	Density	Sp.Heat	Conduct.	Type																																						
1. Plaster Building (Molded)	0.010	1250.0	1088.000	0.431	85																																						
2. Brick Masonry Medium	0.100	2000.0	836.800	0.711	25																																						
3. Polystyrene, Expanded (I)	0.050	23.0	1470.000	0.035	95																																						
4. Cellulosic Insulation	0.050	43.0	1380.000	0.042	45																																						
5. Brick Masonry Medium	0.100	2000.0	836.800	0.711	25																																						
6. Plaster Building (Molded)	0.010	1250.0	1088.000	0.431	85																																						
<b>Parois</b>	 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Layer Name</th> <th>Width</th> <th>Density</th> <th>Sp.Heat</th> <th>Conduct.</th> <th>Type</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Plaster Building (Molded Dry)</td> <td>0.010</td> <td>1250.0</td> <td>1088.000</td> <td>0.431</td> <td>85</td> </tr> <tr> <td>2. Brick Masonry Medium</td> <td>0.100</td> <td>2000.0</td> <td>836.800</td> <td>0.711</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>3. Plaster Building (Molded Dry)</td> <td>0.010</td> <td>1250.0</td> <td>1088.000</td> <td>0.431</td> <td>85</td> </tr> </tbody> </table>	Layer Name	Width	Density	Sp.Heat	Conduct.	Type	1. Plaster Building (Molded Dry)	0.010	1250.0	1088.000	0.431	85	2. Brick Masonry Medium	0.100	2000.0	836.800	0.711	25	3. Plaster Building (Molded Dry)	0.010	1250.0	1088.000	0.431	85																		
Layer Name	Width	Density	Sp.Heat	Conduct.	Type																																						
1. Plaster Building (Molded Dry)	0.010	1250.0	1088.000	0.431	85																																						
2. Brick Masonry Medium	0.100	2000.0	836.800	0.711	25																																						
3. Plaster Building (Molded Dry)	0.010	1250.0	1088.000	0.431	85																																						
<b>plancher</b>	 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Layer Name</th> <th>Width</th> <th>Density</th> <th>Sp.Heat</th> <th>Conduct.</th> <th>Type</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. granite</td> <td>0.010</td> <td>2880.0</td> <td>840.000</td> <td>3.490</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>2. Concrete 1-4 Dry</td> <td>0.200</td> <td>2300.0</td> <td>656.900</td> <td>0.753</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>3. plaster</td> <td>0.010</td> <td>1250.0</td> <td>1088.000</td> <td>0.431</td> <td>35</td> </tr> </tbody> </table>	Layer Name	Width	Density	Sp.Heat	Conduct.	Type	1. granite	0.010	2880.0	840.000	3.490	35	2. Concrete 1-4 Dry	0.200	2300.0	656.900	0.753	35	3. plaster	0.010	1250.0	1088.000	0.431	35																		
Layer Name	Width	Density	Sp.Heat	Conduct.	Type																																						
1. granite	0.010	2880.0	840.000	3.490	35																																						
2. Concrete 1-4 Dry	0.200	2300.0	656.900	0.753	35																																						
3. plaster	0.010	1250.0	1088.000	0.431	35																																						
<b>fenêtres</b>	 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Layer Name</th> <th>Width</th> <th>Density</th> <th>Sp.Heat</th> <th>Conduct.</th> <th>Type</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Glass Standard</td> <td>0.006</td> <td>2300.0</td> <td>836.800</td> <td>1.046</td> <td>75</td> </tr> <tr> <td>2. Air Gap</td> <td>0.030</td> <td>1.3</td> <td>1004.000</td> <td>5.560</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>3. Glass Standard</td> <td>0.006</td> <td>2300.0</td> <td>836.800</td> <td>1.046</td> <td>75</td> </tr> </tbody> </table>	Layer Name	Width	Density	Sp.Heat	Conduct.	Type	1. Glass Standard	0.006	2300.0	836.800	1.046	75	2. Air Gap	0.030	1.3	1004.000	5.560	5	3. Glass Standard	0.006	2300.0	836.800	1.046	75																		
Layer Name	Width	Density	Sp.Heat	Conduct.	Type																																						
1. Glass Standard	0.006	2300.0	836.800	1.046	75																																						
2. Air Gap	0.030	1.3	1004.000	5.560	5																																						
3. Glass Standard	0.006	2300.0	836.800	1.046	75																																						

### 5.3.1. Analyse thermique du bâtiment réhabilité

CATEGORY	LOSSES (%)	GAINS(%)
<b>FABRIC</b>	<b>70.8</b>	<b>4.5</b>
<b>SOL-AIR</b>	<b>0.0</b>	<b>44.8</b>
<b>SOLAR</b>	<b>0.0</b>	<b>2.1</b>
<b>VENTILATION</b>	<b>21.1</b>	<b>1.5</b>
<b>INTERNAL</b>	<b>0.0</b>	<b>38.5</b>
<b>INTER-ZONAL</b>	<b>8.1</b>	<b>8.7</b>

Tableau 11: résultats d'analyse thermique du bâtiment réhabilité (source: Ecotect/auteur)

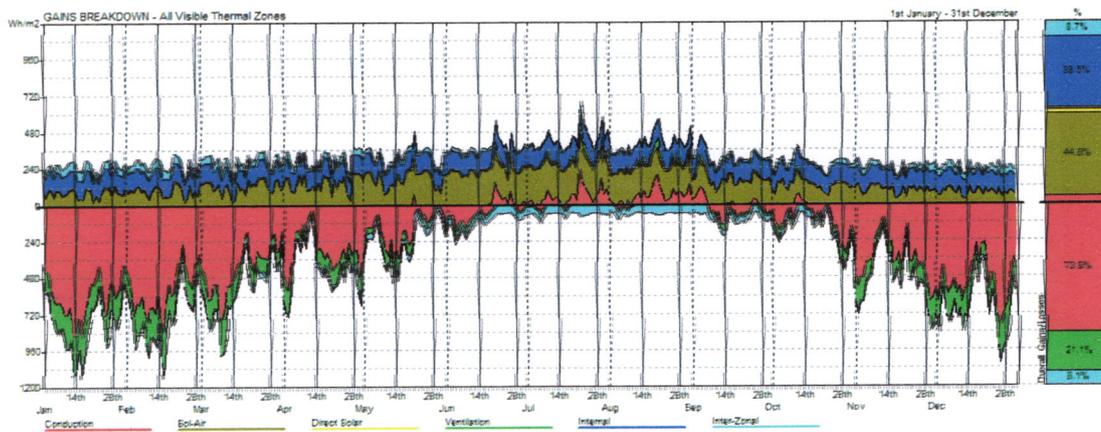


Figure 65: résultats d'analyse du bâtiment réhabilité (source: Ecotect/hauteur)

### 5.3.2. La zone de confort du bâtiment réhabilité

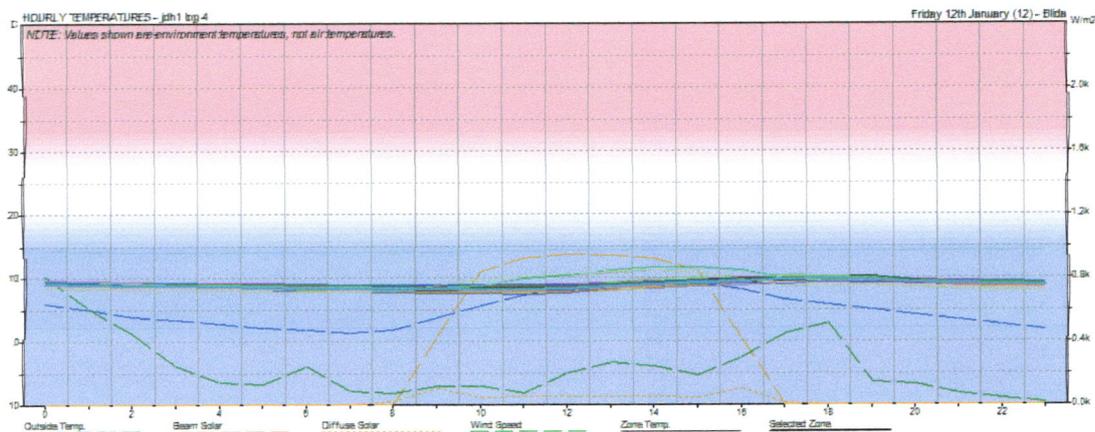


Figure 66: évaluation de la température hivernale du bâtiment réhabilité (source: Ecotect/hauteur)

## Partie opérationnelle: Chapitre 5

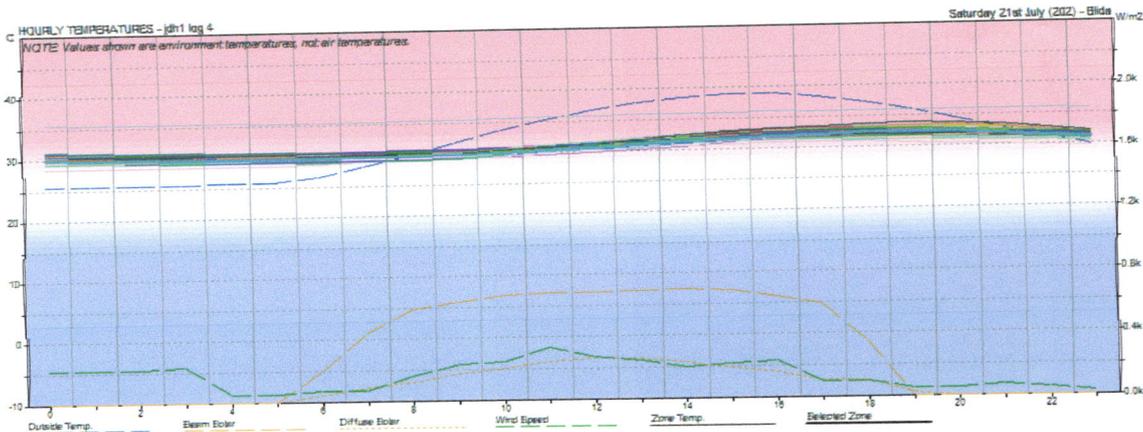


Figure 67: évaluation de la température estivale du bâtiment réhabilité (source: Ecotect/hauteur)

### 5.3.3. Les besoins manuelle en chauffage et en refroidissement de bâtiment réhabilité

Month	Heating (kWh)	Cooling (kWh)	Totale (kWh)
Jan	8675.095	0.000	8675.095
Feb	7029.730	0.000	7029.730
Mar	4974.315	0.000	4974.315
Apr	2876.187	0.000	2876.187
May	726.017	149.017	875.034
Jun	0.000	2725.235	2725.235
Jul	0.000	7217.978	7217.978
aug	0.000	6920.394	6920.394
Sep	0.000	2151.514	2151.514
Oct	293.247	697.918	697.918
Nov	3706.792	0.000	3706.792
dec	6891.734	0.000	6891.734
totale	35173.117	19862.057	55035.172
Per m <sup>2</sup>	57.797	32.637	90.434
Floor area	608.568 m2		

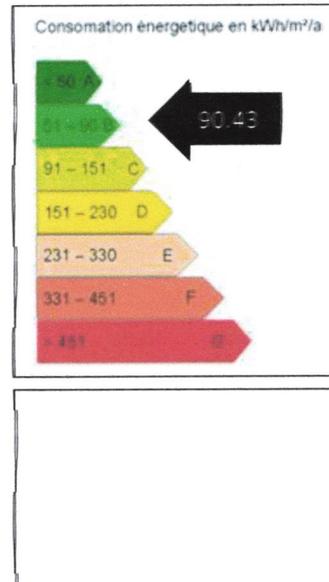


Tableau 12: les besoins en chauffage et en refroidissement du bâtiment réhabilité (source: Ecotect/hauteur)

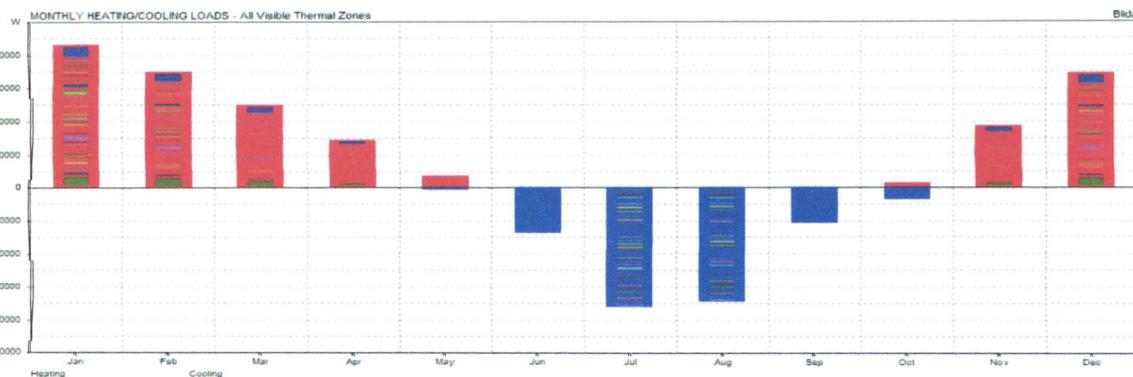


Figure 68: les besoins en chauffage et en refroidissement du bâtiment réhabilité (source: Ecotect/ hauteur)

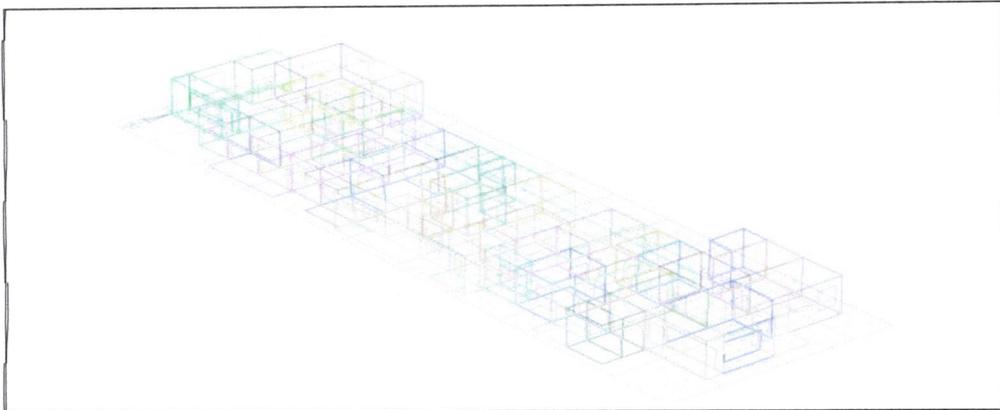


Figure 69: le modèle simulé par Ecotect (source: Ecotect/hauteur)

### 5.3.4. Lecture et interprétation des graphiques

#### En saison hivernale

En saison hivernale (figure 62) on a relevé une température extérieure minimale de 4°C tandis que à l'intérieure est de 9°C, la température maximale atteinte est de 14°C et elle est de 11°C à l'intérieure.

Toute fois la température intérieure n'a pas beaucoup changé par rapport l'existant, donc il faut utiliser l'énergie renouvelable pour assurer le confort d'hiver.

#### En saison estivale

En saison estivale (figure 63) la température extérieure maximale est de 40°C tandis que l'intérieure est de 30°C, soit une différence de 10°C, la température minimale à l'extérieur est de 25°C tandis que à l'intérieure est de 27°C. toute fois la température intérieur estivale est au zone de confort.

Les gains solaires diminuer de 84.60 % (figure 56) à 2.1% (figure 61) et les besoins de climatisation diminuer de 10000 à 6000 kW. Donc le bâtiment a une inertie et une effusivité thermique supérieure de l'existant ce qui diminue le besoin en refroidissement et assure le confort d'été par l'isolation des parois par une couche de 5 cm de PSE et la cellulose, et la création des loggia et des jardins d'hiver comme un espace tampon qui permettent de préchauffer l'air en hiver.

#### Synthèse

#### Les points forts du projet :

- Projet qui renouvelle radicalement l'image d'un bâtiment des années 50
- Amélioration qualitative importante du logement : séjour à double orientation, agrandissement des cuisines, création des balcons
- Conservation du même nombre de chambres
- Le « thermocube » permet de créer un espace tampon en hiver et d'un grand balcon en été
- L'ajout d'un système de production de l'énergie renouvelable

### **Qualité urbain :**

- *Epaissir et le rythme données aux façades contribuent à l'amélioration de la perception du cadre urbain*
- **Requalification d'immeuble : création d'un soubassement, corps, couronnement**
- **Création d'un parking sous-sol**
- **Création des jardins et des aires de jeux**

### **Qualité architecturale :**

- **Requalification l'image de bâtie :**
- **Renouvellement de l'image de bâtie « image contemporaine »**
- **Dynamiser la façade**
- **Possibilité des panneaux PV à la façade sud**
- **Sur façade marquant un couronnement, Corps, soubassement**
- **Nombreuses texture et couleur possible**
- **Façade variées : balcon, jardin d'hiver, terrasse**
- **Requalification des parties communes :**
- **Jardin semi collectif au niveau des étages du bâtiment**
- **Cage d'escalier couvert**
- **Intimité du logement au RDC**
- **Restructuration du logement**
- **Création des balcons**
- **Au sud, extension des jardins d'hiver avec balcons**
- **Epaissir la façade qui permet la mise aux normes des chambres**
- **Séjour collectifs orienté sud**
- **Séparation des pièces espace jour/ espace nuit**

### **Qualité d'usage**

- *Amélioration de l'habitabilité :*
- **Amélioration du confort thermique**
- **Amélioration de la surface habitable**
- **Création de jardin d'hiver, espace fonctionne des saisons, en prolongent des séjours et des chambre**

### **Qualité d'ambiance**

- **Ambiance thermique**
- **Confort d'hiver : espacé tampon Confort d'été : store sud, PV et balcon comme brises soleil et la végétation à la façade qui favorise la fraîcheur**

### **Ambiance lumineuse :**

- **Augmentation de surface vitrée au sud**
- **Garde-corps des balcons en verres**
- **Amélioration de l'enveloppe :**

## Partie opérationnelle: Chapitre 5

- Isolation thermique (5-5 cm PSE et la ouate de cellulose)
- Panneaux végétaliser à la façade
- Création des espaces tampon à la façade sud

### **Menuiserie :**

- Double vitrage
- Les moucharabiehs

# **CONCLUSION GENERALE**

### **Conclusion générale**

Les constructions non performantes dans les pays en développement du pourtour méditerranéen datent des années 60 et 70, lorsque les États, parfois nouvellement indépendants, ont lancé de vastes programmes de construction, sans se préoccuper de l'efficacité énergétique des bâtiments. Il est important de souligner que le secteur de bâtiment présente un gisement d'économie d'énergie très élevé.

Les modifications apportées à l'enveloppe, à sa volumétrie ou aux façades du bâtiment, les matériaux employés, le travail sur les ambiances lumineuses ont notamment permis d'évaluer la qualité architecturale de l'existant.

On a souligné l'objectif d'atteindre une haute performance énergétique en réhabilitation et assurer le bon fonctionnement et la qualité spéciale et esthétique du bâtiment.

La réhabilitation énergétique sous le climat de Blida est réalisable, on doit prendre en compte les différentes techniques architecturale et les contraintes sociale, d'une part, et intégrer simultanément les objectifs écologiques, environnementaux et économiques, avec choix pertinent des matériaux d'extension, une isolation performante et l'intégration des énergies renouvelables pour minimiser l'impact sur l'environnement d'un projet, d'autre part.

A partir d'une évaluation énergétique faite par logiciel de simulation dynamique Ecotect on a vu que le comportement thermique du bâtiment réhabilité était évalué de la classe énergétique D avec 153.430 kWh/m<sup>2</sup> à la classe énergétique B avec 90.434 kWh/m<sup>2</sup>.

La simulation faite au logiciel Ecotect a donné des résultats énergétiques positifs.

# ANNEXES

# **ANNAXE 1**

# Questionnaire

Institut d'architecture et d'urbanisme -Blida-

*Architecture et Efficience énergétique*

## **Présentation de l'enquête :**

Cette enquête fait partie d'une recherche menée dans le cadre de mémoire de master en architecture et efficience énergétique sur le thème de réhabilitation énergétique dans un bâtiment existant.

**Veillez répondre aux questions dans l'ordre établi. Vos réponses seront utilisées dans une analyse statistique et en aucun cas exploitées dans un but autre que celui de la recherche.**

Merci de votre coopération et de votre disponibilité.

## **Renseignements sur le répondant**

Homme  Femme

### **Age**

18- 24 ans

25 -34ans

35 - 45 ans

50 - 64 ans

65 ans et plus ...

### **Profession**

Fonctionnaire

Commerçants

Retraité

Femme de foyer

Autres, précisez.....

### **Durée de résidence dans la cité**

Moins de 5 ans

5 – 9 ans

10 - 20 ans

20 ans et plus...

Je suis née dans la cité et j'habite encore

### **Type d'appartement**

F2  F3  F4

### **Perception de paysage et qualité du quartier**

1-Selon vous le paysage de votre cité est :

Très agréable  Agréable  Désagréable  Très agréable

2-Selon vous quelle est la proposition qui décrit le plus fidèlement le paysage de votre cité :

- Trop de voiture ; trop de parking
- Il y a pas de paysage y a rien à voir
- Airé
- Ya pas d'espace vert ; de végétations
- Ya pas des aires de jeux

**Qualité de bâtiment**

3-Comment est la vie dans votre immeuble ?

- La vie est agréable

Pourquoi ? (donnez des raisons en rapport avec votre immeuble)

.....

.

- La vie est difficile

Pourquoi ? (donnez des raisons en rapport avec votre immeuble)

.....

- Autre, précisez (donnez des raisons en rapport avec votre immeuble)

.....

4-Est-ce que l'architecture de votre immeuble garanti votre confort ?

- Oui  Non

5-Est-ce que l'architecture de votre immeuble garanti votre intimité ?

- Oui  Non

6-Est-ce que l'architecture de votre immeuble garanti votre sécurité ?

- Oui  Non

7-Est-ce que l'architecture de votre immeuble garanti l'harmonie avec le voisinage ?

Oui  Non

**Satisfaction**

8-Sur une échelle 1/10 notez votre satisfaction par rapport à ces critères :

Les critères de satisfaction	La note 1/ 10
confort	.....
intimité	.....
Sécurité	.....
Harmonie avec le voisinage	.....

**Intimité**

9-Est-ce que la position de la cage d'escalier vous convient ?

Oui  Non

Si non, dites pourquoi ?

.....

10-Est-ce que la présence de la coursive vous pose des problèmes ?

Oui  Non

Si oui, dites pourquoi ?

.....

.....

**Identification**

11-Sur une échelle 1/10 notez la qualité esthétique de votre bâtiment

.....

12-Est-ce que vous sentirez chez vous si votre immeuble avait une forme différente ?

Oui  Non

13-Est-ce que vous sentirez chez vous si votre immeuble avait une couleur différente ?

Oui  Non

14-Est-ce que vous sentirez chez vous si votre immeuble avait une décoration différente ?

Oui  Non

15-Selon vous que ce que vous proposez pour améliorer la qualité de votre immeuble ?

.....  
.....  
.....

**Qualité de logement**

16-Pensez-vous que votre logement est :

Très spacieux  Spacieux  Exigu  Très exigu

17-Est-ce que l'espace de votre appartement est suffisant ?

Oui  Non

18-Avez-vous réaménagé votre logement ?

Oui  Non

Si oui, dites pourquoi ?

.....  
.....

19-Avez-vous transformé votre balcon ?

Oui  Non

Si oui, dites pourquoi ?

.....  
.....  
**20-Sur une échelle 1/10 notez l'importance de l'existence du balcon dans votre appartement**

.....  
**Confort thermique**

**21-En hiver, sentiez-vous un confort thermique dans votre appartement ?**

Oui Non

**22-En hiver, le système de chauffage est-il suffisant pour assurer votre confort thermique ?**

Oui  Non

**23-En été, sentiez-vous un confort thermique dans votre appartement ?**

Oui  Non

**24-En été, le système de climatisation est-il suffisant pour assurer votre confort thermique ?**

Oui Non

**25-Sentiez-vous une différence de température dans les différentes pièces ?**

Oui  Non

**26-Est-ce que votre appartement est souvent :**

Bien éclairer

Mal éclairé

Sombre

**27-Pensez-vous que la consommation d'énergie dans votre appartement est excessive ?**

Oui Non

## **Satisfaction**

28-Sur une échelle 1/10 notez votre satisfaction par apport à ces critères :

Les critères de satisfaction	La note 1/ 10
En hiver, le confort thermique sans le système de chauffage	.....
En hiver, le confort thermique avec le système de chauffage	.....
En été, le confort thermique sans le système de climatisation	.....
En été, le confort thermique avec le système de climatisation	.....

## **Confort acoustique**

29-Avez-vous des problèmes concernant la pollution sonore ?

Oui

Non

# ANNAXE 2



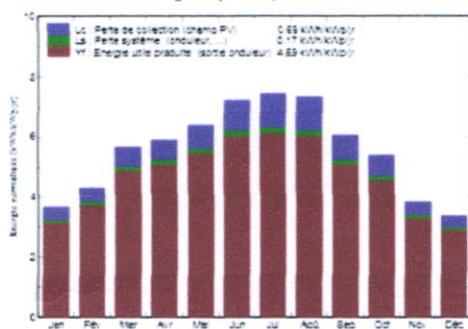
### Système couplé au réseau: Résultats principaux

**Projet :** projet blida1  
**Variante de simulation :** rehabilitation

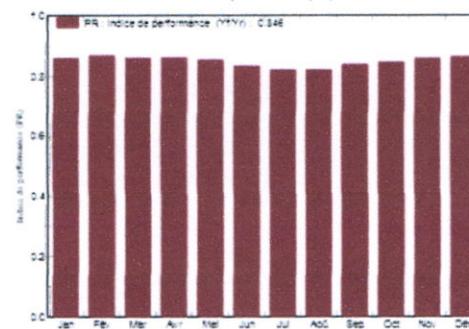
Principaux paramètres système		Type de système	Couplé au réseau	
Orientation plan capteurs		inclinaison	31°	azimut 0°
Modules PV		Modèle	a-Si:H, triple junction	Pnom 136 Wc
Champ PV		Nombre de modules	91	Pnom total <b>12.38 kWc</b>
Onduleur		Modèle	3 kWac inverter	Pnom 3000 W ac
Batterie d'onduleurs		Nombre d'unités	4.0	Pnom total <b>12.00 kW ac</b>
Besoins de l'utilisateur		Charge illimitée (réseau)		

Principaux résultats de la simulation		Energie produite	Productible
Production du système		<b>21188 kWh/an</b>	1712 kWh/kWc/an
	Indice de performance (PR)	<b>84.6 %</b>	

Productions normalisées (par kWp installé): Puissance nominale 12.38 kWc



Indice de performance (PR)



#### rehabilitation Bilans et résultats principaux

	GlobHor	T Amb	GlobInc	GlobE#	EArray	E_Grid	ERArrR	ESysR
	kWh/m²	°C	kWh/m²	kWh/m²	kWh	kWh	%	%
Janvier	78.4	13.00	115.4	110.3	1261	1207	5.81	5.41
Février	90.7	12.00	120.3	117.1	1340	1293	6.68	5.46
Mars	146.9	16.00	176.3	170.8	1934	1887	6.81	5.41
Avril	166.9	17.00	176.6	171.4	1960	1893	6.82	5.42
Mai	203.4	21.00	197.6	191.6	2164	2069	6.57	5.37
Juin	234.6	26.00	216.6	209.7	2316	2236	6.44	5.26
Juillet	242.1	30.00	230.3	223.4	2426	2342	6.35	5.17
Août	218.6	30.00	227.3	221.0	2392	2311	6.35	5.17
Septembre	162.0	26.00	161.6	176.6	1960	1884	6.46	5.28
Octobre	132.1	20.00	166.9	162.7	1810	1746	6.51	5.32
Novembre	82.3	16.00	114.7	111.5	1264	1220	6.60	5.41
Décembre	70.1	9.99	103.9	101.2	1162	1111	6.84	5.43
Année	1827.6	19.56	2024.3	1967.2	21949	21188	6.51	5.32

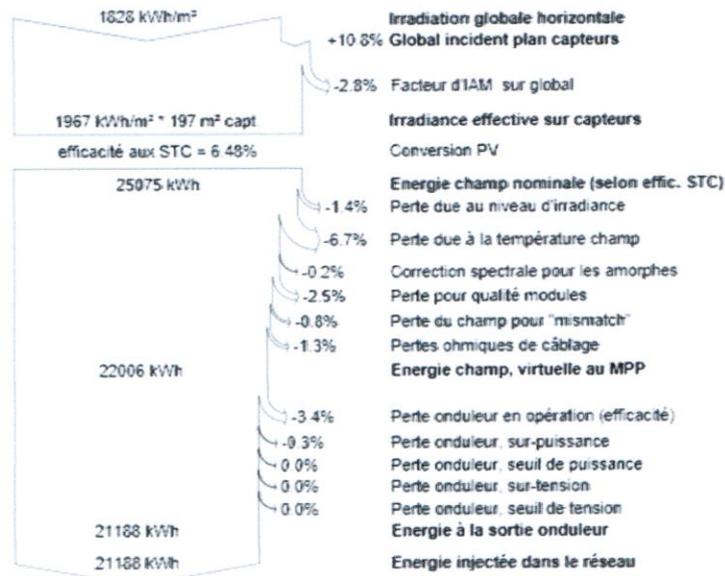
Légendes	GlobHor	irradiation globale horizontale	EArray	Energie effective sortie champ
	T Amb	Température ambiante	E_Grid	Energie injectée dans le réseau
	GlobInc	Global incident plan capteurs	ERArrR	Effic. Eout champ / surf brute
	GlobE#	Global 'effectif', corr. pour IAM et ombrages	ESysR	Effic. Eout système / surf brute

### Système couplé au réseau: Diagramme des pertes

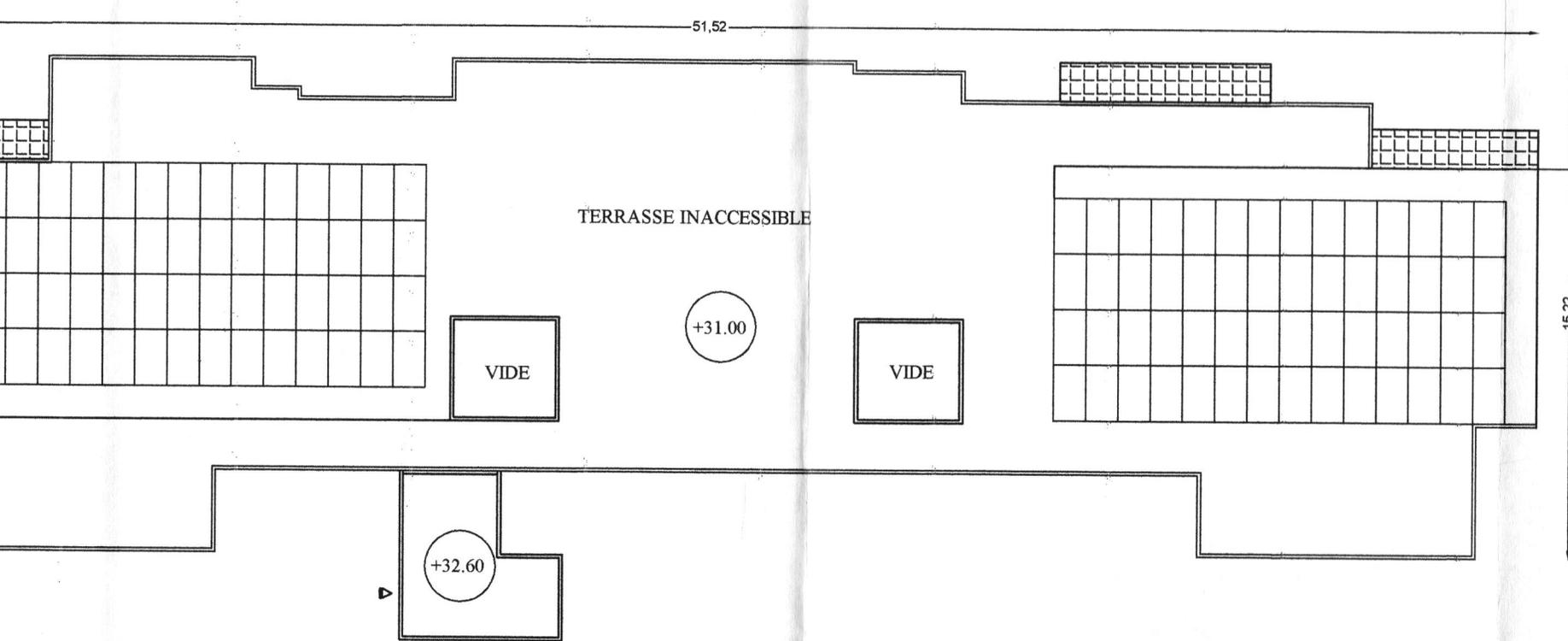
**Projet :** projet blida1  
**Variante de simulation :** rehabilitation

Principaux paramètres système		Type de système	Couplé au réseau	
Orientation plan capteurs		inclinaison	31°	azimut 0°
Modules PV		Modèle	a-Si:H, tripple junction	Pnom 136 Wc
Champ PV		Nombre de modules	91	Pnom total <b>12.38 kWc</b>
Onduleur		Modèle	3 kWac inverter	Pnom 3000 W ac
Batterie d'onduleurs		Nombre d'unités	4.0	Pnom total <b>12.00 kW ac</b>
Besoins de l'utilisateur		Charge illimitée (réseau)		

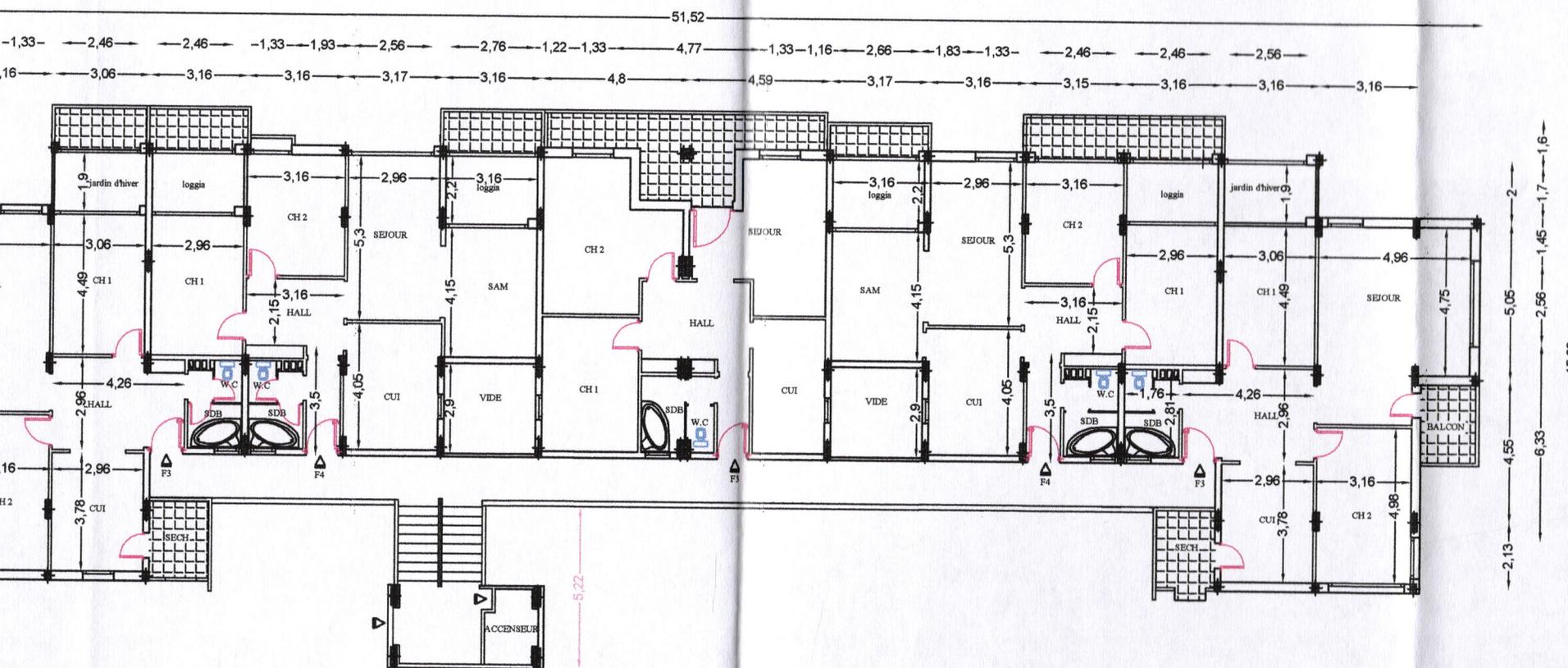
#### Diagramme des pertes sur l'année entière



# ANNAXE 3



PLAN DE TOITURE 1/200



plan d' étage 1/200  
(R+1, R+4, R+5, R+8, R+9)











# **BIBLIOGRAPHIE**

## Bibliographie

- **Bernard Picot; Anne-Sophie Robin; Nathalie Sandt, , 2011** ,mémoire, concilier amélioration énergétique et préservation du bâti cas des immeuble XIXe à Lyon, école d' architecture de Lyon.
- **Catherine Charlot-Valdieu et Philippe Outrequin, 2011**, la réhabilitation énergétique des logements.
- **Catherine Charlot-Valdieu et Philippe Outrequin, 2011**, urbanisme durable « construction un éco-quartier».
- **CHLELA F., 2008**, Thèse de doctorat, Développement d'une méthodologie de conception de bâtiments à basse consommation d'énergie, Université de La Rochelle, Rochelle, 282p.
- **DERRAJI L., AMARA M. et BOUDALI ERREBAI F. (CNERIB), 2009**, Etude de l'efficacité énergétique d'une maison à faible consommation d'énergie, Rapport de phase de projet numéro 2 (évaluation de la consommation énergétique et du confort thermique d'une maison à basse consommation d'énergie), CNERIB, Alger, 51p.
- **Formation HQE 2005**, mémoire de Nadège nari, métamorphose de la tour bois le prêtre de paris, réhabilitation d'une tour de logement sociaux durable, école d'architecture de Lyon, 93 pages.
- **IORDANOVA I., 2008**, Thèse de doctorat, Assistance de l'enseignement de la conception architecturale par la modélisation de savoir-faire des référents, Université de Montréal, Montréal, 362p.
- **Khaled Athamena, 2012**, Thèse de doctorat, modélisation et simulation du microclimat : étude de l'impact de la morphologie urbaine sur le confort dans les espaces extérieurs, Ecole Centrale de Nantes, 275 p.
- **Les 17 projets lauréats, Juin 2010**, PUCA, Comité « Bâtiments existants » du PREBAT.
- **MarylèneMontavone, THÈSE NO 4657 (2010)**, Optimisation of UrbanForm by the Evaluation of the Solar Potential, école polytechnique fédérale de lausanne, 243p.
- **Mr. DEHMOUS M'hand, 2016**, mémoire de magister, Confort thermique dans les constructions en béton préfabriqué : cas de la faculté des sciences médicales de l'université de Tizi-Ouzou, université Mouloud Mamouri de Tizi-Ouzou, 133p.
- **Mr : KABOUCHE AZOUZ, 2012**, mémoire de magister, architecture et efficacité énergétique des panneaux solaires, université mentouri, 180 p.
- **Mohammed El Amine BOUKLI HACENE**, Thèse de Doctorat en Physique, Aspects Energétiques, Economiques et Environnementaux d'une Habitation Ecologique, Université Abou BekrBelkaid - Tlemcen ,240 p.
- **Pierre Bécheret, 2013**, mémoire de master 1, l'architecte et la rénovation énergétique, Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble, 104 p.
- **Philippe Pelletier, 2008**, Rapport, Rapport au ministre d'Etat, ministre de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement durables, rénovation des bâtiments existant, 99 p.
- **R.A. Jones, 2002**, « Méthode de recherche en sciences humaines».
- **Raphaël SAUVAGEON LAM Architecte DPLG, Promotion HQE 2008**, isolation thermique par l'extérieure, école nationale supérieure de Lyon, 49 p.
- **THIERS S., 2008**, Thèse de doctorat, bilans énergétiques et environnementaux de bâtiments à énergie positive, l'université des mines, Paris, 252p.

- **VU BRIGITTE, 2009**, le guide de l'habitat passif, EYROLEES, Paris, 159p.
- [www.climamaison.com](http://www.climamaison.com)
- [www.effinergie.fr](http://www.effinergie.fr)
- [www.mur-manteau.fr](http://www.mur-manteau.fr)
- [www.passivhouse.com](http://www.passivhouse.com)
- [www.reha-puca.fr](http://www.reha-puca.fr)
- [www.solutions-constructives.dz](http://www.solutions-constructives.dz)
- [www.Weatherspark.com](http://www.Weatherspark.com)
- [www.Wunderground.com](http://www.Wunderground.com)