

**4-720-911-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 Efficience Energétique

## **Rénovation urbaine des bidonvilles de Ouled Yaich Blida**

### **Conception des logements semi-collectif à énergie positive**

Travail réalisé par :  
Allili Zakaria  
Beghdadi Imene

Sous l'encadrement de :  
Mr : Semahi Samir

Devant un jury composé de :

Président :	Mr Zougari Zakaria	Maitre-assistant A à l'institut d'architecture de Blida.
Examineur	Mr Tibermassine Islam	Maitre-assistant B à l'institut d'architecture de Blida.

Année universitaire 2016-2017

# Remerciements

Nous remercions en premier lieu le bon dieu le tout puissant qui Nous à donner le courage et la patience pour accomplir notre travail.

Nous adressons nos sincères remerciements à notre enseignant et encadreur Mr SEMAHI SAMIR pour ses efforts et son suivi régulier et personnalisé pendant nos deux ans de master.

Nous remercions de même notre porteur de master Mr SEMMAR DJAAFAR pour nous avoir donner l'opportunité de découvrir cette spécialité, ainsi que Mr HAMID et Mr LAFRI qui nous ont enseigné avec sincérité.

Un grand merci à tous nos enseignants qui ont assuré notre formation durant nos cinq ans d'études au niveau de l'institut d'architecture et d'urbanisme de Blida.

Nous tenons aussi à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour accomplir notre travail de fin d'étude.

## **Dédicaces :**

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer toute ma reconnaissance et remerciements tout d'abord :

A ma chère grand-mère Dhahbia, que son âme repose en paix.

A celle qui m'a toujours soutenu ; encouragé et aidé ; sans qui rien n'eut été possible, à ma omma,

A mon père, ma sœur Aya, mon frère Iskandar et sa famille.

A ma source d'inspiration BTS,

A tous mes ami(e)s avec lesquelles j'ai passé ces dernières cinq années, surtout mon ami et frère Mohamed, mon âme sœur Houda, aussi bien que mon binôme Zakaria.

***B. Imène.***

Je dédie ce modeste travail, avec une énorme joie et un grand plaisir, à mes parents qui m'ont aidé et guidé vers la réussite.

A mes frères Ishak, Chouaib, Yaakoub , Oussama et Chawki.

A tous les membres de ma famille.

A mes chers amis : Kamel, Hamza, Oussama, Abd El Malek et Said et ma binôme Imène.

Enfin toutes les personnes qui m'ont encouragé et aidé pour réaliser ce modeste travail.

***A. Zakaria***

## **Résumé**

La consommation d'énergie en Algérie marque une hausse très remarquable depuis les années 1970, où le secteur du bâtiment consomme plus de 40% de la consommation globale de l'énergie. Cependant, l'optimisation de la consommation dans ce secteur est une mesure indispensable qui consiste à réduire les besoins en énergie sans toucher au confort des occupants.

Ce travail vise à exploiter tous les outils nécessaires au développement d'un modèle architectural efficace sur le plan énergétique et thermique.

Notre projet compte à concevoir des logements à énergie positive pour remplacer le bidonville de la commune de Ouled Yaich wilaya de blida. La démarche du travail consiste à insérer des logements compatibles avec leur contexte physique et naturel, mettant en relief toutes les stratégies bioclimatiques et les dispositifs architecturaux ou techniques qui peuvent améliorer le confort thermique avec un minimum d'énergie.

Enfin, la méthode développée va ainsi servir aux architectes dans le futur étant un exemple à suivre pour améliorer la qualité de vie des habitants dans un cadre écologique durable

**Mots clé** : efficacité énergétique, bâtiment à énergie positive, confort thermique, stratégies bioclimatiques, dispositifs architecturaux et techniques.

## **Summary**

Energy consumption in Algeria shows a very remarkable increase since the 1970s, when the building sector consumes more than 40% of the global energy consumption. However, optimizing consumption in this sector is a very substantial and urgent measure that needs to be taken so that it can reduce energy needs without affecting the comfort of citizens.

This work aims to harness all the necessary tools that helps developing an architectural model being efficient in both energetic and thermal dimensions.

Our project attempts to design a positive energy housing to replace the slum dwellings of Ouled Yaich in the state of Blida. The work process consists of inserting homes that are compatible with their physical and natural context, highlighting all the strategies and architectural or technical devices that can improve thermal comfort with a minimum of energy.

Finally, the method developed can serve architects in the future being an example to follow in order to improve the quality of life of the inhabitants in a sustainable and ecological framework.

**Key words**: energy efficiency, positive energy building, thermal comfort, bioclimatic strategies, architectural and technical devices.

התאחדות

התאחדות המעבידים והמעובדים בישראל, ת"ת, תשס"ח, תל אביב, ישראל

התאחדות המעבידים והמעובדים בישראל

התאחדות המעבידים והמעובדים בישראל, ת"ת, תשס"ח, תל אביב, ישראל

התאחדות המעבידים והמעובדים בישראל, ת"ת, תשס"ח, תל אביב, ישראל

התאחדות המעבידים והמעובדים בישראל, ת"ת, תשס"ח, תל אביב, ישראל

התאחדות המעבידים והמעובדים בישראל, ת"ת, תשס"ח, תל אביב, ישראל

התאחדות המעבידים והמעובדים בישראל

התאחדות המעבידים והמעובדים בישראל, ת"ת, תשס"ח, תל אביב, ישראל

התאחדות המעבידים והמעובדים בישראל, ת"ת, תשס"ח, תל אביב, ישראל

התאחדות

**TABLE DE  
MATIERE**

## Chapitre introductif

1	Contexte : .....	1
1.1	La consommation globale de l'énergie : .....	1
1.2	La consommation d'énergie en Algérie : .....	2
1.3	Les changements climatiques : .....	3
2	Problématique : .....	4
3	Objectifs : .....	4
4	Méthodologie : .....	5
5	Structure : .....	6
5.1	Le chapitre introductif : .....	6
5.2	Etat de savoir : .....	6
5.3	Le projet : .....	7

## Chapitre 2 : Etat de savoir

1	Introduction : .....	8
2	Définition des concepts : .....	8
2.1	L'efficacité énergétique : .....	8
2.1.1	Les solutions « passives » .....	8
2.1.2	Les solutions « actives » .....	9
2.2	Règlementation : .....	10
2.2.1	En France : .....	10
2.2.2	En Algérie : .....	10
2.3	Bâtiments performants : .....	11
2.3.1	Les bâtiments basse consommation énergétique BBC : .....	11
2.3.2	Le bâtiment passif : .....	11
2.3.3	Le bâtiment à zéro énergie : .....	11
2.3.4	Bâtiments à énergie positif : .....	11
3	Dispositifs architecturaux et stratégies bioclimatiques : .....	12
3.1	Forme : .....	12
3.2	Matériaux : .....	13
3.3	Toiture : .....	15
3.4	Ouvertures : .....	17
3.5	Protection solaire : .....	18
3.6	Patio : .....	20
3.7	Atrium : .....	22
3.8	Loggia : .....	23
3.9	L'orientation : .....	24
3.10	L'eau : .....	26
3.11	Végétation : .....	28
4	Dispositifs architecturaux et consommation énergétique du bâtiment : .....	31
4.1	L'orientation : .....	31
4.2	Taux de vitrage : .....	32
4.3	Type de vitrage : .....	33

4.4	Protection solaire :	34
4.5	Matériaux :	35
4.6	Atrium :	36
4.7	La forme :	37
4.8	Synthèse :	38
5	Recherche thématique (habitat semi-collectif) :	39
5.1	Généralité :	39
5.1.1	Définitions :	39
5.1.2	Type de logement :	40
5.1.3	L'habitat semi-collectif :	41
5.2	Analyse d'exemples :	42
5.2.1	EXEMPLE 01 : Berges de l'Hyères à Chambéry :	43
5.2.2	EXEMPLE 02 : Eco quartier L'I-lodge à Maupas- France :	44
5.3	Synthèse :	46
6	Conclusion :	46

### **Chapitre 3 : le projet**

1	Introduction :	47
2	Présentation du site d'intervention :	47
2.1	Contexte régional :	47
2.1.1	La wilaya de Blida :	47
2.1.2	Le grand Blida :	47
2.2	Contexte communal :	48
2.2.1	Situation :	48
2.2.2	Accessibilité :	48
2.2.3	Structuration de la commune :	48
2.3	Présentation du périmètre d'étude :	49
2.3.1	Situation :	49
2.3.2	Analyse du site d'intervention :	49
2.3.3	Analyse climatique :	52
3	Confort thermique et analyse bioclimatique :	55
3.1	Température de confort :	55
3.2	Analyse bioclimatique :	56
3.2.1	Introduction :	56
3.2.2	Période hivernale :	56
3.2.3	Période estivale :	56
3.2.4	Les mi- saisons :	57
4	Programme :	57
5	Conceptualisation du projet :	58
5.1	Données du projet :	58
5.1.1	Plan.....	58
5.1.2	Coupe du terrain.....	59
5.2	Recommandations :	59
5.3	Etapas du projet :	59



5.3.1	L'intégration à la pente : .....	59
5.3.2	Aménagement du terrain : .....	60
5.3.3	Forme du bâti : .....	60
5.3.4	Distance entre bâtiments : .....	61
5.3.5	Genèse de la forme : .....	61
5.3.6	Composition d'unité .....	62
5.3.7	Atriums : .....	62
5.3.8	Loggia et terrasses : .....	63
6	Description du projet : .....	63
6.1	Description des plans : .....	63
6.1.1	Cellule N°1 .....	63
6.1.2	Cellule N° 2.....	64
6.1.3	Cellule N°3.....	65
6.1.4	Cellule N° 4.....	66
6.2	Description des façades : .....	67
6.2.1	Façade Nord : .....	67
6.2.2	Façade Sud : .....	68
6.2.3	Façade Est / Ouest : .....	68
6.3	Description technique : .....	69
6.3.1	Parois extérieures : .....	69
6.3.2	Vitrage : .....	69
6.3.3	Atrium : .....	69
6.3.4	Toiture : .....	70
6.3.5	Mur végétal : .....	71
6.3.6	Gestion des eaux pluviales : .....	71
6.3.7	Gestion des déchets solides : .....	72
6.3.8	Les panneaux photovoltaïques : .....	73
6.3.9	Les capteurs solaires thermiques : .....	74
7	Evaluation de la performance du projet : .....	74
7.1	Simulations : .....	74
7.2	Calcul des PV : .....	76
7.3	Calcul des capteurs solaires thermiques : .....	77
7.4	Synthèse : .....	77
8	Conclusion : .....	78

## **Conclusion générale :**

conclusion.....	79
-----------------	----

## **Bibliographie :**

1	Mémoires etc. : .....	80
2	Ouvrages : .....	80
3	Articles : .....	81

4	Documents :.....	81
5	Sites :.....	81

**Liste des figures :**

liste des figures... ..	83
-------------------------	----

**Liste des tableaux :**

Liste des tableaux.....	86
-------------------------	----

**Annexes :**

Table de Mahoney: calculs.....	88
Table de Mahoney : recommandations .....	89
Calculs des PV .....	91
Plan RDC.....	92
Plan premier étage.....	93
Plan deuxième étage.....	94
Coupe.....	95
Façade.....	96
Plan de masse.....	97

# **CHAPITRE 1**

# **INTRODUCTION**

## 1 Contexte :

### 1.1 La consommation globale de l'énergie<sup>1</sup> :

En 2004, la consommation mondiale d'énergie finale était de 7 893 Mtep<sup>2</sup> et la consommation d'énergie primaire de 10 485 Mtep. La population mondiale était de 6,34 milliards d'habitants.

La différence entre énergie primaire et énergie finale vient d'une part des consommations d'énergie des industries du système de production, transport et distribution de l'énergie (mines, raffineries), des pertes dans le transport (lignes électriques, gazoducs) et surtout des pertes d'énergie liées à la transformation de la chaleur en électricité dans les centrales thermiques (classiques ou nucléaires).

La figure suivante montre l'évolution de ces consommations depuis 1971 :

On voit assez nettement sur chacune des courbes les inflexions de la consommation d'énergie et sa stabilisation pendant les quelques années qui ont suivi les "chocs pétroliers" de 1973 et 1979, mais l'allure générale de la consommation mondiale d'énergie depuis 1971 est linéaire (augmentation moyenne de la consommation d'énergie primaire d'environ 200 Mtep par an, avec cependant une nette montée de la consommation depuis 2000

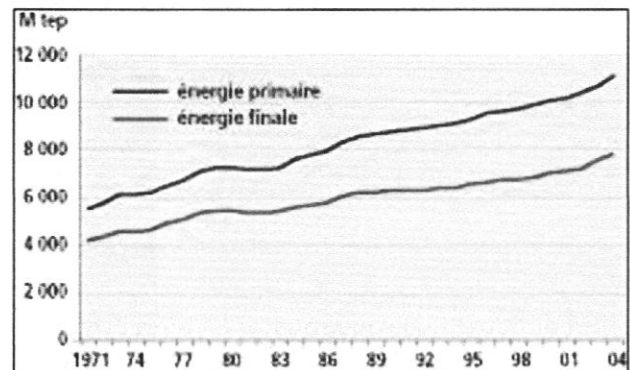


Figure I.1 : consommation d'énergie primaire et finale dans le monde (source : encyclopedie-dd.org)

Entre 1971 et 2004, la consommation d'énergie primaire annuelle moyenne par habitant a augmenté de 1,45 tep à 1,75 tep. On note avec précision sur cette évolution les deux chocs pétroliers de 1973-74 et 1979-80, la remontée consécutive au contre-choc pétrolier de 1986, la décroissance qui marque la baisse de consommation enregistrée en ex-URSS après 1990, l'ensemble de ces fluctuations maintenant une consommation par habitant qui se trouve en 2000 à peu près au niveau de 1980, à partir de 2000, la croissance est nette, comme nous l'avons vu pour les consommations totales.

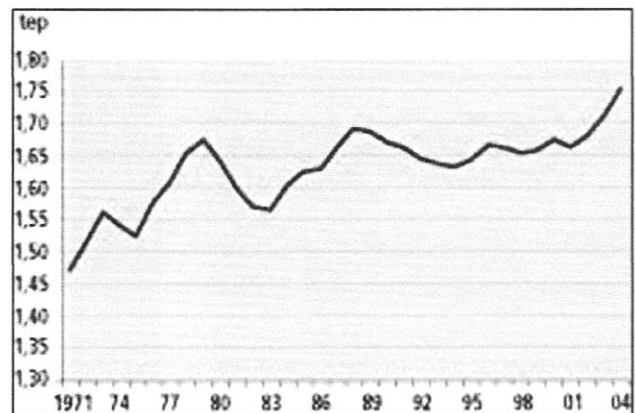


Figure I.2 : énergie primaire par habitant dans le monde (source : encyclopedie-dd.org)

<sup>1</sup> Source : encyclopedie-dd.org consulté le 19.9.17

<sup>2</sup> Énergie "finale" (produits énergétiques livrés au consommateur final : combustibles, carburants, chaleur, électricité) sont exprimées dans une unité commune, la tonne d'équivalent pétrole, tep, et son multiple Mtep, le million de tep. 1 tep = 41,8 Giga Joules.

De même, les inégalités demeurent et la présentation d'une consommation d'énergie "mondiale" est trompeuse. À eux seuls, les pays de l'OCDE<sup>3</sup> et de la CEI<sup>4</sup>, soit 1,44 milliard d'habitants (22,6% de la population mondiale), ont consommé 6,49 milliards de tep en 2004, essentiellement d'énergies commerciales, soit 58% de la consommation mondiale.

- Energie finale :
  - Par secteur :

Les trois grands secteurs consommateurs sont l'Industrie, les Transports et l'ensemble "Résidentiel et Tertiaire" (consommation d'énergie dans les bâtiments : chauffage et, à un moindre degré, climatisation, cuisson, eau chaude sanitaire, appareils électroménagers, bureautique, etc.)

On voit que la consommation énergétique de l'Industrie représente 28% du total en 2004 et qu'elle a peu augmenté depuis la fin des années 1970. La consommation des Transports est à peu près au même niveau (27% en 2004) et a plus que doublé depuis 1971. La consommation la plus importante est celle de l'ensemble Résidentiel et Tertiaire (34% en 2004).

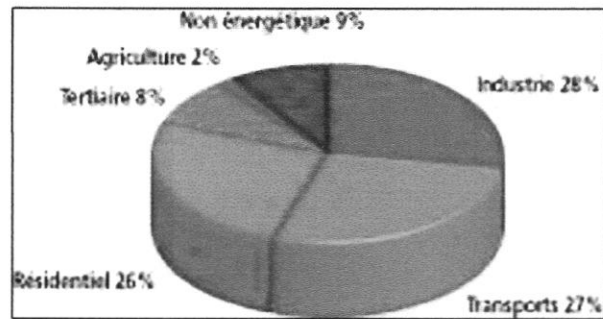


Figure I.3 : énergie finale par secteur en 2004 (source : encyclopedie-dd.org)

- Par produit :

Les produits énergétiques délivrés au consommateur final sont : le charbon, les produits pétroliers, le gaz, l'électricité, la chaleur (réseaux de chaleur) et la biomasse (essentiellement bois de feu pour usage traditionnel dans les pays en développement).

La répartition par produits montre que les produits pétroliers restent prédominants dans la consommation finale (43% en 2004) bien que leur part ait baissé sur la période 1971 – 2004, au profit du gaz et de l'électricité.

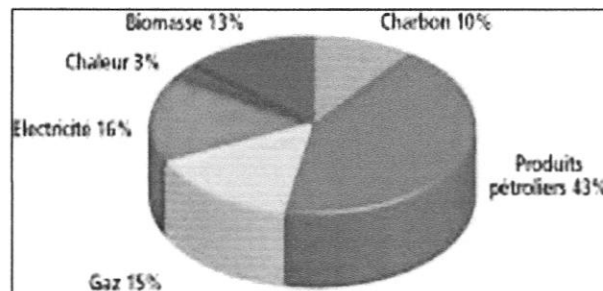


Figure I.4 : énergie finale par produit en 2004 (source : encyclopedie-dd.org)

## 1.2 La consommation d'énergie en Algérie :

La demande d'énergie en Algérie pourrait plus que doubler d'ici 2020, atteignant 60 millions de tep. Au regard de ces prévisions, le gisement d'économie d'énergie se situerait autour de 20 millions de tep sur cette même période. Pendant que les ressources en hydrocarbures représentent

<sup>3</sup> L'OCDE (Organisation de Coopération et de Développement Economique.) est née en 1960 lorsque 18 pays européens, les États-Unis et le Canada ont uni leurs forces pour fonder une organisation vouée au développement économique. Aujourd'hui, l'OCDE compte 35 pays Membres à travers le monde, de l'Amérique du Nord et du Sud à l'Europe et l'Asie-Pacifique. (Source : oecd.org consulté le 23.9.17)

<sup>4</sup> La Communauté des États indépendants (CEI) a été créée en décembre 1991 par onze pays de l'ex-URSS : Arménie, Azerbaïdjan, Biélorussie, Kazakhstan, Kirghizstan, Moldavie, Ouzbékistan, Russie, Tadjikistan, Turkménistan, Ukraine. Elle a été rejointe en décembre 1993 par la Géorgie. (Source : insee.fr consulté le 23.9.17)

97 % des recettes d'exportation, 41 % du PIB et 77 % du budget de l'État. Cependant, les émissions totales dues à l'énergie finale consommée sont estimées à 46 Millions de Tonnes de CO<sub>2</sub>.

La consommation d'énergie est différente selon le secteur et le type d'énergie utilisée : l'énergie est répartie sur 4 secteurs : secteur résidentiel et tertiaire 41%, secteur industriel 19%, secteur du transport 33%, secteur d'agriculture 7%, cet énergie consommée est principalement sous forme de produits pétroliers 47%, pendant que le gaz est de 29%, l'électricité est 12% et le GPL est 12%.

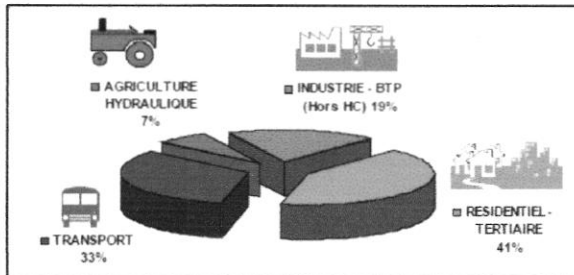


Figure I.6 : consommation d'énergie par secteur d'activité en 2005 (source : APRUE.com)

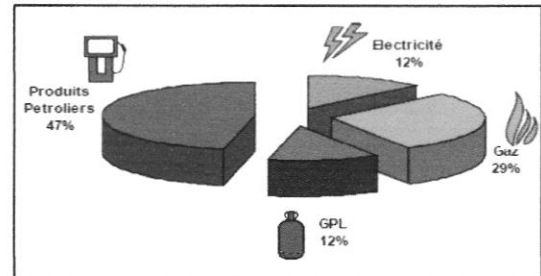


Figure I.5 : répartition de consommation finale par type d'énergie en 2005 (source : APRUE.com)

Le secteur du bâtiment représente plus de 40% du total de l'énergie consommée,

Le bâtiment peut être construit pour deux usages distincts : usage tertiaire (tels que commerce, bureaux, enseignement, santé, etc.) et usage résidentiel (bâtiment d'habitation, maison individuelle ou logement collectif).

Le cycle de vie du bâtiment se divise en plusieurs étapes, toutes engageant de nombreuses professions et usagers, et ayant un impact direct ou indirect sur l'environnement : production des matériaux, transport des matériaux, construction du bâtiment, utilisation du bâtiment et déchets en fin de vie.

### 1.3 Les changements climatiques :

- Le passé et le présent :

Notre planète est enveloppée d'une couche de gaz, l'atmosphère. Sans cette couche, la vie sur Terre serait impossible.

L'effet de serre est un phénomène naturel, indispensable à la vie sur Terre et qui assure une température moyenne de +15°C environ au lieu de -19 °C.

En raison de l'activité humaine, les émissions de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère dépassent le stockage naturel du CO<sub>2</sub> (dans les océans et la biomasse). De ce fait, l'équilibre naturel du cycle du carbone est perturbé. Ces concentrations accrues de gaz à effet de serre dans l'atmosphère renforcent l'effet de serre naturel et on appelle cela l'effet de serre anthropique ou additionnel. Étant donné l'effet isolant thermique de l'atmosphère, on obtient une augmentation de la température moyenne de la Terre et un changement climatique mondial.

- Le futur ?

Vu le taux de consommation d'énergie actuel et son impact négatif sur l'écologie et l'économie, il est nécessaire de donner plus d'importance au sujet et d'adapter une politique d'efficacité énergétique pour mieux gérer les ressources d'énergie et améliorer la qualité de vie des citoyens.

L'efficacité énergétique qui est l'issue de notre étude, se réfère à la réduction de la consommation d'énergie sans toutefois provoquer une diminution du niveau de confort ou de qualité de service dans les bâtiments.

Le secteur du bâtiment pourrait bien être le seul qui offre des possibilités de progrès suffisamment fortes pour répondre aux engagements de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Les bâtiments peuvent utiliser plusieurs sources d'énergie, dont les énergies renouvelables et propres qui ne détruisent pas à l'environnement, mais de nombreuses études et retours d'expériences ont montré que la diminution des consommations énergétiques des bâtiments passe par une conception architecturale prenant en compte la compacité du bâtiment et la gestion des apports solaires passifs, une sur-isolation de l'enveloppe...etc., ou autrement dit « bâtiment ou architecture bioclimatique ».

## **2 Problématique :**

Depuis quelques années l'Algérie a connu une évolution démographique énorme, cette évolution a développé une pression socio-économique dans tous les domaines dont l'habitat en fait partie.

Le problème de l'habitat se propage sur plusieurs axes, ce qui alimente plein de soucis qui touchent au confort et au développement de la société.

D'un côté, il y a le nombre de logement qui se trouve insuffisant par rapport aux nombres d'habitants, ce qui se traduit par la suite, par des extensions urbaines anarchiques et des bidonvilles, d'un autre côté, la conception de la plupart des logements en Algérie ne répond en aucun sens ni aux besoins des occupants ni aux exigences du cadre physique, social ou climatique.

Ces logements mal conçus sont devenus les éléments les plus énergivore en Algérie pendant que le pays connaît une crise économique et énergétique, ce qui nous conduit à énumérer quelques préoccupations :

- Comment créer une cohérence entre le projet et son contexte lors de la rénovation des bidonvilles ?
- Comment améliorer le confort dans le logement algérien et garantir sa performance énergétique ?

Notre travail consiste à répondre à ces préoccupations et trouver les solutions les plus efficaces et durables par rapport à nos données et à notre thème.

## **3 Objectifs :**

- Débarrasser la ville de l'habitat précaire et concevoir un projet bien intégré dans son contexte physique et naturel
- Développer un modèle architectural à énergie positive à travers des solutions plus écologiques et durables qui respectent l'environnement

## 4 Méthodologie :

Dans le but d'atteindre nos objectifs précédemment cités, on doit suivre une certaine méthodologie qui divise le travail en deux parties :

La première partie consiste à faire une recherche bibliographique concernant les stratégies bioclimatiques et extraire par la suite tous les dispositifs et aspects architecturaux qui sont en relation avec chaque stratégie.

Après avoir défini tous les dispositifs nécessaires à l'amélioration du confort des bâtiments, et par le biais d'un logiciel de simulation, on va essayer d'adapter chaque dispositif au site choisi pour le projet, pour bien déterminer les meilleurs paramètres en termes de consommation d'énergie en chauffage et en climatisation, ce qui nous servira comme base de données conceptuelles pour les parties suivantes.

Toujours dans le cadre de recherche, on passe à la recherche thématique et l'analyse des exemples, qui nous permettra de faire sortir le programme et les exigences et donc des recommandations concernant le projet architectural, l'architecture bioclimatique, la performance énergétique et le développement durable.

La deuxième partie consiste à analyser l'assiette du projet pour déterminer la température de confort spécifique à notre site et faire par la suite une analyse bioclimatique pour voir les stratégies bioclimatiques spécifique au site pour améliorer son confort, ce qui nous permet de connaître exactement les dispositifs à employer et leurs meilleures configurations (étudiés dans la partie précédente).

L'étape suivante est bien la conception du projet avec l'intégration des recommandations qu'on a résolu de la première partie, pour avoir un projet durable et performant qui consomme le minimum possible d'énergie, à la fin de la conception, on doit évaluer la performance par des simulations et voir l'efficacité qu'on a pu atteindre.

En plus des stratégies conceptuelles qui nous ont permis de réduire la consommation énergétique, il faut intégrer à la fin des solutions actives pour remplacer l'énergie utilisée par des énergies renouvelables et propres.



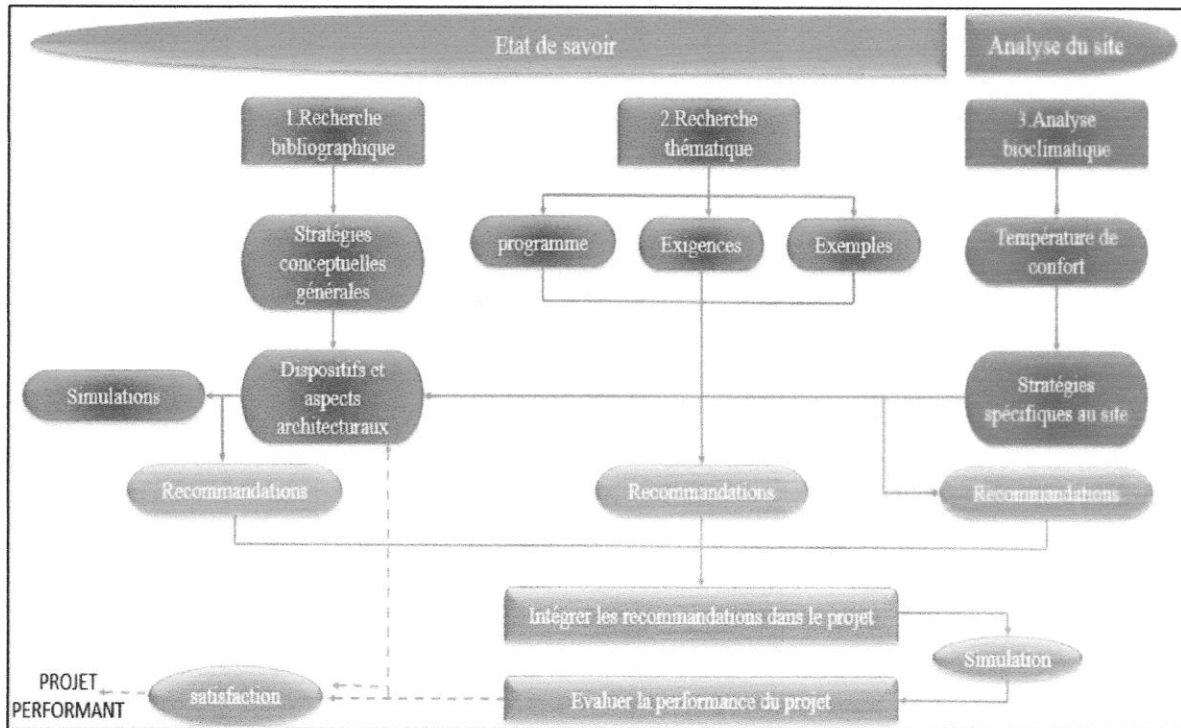


Figure I.7: schéma de méthodologie du mémoire (source: auteur 2017)

## 5 Structure :

Notre mémoire est rédigé en 3 chapitres :

### 5.1 Le chapitre introductif :

Le but de ce chapitre est de présenter la hiérarchie des raisons qui justifient le choix du thème de mémoire et énumérer éventuellement les objectifs de de notre étude, pour schématiser par la suite, la méthodologie qui peut nous mener à réaliser nos objectifs visés.

### 5.2 Etat de savoir :

Ce chapitre nous permet de localiser l'état de l'art de notre sujet et déterminer tous les éléments théoriques qui peuvent nous servir dans notre projet, ces données sont adaptées à notre sujet et au site spécifique pour les introduire après dans la conception.

### 5.3 Le projet :

Dans ce chapitre, on essaye d'intégrer toutes les recommandations théoriques qu'on a énumérées dans le chapitre précédent dans le projet, pour atteindre un maximum d'efficacité énergétique. Avec l'intégration des techniques nouvelles pour optimiser la consommation et remplacer les énergies actuelles par des énergies plus propres

#### Chapitre 1: Chapitre introductif

- Introduction
- Contexte (consommation d'énergie dans le monde et en Algérie)
- Changements climatiques (le passé, le présent et le futur?)
- Problématique
- Objectifs
- Méthodologie
- Structure du mémoire

#### Chapitre 2: Etat de savoir

- Introduction
- Efficacité énergétique
- Dispositifs architecturaux et stratégies bioclimatiques (orientation, loggia, ouvertures, protection solaire, matériaux, toiture, forme, patio, atrium, eau et végétation)
- Dispositifs architecturaux et consommation énergétique du bâtiment (chauffage et climatisation)
- Recherche thématique (habitat semi collectif)
- Analyse des exemples (Berges de l'Hyères à Chambéry et écoquartier à l'I-lodge à Maupas, France)
- Synthèse
- Conclusion

#### Chapitre 3: Le projet

- Introduction
- Présentation du site d'intervention (situation, accessibilité, morphologie, climatologie)
- Confort thermique et analyse bioclimatique
- Conceptualisation du projet
- Description du projet (les plans, les façades, description technique)
- Evaluation de la performance énergétique

#### Conclusion générale

- Conclusion

**CHAPITRE 2**  
**ETAT DE SAVOIR**

## 1 Introduction :

Vu que le secteur du bâtiment est le secteur le plus énergivore en Algérie, la recherche de l'efficacité énergétique est une priorité de l'état aussi bien que les individus

Le but de ce chapitre est de déterminer tous les éléments qui peuvent influencer la performance énergétique pour qu'à la fin on pourra améliorer cette performance sur deux plans : le premier consiste à réduire les besoins en énergie et le deuxième sert à remplacer les énergies combustibles par des énergies plus propres et renouvelables, pour des raisons à la fois écologiques et économiques

Dans cette partie on va voir les stratégies bioclimatiques et les dispositifs architecturaux en relation, puis, on va étudier la consommation énergétique de ces dispositifs, par la suite on aura une recherche thématique qui va déterminer les exigences architecturales spécifique à notre projet et à la fin on verra des analyses de deux exemples serviront comme modèle de jonction entre les stratégies conceptuelles étudiées et les recommandations architecturales définies.

## 2 Définition des concepts :

### 2.1 L'efficacité énergétique :

En physique, « l'efficacité énergétique » désigne le rapport entre l'énergie utile produite par un système et l'énergie totale consommée pour le faire fonctionner.

Cette notion est souvent interprétée dans un sens plus large pour désigner les technologies et pratiques permettant de diminuer la consommation d'énergie tout en maintenant un niveau de performance finale équivalent. Nous utiliserons ici cette deuxième définition de l'efficacité énergétique, dont l'objectif est de « faire mieux avec moins ».

Parmi les solutions d'amélioration de l'efficacité énergétique, il est d'usage de distinguer les solutions dites « passives » qui consistent à réduire la consommation d'énergie des équipements et des matériaux grâce à une meilleure performance intrinsèque et les solutions dites « actives » visant à optimiser les flux et les ressources.<sup>1</sup>

#### 2.1.1 Les solutions « passives »

Elles consistent à accroître les qualités intrinsèques d'un bâtiment afin d'optimiser l'utilisation des énergies qui lui sont fournies. Il s'agit donc d'une architecture passive ou disant bioclimatique.

L'habitat bioclimatique tire parti du climat afin de rapprocher au maximum ses occupants des conditions de confort. Sous nos climats tempérés, les variations de l'ensoleillement, du vent et des températures demandant de mettre en œuvre diverses stratégies adaptées aux différentes saisons. Ces stratégies et techniques architecturales cherchent à profiter au maximum du soleil en hiver et de s'en protéger durant l'été.

- Stratégie du chaud (hiver) : consiste à :
  - Capturer : ouverture, orientation, inclinaisons, masques gênants, etc.

<sup>1</sup> Source : <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/efficacite-energetique-et-batiments>

- Stocker : inertie par absorption.
- Distribuer : répartition possible dans les différentes pièces et niveaux.
- Conserver isolation, compacité, présence d'espace tampons, etc.

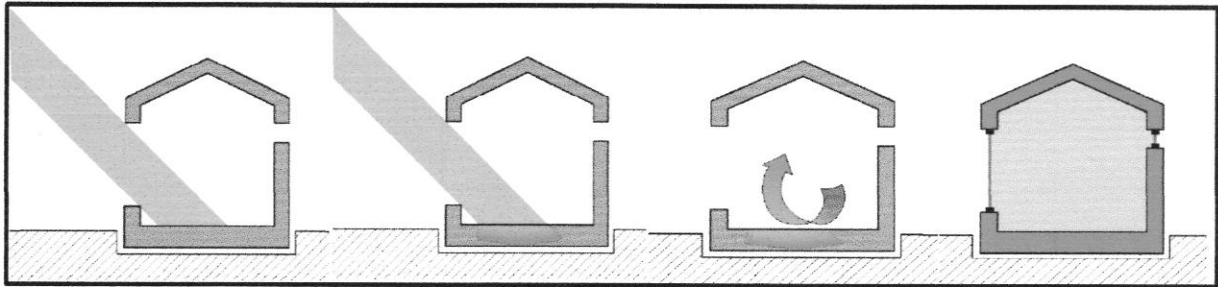


Figure II.1: étapes de stratégie du chaud (source: biffsa.com 2017)

- Stratégies du froid (été) :
  - Contrôler (protéger) : orientation, inclinaison, protection des ouvertures, dispositifs d'ombrage.
  - Eviter : l'échauffement des murs et de la toiture directement en rapport avec l'habitat, conductance, rapport surface/volume, espaces tampons, inertie.
  - Dissiper (ventiler) : possibilité de ventilation traversante la nuit, évacuation verticale, inertie utile, dispositifs de rafraîchissement particuliers, etc.
  - Rafraîchir (refroidir) : évapotranspiration (bassin, végétation) puits canadiens, etc.
  - Minimiser : les apports internes

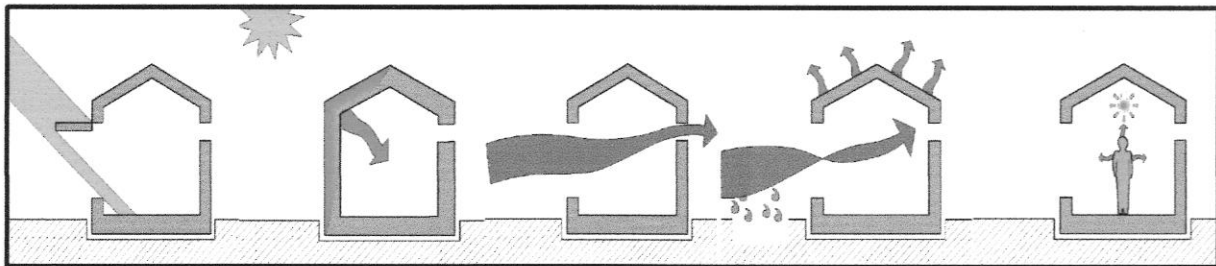


Figure II. 2: étapes de stratégie du froid (source: biffsa.com 2017)

- Stratégie d'éclairage naturel : L'optimisation des apports d'éclairage naturel, réduisant votre consommation électrique d'éclairage est également un point essentiel de la conception bioclimatique

### 2.1.2 Les solutions « actives »

Elles visent à utiliser l'énergie « juste nécessaire » par une gestion active des équipements à travers :

- Les capteurs solaires : il transforme l'énergie du soleil gratuite et disponible en une énergie utile, pour produire l'eau chaude ou l'électricité.
- Chauffe-eau solaire à thermosiphon : c'est le système à conversion directe du rayonnement solaire en chaleur à travers un fluide caloporteur.

- Capteurs photovoltaïques : cette technologie permet de convertir 10 à 20% du rayonnement solaire incident en énergie électrique. Elle peut être intégrée au bâtiment en couverture ou en protection solaire.
- Capteurs à air
- Plancher chauffant direct : où le fluide est chauffé par les capteurs solaires et circule directement dans le plancher à travers des serpentins.
- Géothermique : c'est l'exploitation de la chaleur stockée dans le sous-sol qui provient de la radioactivité naturelle des roches de la croûte terrestre
- Eolien : cette énergie vient des mouvements des masses d'air se déplaçant des zones de haute pression vers les zones de basse pression, ce mouvement est capté et transformé en énergie par le biais des aérogénérateurs.
- Biomasse : couvre 3 filières : l'incinération des déchets agricoles (ex : la paille), le biogaz (production de gaz méthane obtenu par la fermentation des déchets biodégradables) et les biocarburants (culture énergétique des végétaux riches en sucre ou en huiles).
- Hydroélectricité : c'est l'énergie qu'on peut retirer des cours d'eau, et qui provient de son mouvement ('énergie cinétique) et de sa position ('énergie potentielle).

## 2.2 Règlements<sup>2</sup> :

### 2.2.1 En France :

- La réglementation thermique RT 2005 : Elle s'applique aux bâtiments neufs (ou extension de bâtiment). Parmi ses exigences : la consommation énergétique primaire pour les besoins de chauffage, rafraîchissement, ventilation, éclairage et production d'eau chaude sanitaire (ECS) d'un bâtiment doit être au maximum de 130 kWh/m<sup>2</sup>.an contre 250 kWh/m<sup>2</sup>.an en cas de chauffage électrique, tandis que le parc existant se situe à 400 kWh/m<sup>2</sup>.an en moyenne.
- La réglementation thermique RT 2012 : entra en application à partir du 1er juillet 2011. Elle augmente les exigences réglementaires de façon à pouvoir atteindre petit à petit l'objectif fixé à moins de 40 % de consommation d'énergie en 2020. Dans cette réglementation les besoins en énergie des bâtiments neufs sont divisés par 2 à 2,5 par rapport à la pratique de la RT 2005.

### 2.2.2 En Algérie :

L'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment est déterminée par la loi 99-90, décret exécutif n°2000-90. Son application permettra d'améliorer la consommation du chauffage et de climatisation jusqu'à 40%.

Le centre national de recherche de l'industrie et du bâtiment (CNERIB) détermine cette réglementation par trois documents techniques réglementaires :

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

<sup>2</sup> Source : SEMAHI SAMIR 2013.

## 2.3 Bâtiments performants :

### 2.3.1 Les bâtiments basse consommation énergétique BBC :

Les bâtiments d'habitation sont BBC (selon le label Effinergie) lorsque la consommation d'énergie primaire est inférieure à 50 kWh/m<sup>2</sup>/an pour les postes suivants : Chauffage, Eau Chaude Sanitaire, Ventilation, Eclairage et Refroidissement. Cependant la consommation énergétique globale des bâtiments à usage autre que d'habitation (tertiaire...) ne doit pas dépasser 50 % de la consommation conventionnelle de référence de la RT 2005.

D'après l'association Effinergie, ce niveau de performance peut être atteint par l'optimisation de l'isolation, la réduction des ponts thermiques et l'accroissement des apports passifs. Ce concept ne comprend a priori aucun moyen de production local d'énergie, sans toutefois l'exclure.

### 2.3.2 Le bâtiment passif :

En anglais "Passive House", en allemand "Passivhaus". Le concept de bâtiment passif a été développé dans les années 1970 et formalisé en 1985 par le Pr. Bo Adamson de l'université de Lund (Suède) et Wolfgang Feist de l'institut de logement et de l'environnement (IWU) de Darmstadt (Allemagne).

Le bâtiment passif désigne un bâtiment garantissant un climat intérieur confortable aussi bien en été qu'en hiver sans recours aux systèmes de chauffage ou de refroidissements actifs ; c'est à dire les apports passifs solaires et internes et les systèmes de ventilation suffisent à maintenir une ambiance intérieure agréable toute l'année. Il se base sur les principes suivants :

- Le solaire passif.
- La sur-isolation.
- La récupération de la chaleur et le chauffage d'appoint.
- L'efficacité électrique et énergies renouvelables.

Il n'a pas besoin de plus de 15 kWh/ m<sup>2</sup>.an de chauffage, et la consommation d'énergie primaire ne doit pas dépasser la valeur de 120 kWh/m<sup>2</sup>.an.

### 2.3.3 Le bâtiment à zéro énergie :

Le bâtiment zéro énergie combine de faibles besoins d'énergie à des moyens de production d'énergie locaux. Sa production énergétique équilibre sa consommation. Ce bâtiment est quasi autonome en énergie sur l'année (son bilan énergétique net annuel est donc nul), il obtient toutes ses énergies requises par d'énergies solaire et d'autres sources d'énergie renouvelable et il présente de très hauts niveaux d'isolations.

Le principe de la maison à énergie zéro est donc complètement différent de celui de la maison passive, puisqu'il consiste en une compensation de la consommation totale, quelle qu'elle soit, et non en une optimisation des conditions favorisant la sobriété énergétique de la maison. Le bilan de consommation de la maison à énergie zéro prend en considération 5 usages principaux que sont le chauffage, la climatisation éventuelle, la production d'eau chaude sanitaire, l'éclairage et les auxiliaires. Cette consommation doit tendre vers l'objectif

La consommation des 5 usages doit être de 0 à 15 kWh/m<sup>2</sup>.an, en énergie primaire. et la consommation de tout usages est d'environ 100 kWh/m<sup>2</sup>.an, en énergie primaire.

### 2.3.4 Bâtiments à énergie positif :

Le bâtiment à énergie positive est un bâtiment dont le bilan énergétique global est positif, c'est-à-dire qu'il produit plus d'énergie qu'il n'en consomme. L'énergie complémentaire peut être soit

stockée afin d’être consommée ultérieurement, soit réinjectée au réseau de distribution d’électricité pour être revendue.

Pour qualifier un bâtiment à énergie positif selon l’ADEME, il faut retenir deux indicateurs :

- Le bâtiment doit être sobre en énergie hors production locale et à faible contenu carbone.
- La consommation totale d’énergie primaire du bâtiment doit être compensée en moyenne par la production locale d’énergie.

### 3 Dispositifs architecturaux et stratégies bioclimatiques :

Dans cette partie on va voir les stratégies conceptuelles de l’architecture bioclimatique qui servent à améliorer la performance énergétique des bâtiments et les dispositifs architecturaux qu’on peut utiliser pour chaque stratégie.

#### 3.1 Forme :

##### 3.1.1 Définition :

L’indice qui permet de déterminer les différentes configurations de toute forme est bien la compacité ou autrement dit coefficient de la forme  $C_f$ , ce coefficient peut être défini par le rapport de la surface extérieur au volume, comme il peut être le rapport de la surface extérieur exposée à la surface totale.

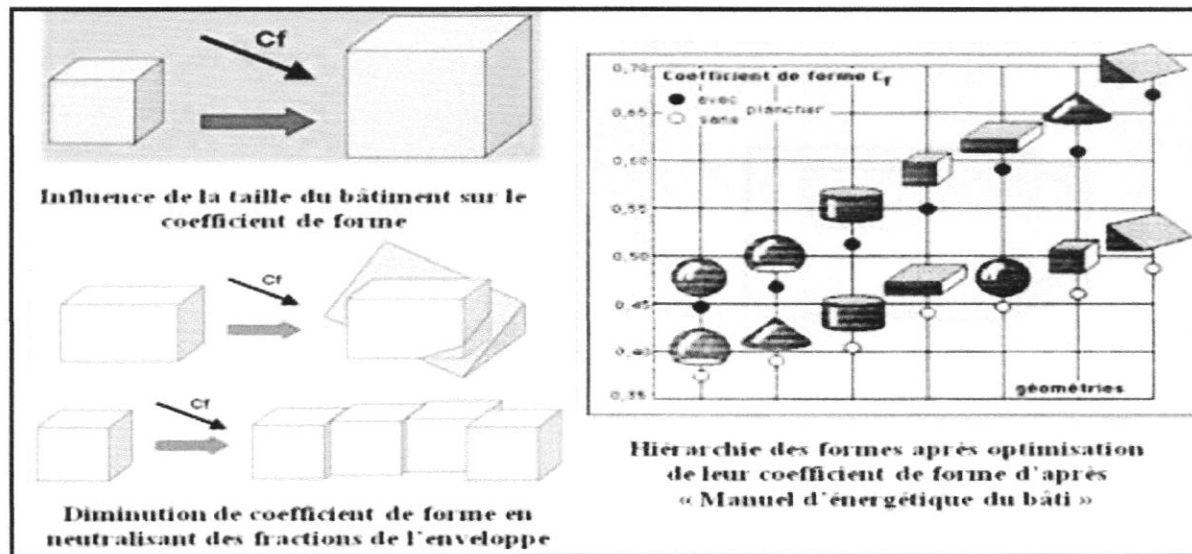


Figure II. 3: Les différentes manières d’agir sur le coefficient de la forme (Source: LABRECHE SAMIA 2012 )

La compacité est un critère d’évaluation thermique intéressant mais délicat à appliquer car il dépend de plusieurs facteurs purement géométriques, à noter : la forme, la taille (la grandeur) et le mode de contact, cet indice permet de qualifier les volumes construits en indiquant leur degré d’exposition aux conditions climatiques extérieures.

##### 3.1.2 Références :

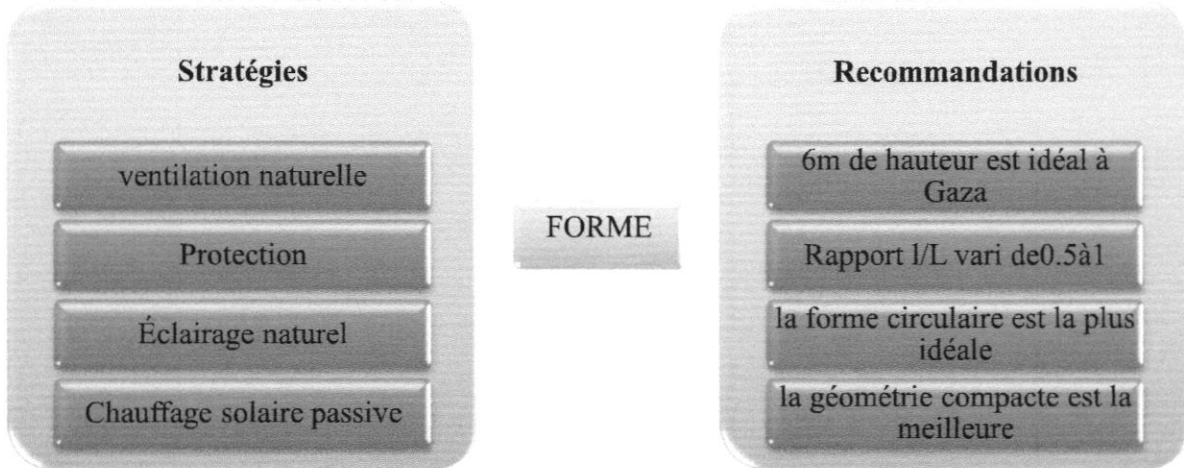
Auteur	Titre	Objectif
HOUDA MOHAMMED HUSSEIN ABED 2012.	Effect of building form on thermal performance of residential complexes in the	Démontrer l’effet de la forme géométrique sur la consommation énergétique des bâtiments
		Définir l’impact du rapport de largeur par longueur sur la consommation d’énergie



	Mediterranean climate of Gaza.	Déterminer l'impact de la hauteur des bâtiments sur leur consommation énergétique
Adnan AlAnzi, Donghyun Seo, Moncef Krarti 2008	Impact of building shape on thermal performance of office building in Kuwait	Etudier l'impact de la compacité de la forme du bâtiment sur sa consommation énergétique.

Tableau 1: Références bibliographiques de l'impact de la forme du bâtiment sur la consommation énergétique (Source: auteur 2016)

### 3.1.3 Synthèse :



## 3.2 Matériaux :

### 3.2.1 Définition :

Les propriétés principales des matériaux peuvent être scindées comme suit :

- Propriétés physiques : la dimension ; la densité ; la masse volumique, la porosité, la couleur, etc.,
- Propriétés mécaniques : la résistance en compression, en traction, en torsion etc.
- Propriétés chimiques : PH ; l'alcalinité, teneur en sulfate ; teneur en chlorure ; teneur en matière organique etc.
- Propriétés physico-chimiques : l'absorption, la perméabilité, le retrait et le gonflement etc.
- Propriétés thermiques : la dilatation, la conductivité thermique, la résistance et comportement au feu, etc.
- Propriétés acoustiques : absorption acoustique, affaiblissement acoustique, etc...

L'utilisation des matériaux adéquats réduit la consommation énergétique des bâtiments et améliore les caractéristiques thermiques de l'environnement urbain.

Les matériaux utilisés pour la construction et l'isolation sont comparés par rapport à leurs caractéristiques suivantes :

- Énergie grise (utilisée) (kWh/m<sup>3</sup>).
- Effet de serre (kgCO<sub>2</sub>/UF).
- Densité (kg/m<sup>3</sup>).
- Conductivité thermique  $\lambda$  (W/m.K).

- Chaleur spécifique (kJ/kg.K).
- Résistance à la diffusion vapeur d'eau  $S_d$  (m).
- Capillarité.

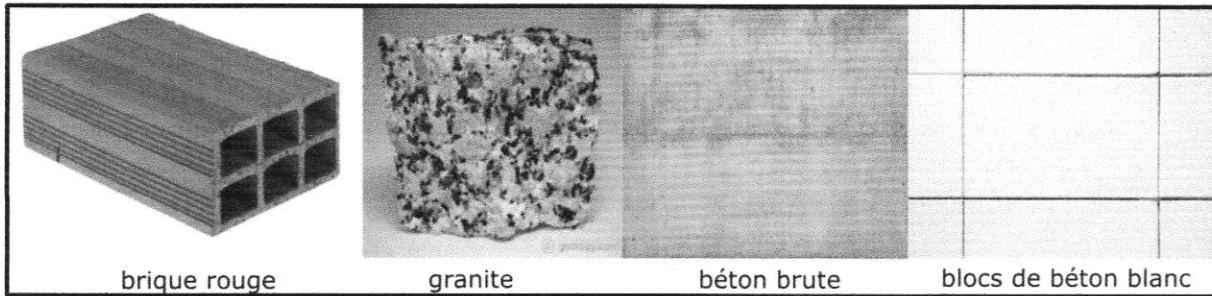


Figure II. 4 : Quelques exemples de matériaux de construction (Source : google image 2016)

Type de matériau	Densité (kg/m <sup>3</sup> )	Chaleur spécifique (J kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )	Conductivité thermique (W/mk)	Émissivité (at $k = 8-14 \mu\text{m}$ )
Brick	1700	800	0.84	0.93
Granite	2662	816	2.81	0.94
Blocs de béton blanc	1900	800	0.84	0.97
Béton brut gris	2300	1800	1.63	0.94

Tableau 2: Caractéristiques de quelques matériaux (Source: [https://www.ijee.ieefoundation.org/vol3/issue4/IJEE\\_04\\_v3n4.pdf](https://www.ijee.ieefoundation.org/vol3/issue4/IJEE_04_v3n4.pdf))

En plus du type de matériau choisi, il est nécessaire de savoir choisir la couleur de chaque paroi pour optimiser la performance énergétique de celle-ci

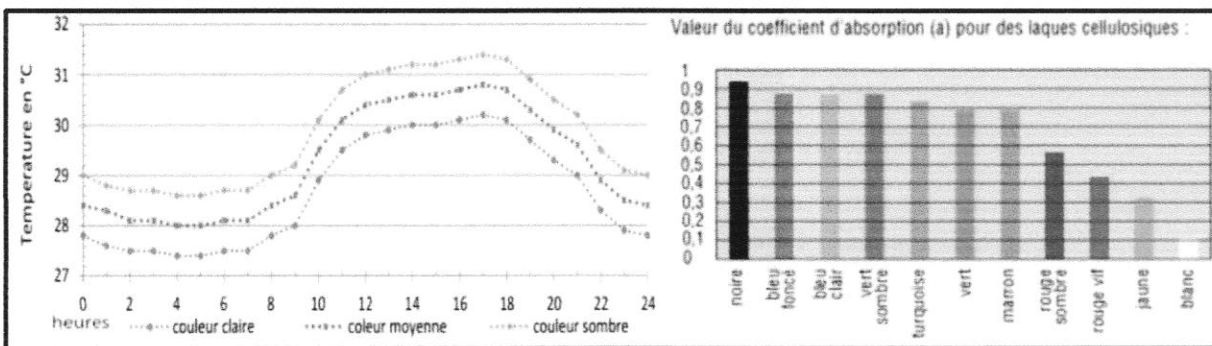


Figure II.5 : absorption des couleurs et la température des parois (source : blog-habitat-durable.com 2016)

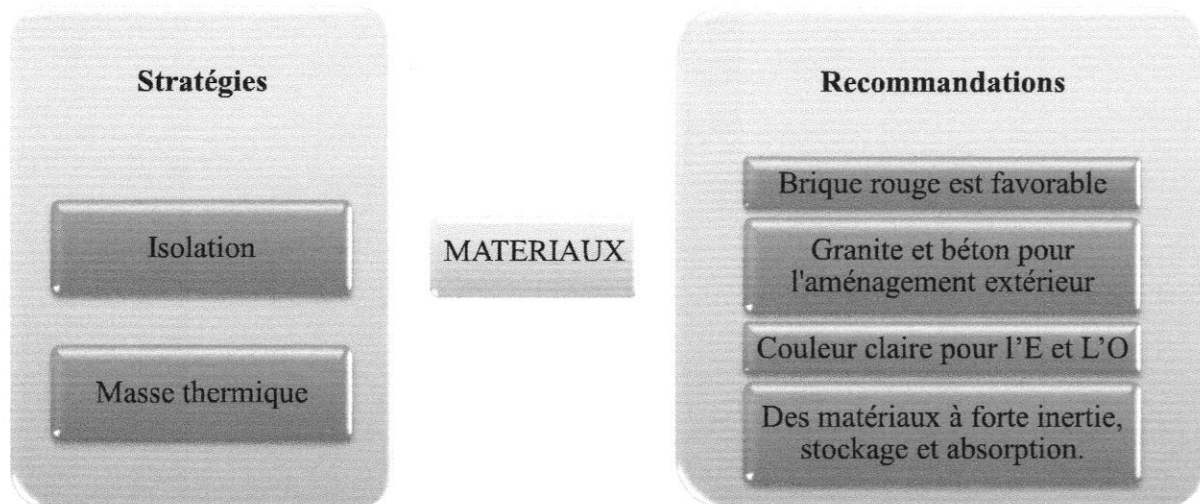
3.2.2 Références :

Auteur	Titre	Objectif
Caroline Flory Celini	Modélisation et positionnement des solutions bioclimatiques dans le bâtiment résidentiel existant	Impact de la composition des parois extérieures sur le confort thermique

Din md Fadhil, Hazlini, Ponraj, Iwao Kenzo, Remaz Dilshah, Noor Zainura, juillet 2012	Investigation of heat impact on exterior wall surface of building materials at urban city area	Etude de l'impact de la chaleur extérieur des parois verticales sur la température intérieure.
Belkacem Berghout. Montréal 30.04.12	Effet de l'implantation d'un bâtiment collectif sur le confort hygrothermique intérieur. Biskra	Impact de la couleur des parois extérieur sur le confort intérieur par rapport à l'orientation.

Tableau 3: Références bibliographiques de l'impact des matériaux de construction sur la consommation énergétique  
(Source: auteur 2016)

### 3.2.3 Synthèse :



## 3.3 Toiture :

### 3.3.1 Définition<sup>3</sup> :

La toiture est un élément très important de l'enveloppe du bâtiment qui doit être bien conçu pour améliorer la qualité du confort à l'intérieur de l'enveloppe

Une toiture stable doit protéger les occupants des agresseurs extérieurs :

- Eau
- Froid
- Poussière
- Vent
- Bruit
- Rayons solaires

Il existe 2 types de toiture :

- Toiture terrasse : à dalle monolithe ou en éléments fractionnés

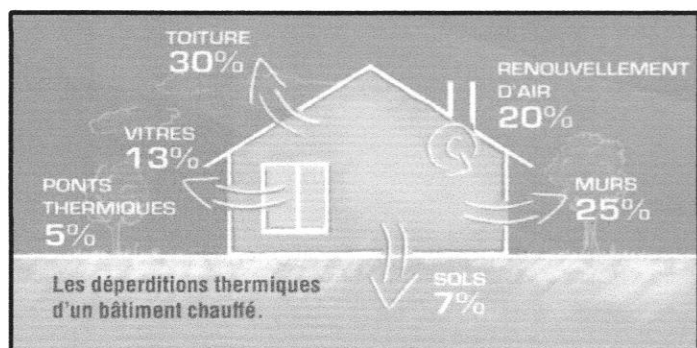


Figure II. 6 : les déperditions thermique d'un bâtiment chauffé  
(source : infoenergie69-grandlyon.org 2016)

<sup>3</sup> Source : energieplus-lesite.be

- Toiture inclinée : varie en nombre de versants ou de croupes



Figure II.7 : toit terrasse et toit en pente (Source : google image 2016)

Pour remplir son triple rôle : protection, confort et économie, la toiture qu'elle soit plate ou en pente doit être constituée des couches suivantes :

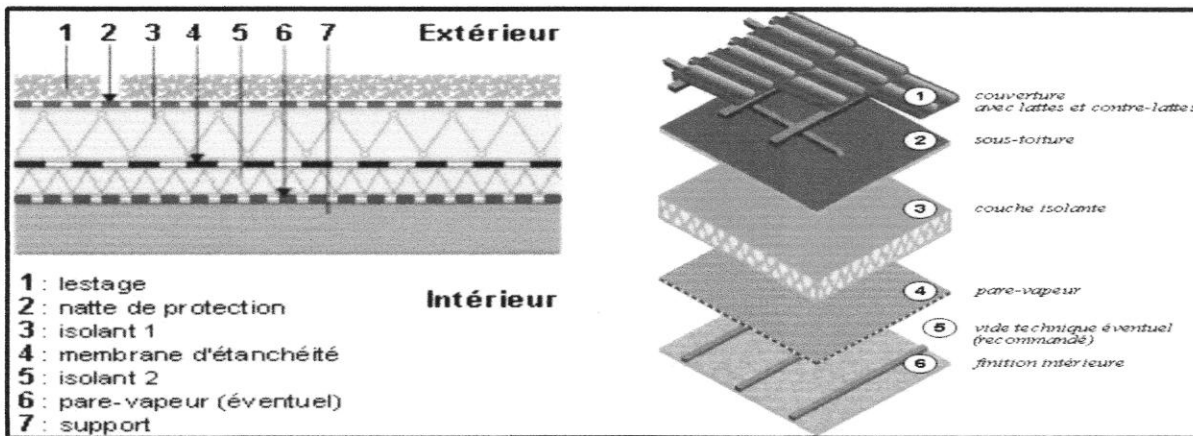


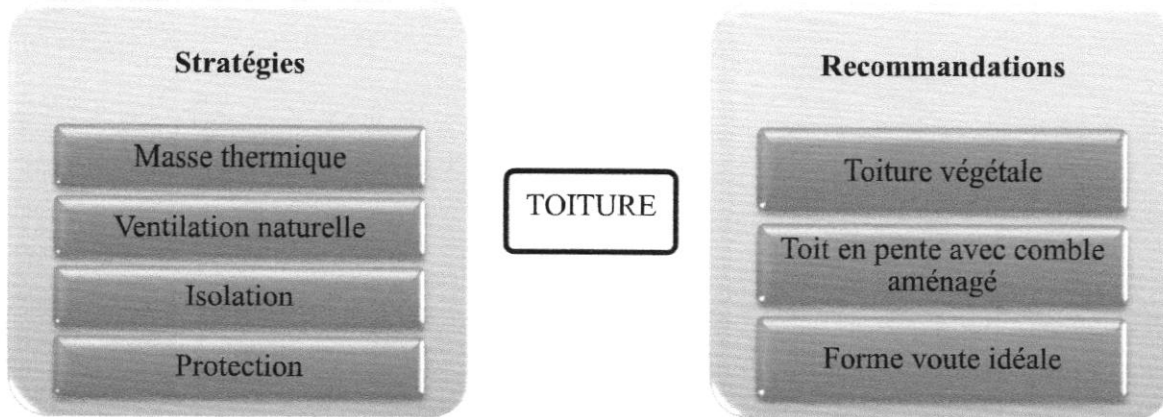
Figure II. 8 : constitution de la toiture terrasse et de la charpente (source : energieplus-lessite.be)

3.3.2 Références :

Auteur	Titre	Objectif
Association PROMOTOIT pour l'avenir des toits – communique de presse juillet 2016	Toiture en pente : la forme compacte idéale	Choisir la forme de toiture la plus économique en énergie
Issa Jaffal 2012	A comprehensive study of the impact of green roofs on building energy performance	Étudier l'impact des toitures végétales sur le confort intérieur

Tableau 4: Références bibliographiques de l'impact de la toiture sur la consommation énergétique (Source: auteur 2016)

**3.3.3 Synthèse :**



**3.4 Ouvertures :**

**3.4.1 Définition :**

Les ouvertures et les fenêtres qui s’y nichent, jouent un rôle important dans la relations du bâtiment avec son environnement.

La fenêtre est un des plus complexes et coûteux composants du bâtiment bioclimatique dus au grand nombre de rôles contradictoires qu’elle doit jouer : éclairage et occultation, vue dehors et recherche d’intimité, pénétration du soleil et protection solaire, Etanchéité et ventilation.<sup>4</sup>

L’impact des ouvertures sur la consommation énergétique change par rapport à leurs configurations : dimensions, type de vitrage, position, orientation, protection...etc.

Le travail en coupe des ouvertures permet de déterminer l’importance et le calendrier des apports de lumière, des gains solaires, aussi bien que le circuit de ventilation naturelle.

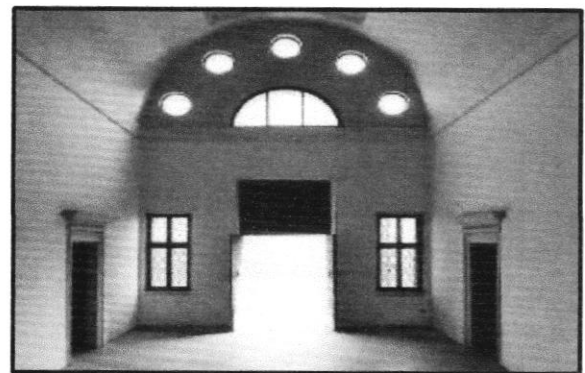


Figure II. 9: ouvertures de villa Poiana, Palladio, Italie (source : google image 2016)

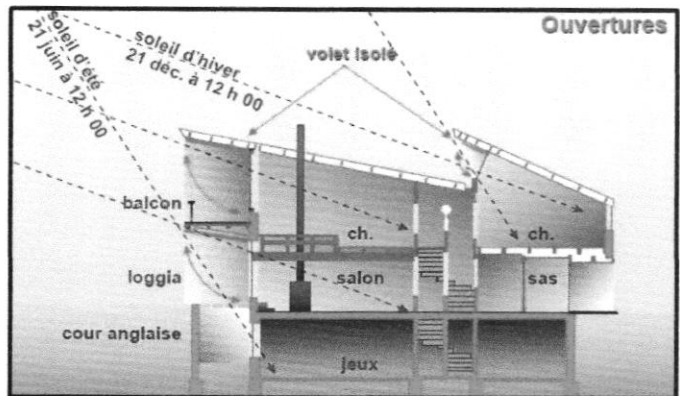


Figure II.10: illustration de la relation ouverture-position (Source : traité d’architecte et d’urbanisme bioclimatique)

**3.4.2 Références :**

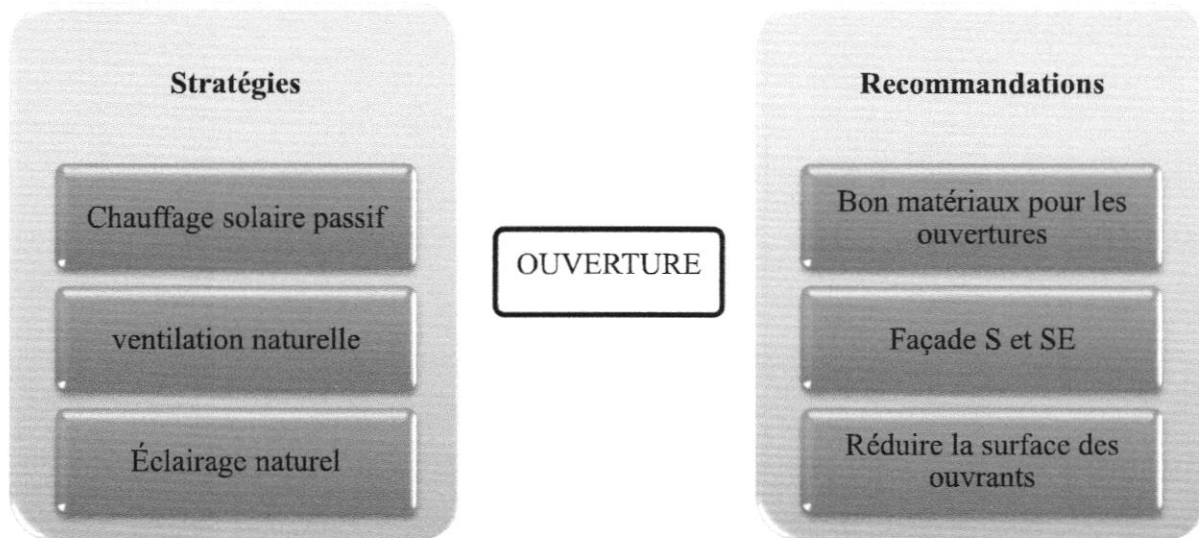
Auteur	Titre	Objectif
Adnan AlAnzi, Donghyun Seo, Moncef Krarti 2008	Impact of building shape on thermal performance of office building in Kuwait	Étudier l’impact du taux de vitrage sur la consommation énergétique du bâtiment

<sup>4</sup> Source : article de revue : la fenêtre et son rôle dans la conception des maisons bioclimatiques- N. Benradouane et B. Benyoucef- 2008)

Oussama.A, Tarek.S Elhinnawy	Investigation into the thermal impact of window to wall ratio, building orientation and glazing materials on office spaces	Déterminer l'effet du type de vitrage des ouvertures sur les charges de chauffage et de climatisation
---------------------------------	--	---

Tableau 5: Références bibliographiques de l'impact des ouvertures sur la consommation énergétique (Source: auteur 2016)

### 3.4.3 Synthèse :



## 3.5 Protection solaire :

### 3.5.1 Définition :

Les gains solaires peuvent être des sources de surchauffes et d'éblouissement dans les bâtiments en saison chaude, les contrôler permet d'améliorer le confort thermique et visuel, tout en assurant l'intimité.<sup>5</sup>

Le contrôle solaire doit être fait en parallèle avec l'éclairage et la ventilation naturels, les niveaux intérieurs d'éclairage naturel et de ventilation naturelle ne doivent pas être négligés au point que l'éclairage artificiel et la ventilation mécanique soient nécessaires

La modulation des gains de chaleur solaires entrant dans un bâtiment est permise par :

- L'orientation et la géométrie des ouvertures
- Les dispositifs de protection solaire
- Le contrôle des propriétés solaires et optiques des éléments transparents et opaques

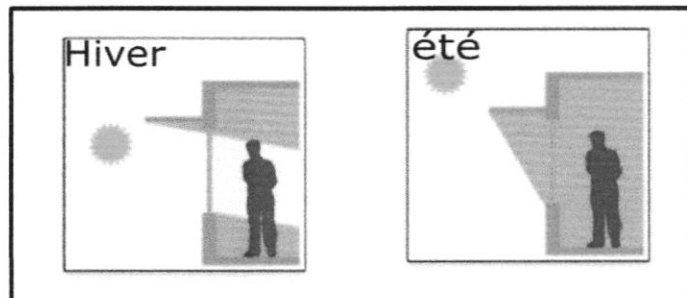
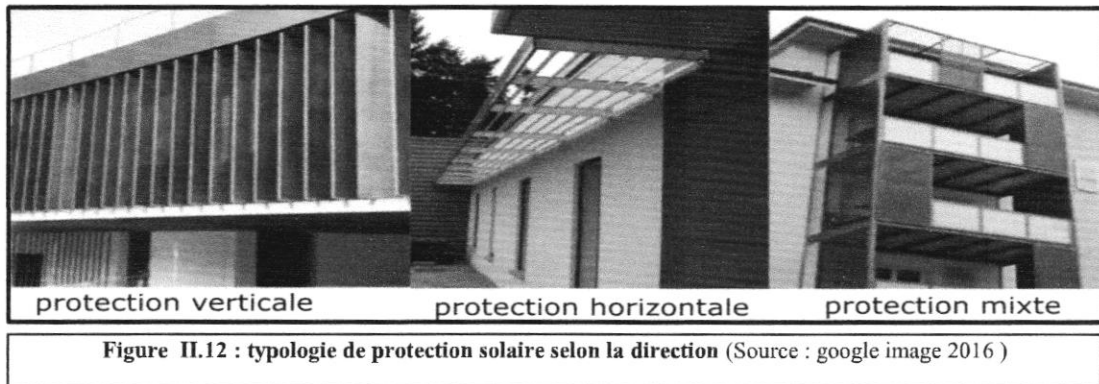


Figure II. 11 : comparaison du rôle de protection solaire en hiver et en été (source : energieplus-lesite.be 2016)

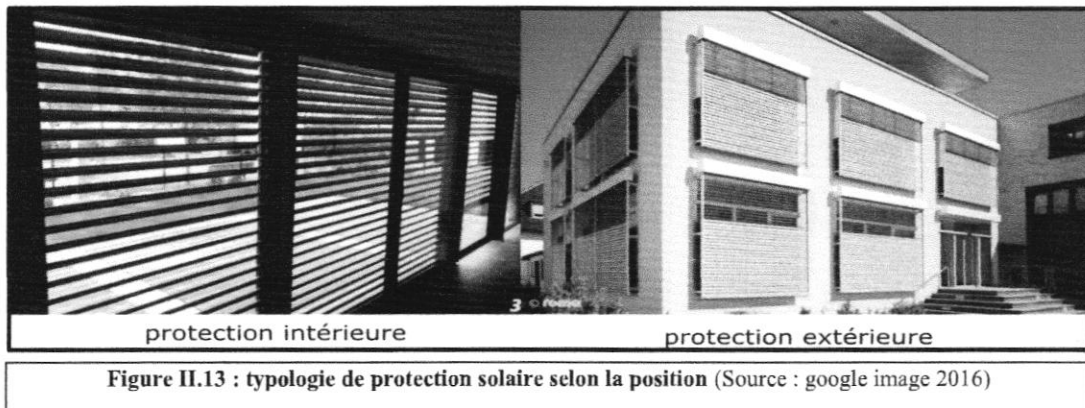
<sup>5</sup> Source : comportement thermique des bâtiments-Hamel Khalissa-Université de Biskra

La typologie des protections solaires dépend de trois éléments : la direction, la position et la mobilité :

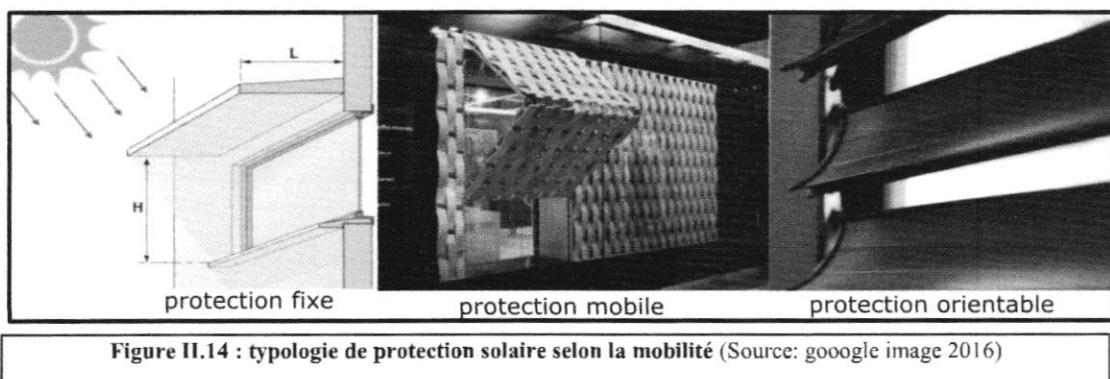
- Selon la direction :



- Selon la position :



- Selon la mobilité :



Le choix de la typologie la plus adéquate à chaque cas se fait selon :

- Les contraintes mécaniques
- L'esthétique
- Le pouvoir isolant
- La ventilation naturelle des locaux



3.5.2 Références :

Auteur	Titre	Objectif
Badech Mounira 2007-2008	Impact de la loggia vitrée sur le confort thermique dans la région de Constantine	Déterminer la proportion la plus adéquate des occultations horizontales fixes pour améliorer le confort
Arman Hashemi, Narguess Khatami septembre 2016	Effects of solar shading of thermal comfort in low-income tropical housing	Étudier l'impact des protections solaires sur le confort thermique des maisons

Tableau 6: Références bibliographiques de l'impact de la protection solaire sur la consommation énergétique du bâtiment (Source: auteur 2016)

3.5.3 Synthèse :



3.6 Patio :

3.6.1 Définition :

Un patio est une cour intérieure à ciel ouvert, dont l'origine remonte à l'atrium des villas de la Rome antique. Plus largement, un patio est un espace extérieur d'agrément, dédié aux repas ou à la détente. Son sol est le plus souvent dallé, mais il peut être aussi en bois, en pierre, en béton, en ciment, etc. Étymologie : mot espagnol (XV<sup>e</sup> siècle), de l'occitan *pātu* (terrain vague, pâture), peut-être du latin *pactum* (pacte, accord). Prononciation : patio et non *pacio*.<sup>6</sup>

• Dans cette cour intérieure se déroule quotidiennement la vie familiale comme un séjour extérieur intime ayant un rôle spirituel, un rôle climatique, un rôle social, un rôle organisationnel et un rôle psychologique.

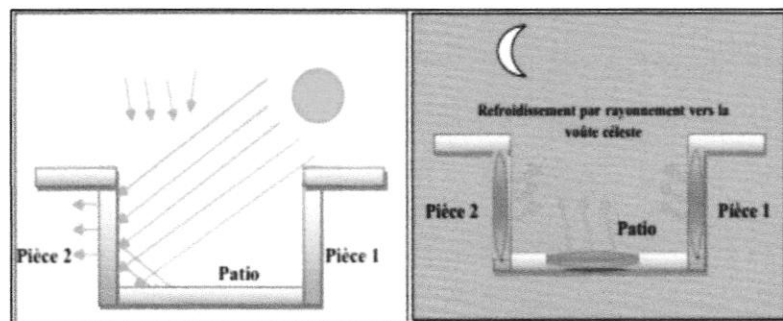


Figure II.15 : Absorption du rayonnement durant la journée et ré-rayonnement durant la nuit (Source : BOULFANI WARDA 2010 )

<sup>6</sup> Source : [www.techno-science.net/?onglet=glossaire&definition=4414-55k](http://www.techno-science.net/?onglet=glossaire&definition=4414-55k), consulté le 23/01/2017)



• Les formes et les dimensions des patios varient selon plusieurs facteurs ; On peut classer les patios à partir de plusieurs critères à savoir :

- ✓ La forme en plan
- ✓ Les proportions (rapport longueur /largeur, surface au sol/hauteur moyenne des parois)
- ✓ La taille
- ✓ Le climat
- ✓ La position dans la parcelle
- ✓ Les espaces intermédiaires
- ✓ L'ouverture ou bien la couverture au ciel

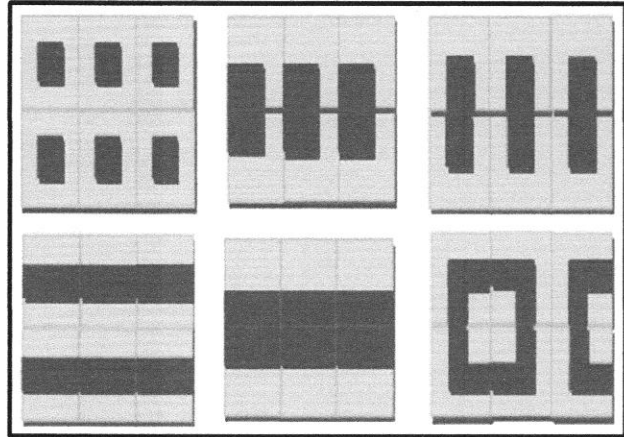


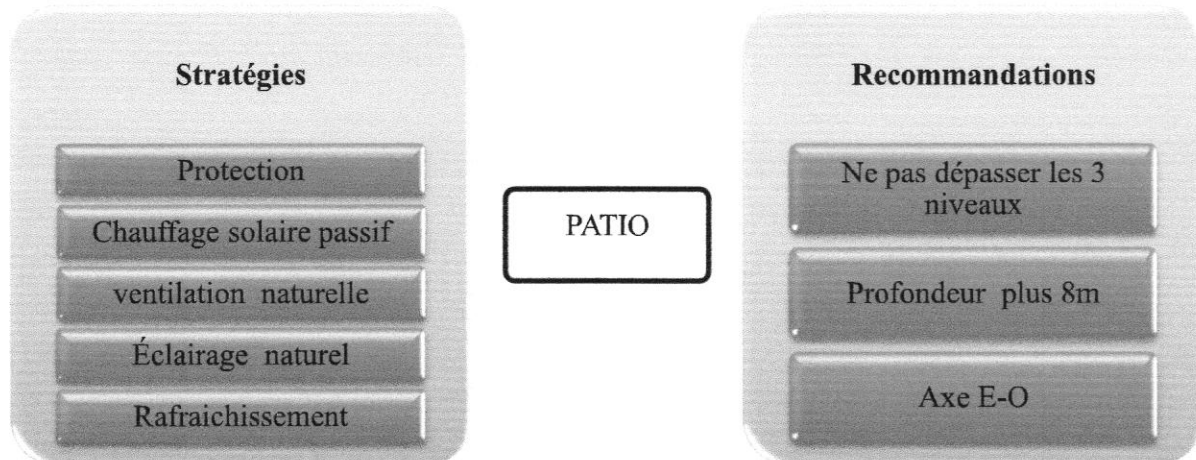
Figure II 16 : Exemples de position des patios dans un ensemble bâti (Source : BOULFANI Warda 2010)

3.6.2 Références :

Auteur	Titre	Objectif
Khaled El-Deeb, PhD	Effect of Courtyard Height and Proportions on Energy Performance of Multi-Storey Air-Conditioned Desert Buildings.	Déterminer l'effet de la hauteur des patios sur la consommation énergétique.
		Déterminer l'impact de la profondeur du bâtiment entourant un patio sur la consommation énergétique.
AMER international conference on quality of life Malaysia.	Courtyard design variants and microclimate performance	Démontrer l'effet de l'orientation des patios sur la température intérieure

Tableau 7: éférences bibliographiques de l'impact du patio sur la consommation énergétique du bâtiment (Source: auteur 2016)

3.6.3 Synthèse :



### 3.7 Atrium :

#### 3.7.1 Définition :

L'atrium est la salle centrale des maisons romaines. Parvis des premières églises. Grand vestibule dans les riches demeures, les palais. L'atrium était la pièce centrale des maisons romaines où se tenaient les dieux lares, l'autel domestique, les images des ancêtres.<sup>7</sup>

Mais l'atrium moderne diffère de sa définition d'origine bien qu'il est été de tout temps recherché pour sa maîtrise des ambiances. C'est seulement au 19<sup>e</sup> siècle que l'atrium pris sa définition moderne de grand volume vitré grâce aux nombreuses avancées techniques permettant la création de verrières zénithales.

L'atrium contemporain est ainsi issu de différentes recherches de confort pour les immeubles, il est aussi prisé pour l'éclairage naturel et la ventilation naturelle qui peut y être mise en œuvre, plus encore l'atrium devient un élément qui participe, par son esthétique au prestige de l'édifice, il est ainsi lié à la volonté de proposer un dispositif fort qui peut amener à apporter une « valeur ajoutée » et une « bonne image à un édifice »<sup>8</sup>



Figure II.17 : photos d'atrium moderne (source: pinterest.com)

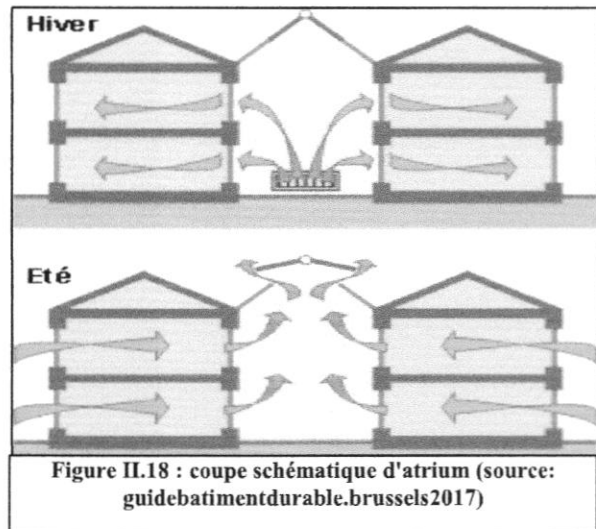


Figure II.18 : coupe schématique d'atrium (source: guidebatimentdurable.brussels2017)

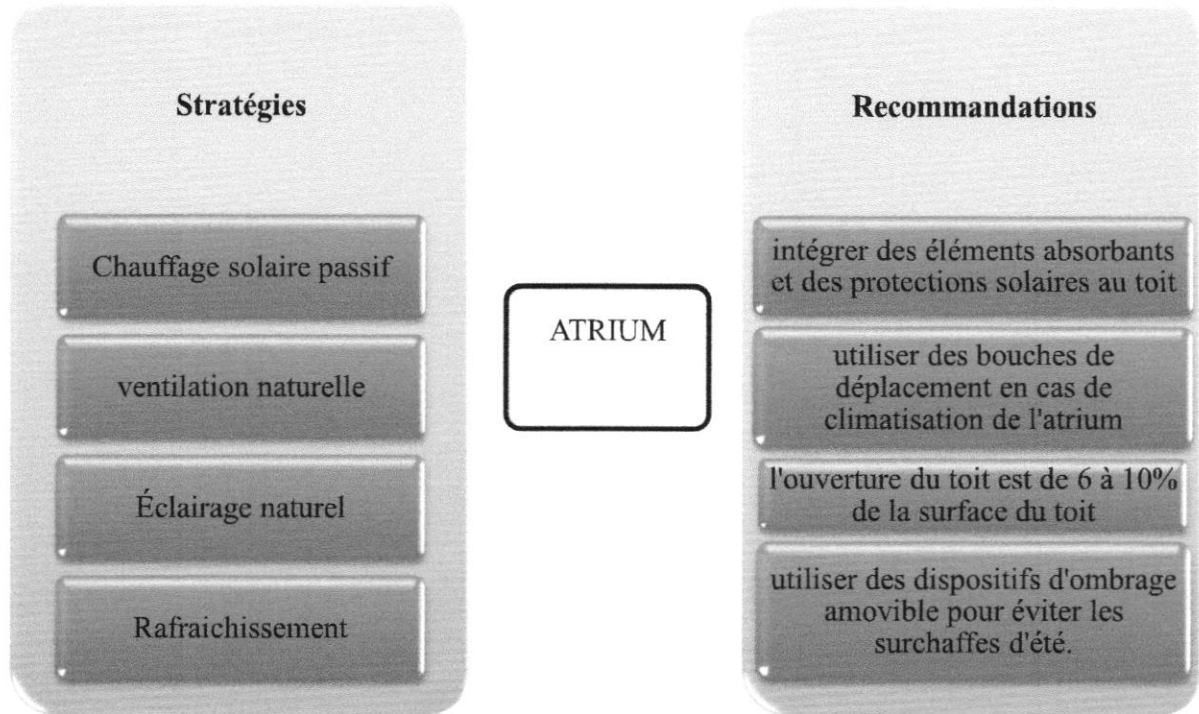
#### 3.7.2 Références :

Auteur	Titre	Objectif
Leila Moosavi, Norhayati Mahyuddin, Norafida Ab Ghafar, Muhammad Azzam Ismail, Avril 2014	Thermal performance of atria: An overview of natural ventilation effective designs	Étudier l'impact des différents paramètres de l'atrium sur sa performance énergétique
Rahal Samira ,2011	L'impact de l'atrium sur le confort thermique dans les bâtiments publics – cas de la maison de culture à Jijel	Déterminer le comportement thermique des espace atriums sous latitude, et valoriser la ventilation naturelle dans ce dernier comme stratégie passive de rafraîchissement en été,

<sup>7</sup> Source : dictionnaire pratique Quillet A-D<sup>es</sup>, Paris 1974.

<sup>8</sup> Source : SOLENNE PLASSART 2015

### 3.7.3 Synthèse :



## 3.8 Loggia :

### 3.8.1 Définition :

C'est un espace de transition qui favorise le rapport visuel avec l'extérieur et fonctionne selon une notion d'intimité ; de pouvoir voir sans être vu, ou tout simplement une surface supplémentaire qui vient agrandir l'espace intérieur ou constituer carrément une nouvelle pièce aérée et baignée de lumière solaire, ayant une forme qui lui fait contraste ; elle suit la ligne extérieure du bâtiment. C'est un espace aéré, prolongeant l'appartement tout en étant protégé et invisible de l'extérieur. Sa clôture est plus économique, le mur arrière peut être facilement supprimé afin de donner une surface supplémentaire à la pièce.

La performance thermique d'un espace vitré ouvert au soleil est influencée par plusieurs facteurs :

- Son orientation par rapport au soleil.
- La taille des surfaces vitrées.
- Type de vitrage : simple, double, triple, "bas-énergie"
- Couleur du mur de stockage.
- Ombres proches et lointaines.
- La qualité de l'isolation des murs, du toit et du plancher, est aussi un trait important.
- Infiltration indésirable d'air extérieur à travers, fissures et trous.
- Le stockage de la chaleur.

« Les volumes intérieurs non habitables doivent être conçus conjointement selon les aspects géométriques et techniques, en tenant compte des connaissances qui viennent d'être développées » (Fernandez et Lavigne, 2009, p. 130). Une loggia bien conçue participe activement au confort



Figure II.19: loggia fermée/ouverte (source : google image 2017)

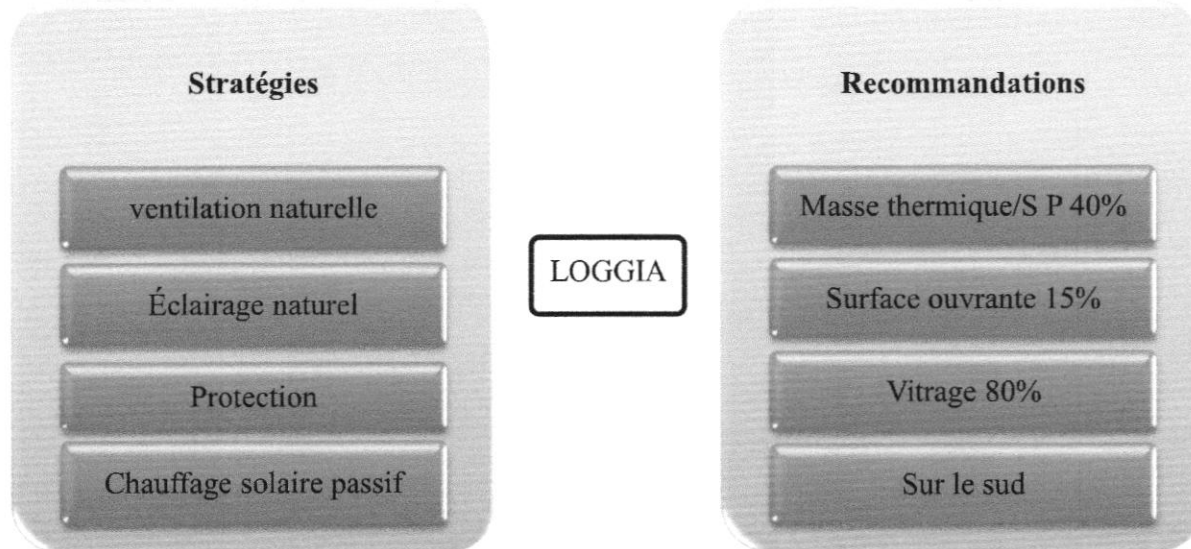
d'hiver et d'été et réduit les consommations d'énergie liées au chauffage et climatisations. Elle joue comme rôle de bien limiter les gains solaires directs entrant dans le bâtiment en protégeant les parois opaques comme les parois transparentes. De ce fait, il est d'une importance primordiale de concevoir prudemment cet espace, et de penser à la gestion des apports solaires dès la phase de conception.

**3.8.2 Références :**

Auteur	Titre	Objectif
Badech Mounira 2007-2008.	Impact de la loggia vitrée sur le confort thermique dans la région de Constantine	Déterminer l'impact du taux de vitrage des loggias sur le confort thermique
		Déterminer le % d'ouverture des surface vitrées le plus adéquat au confort thermique
Belkacem Berghout. Montréal 30.04.12	Effet de l'implantation d'un bâtiment collectif sur le confort hygrothermique intérieur. Biskra	Étudier l'effet d'intégration des loggias sur le confort intérieur par rapport à l'orientation

Tableau 8: Références bibliographiques de l'impact des loggias sur la consommation énergétique (Source: auteur 2016)

**3.8.3 Synthèse :**



**3.9 L'orientation :**

**3.9.1 Définition :**

L'orientation des édifices répond à leur destination : les besoins en lumière naturelle, l'intérêt d'utiliser le rayonnement solaire pour chauffer bâtiment ou, au contraire, la nécessité de s'en protéger pour éviter la surchauffe, l'existence de vents pouvant refroidir le bâtiment en hiver ou le rafraîchir en été, sont autant de paramètres importants dans le choix de l'orientation

Le soleil intervient pour dispenser lumière et chaleur. Une orientation adaptée aux contraintes du bâtiment permet ainsi de réduire les consommations de chauffage et d'éclairage.

Parfois agréable l'été, le vent est toujours source d'inconfort en hiver. Par conséquent, protéger les façades des vents froids est toujours souhaitable, voire prioritaire, pour minimiser la consommation de chauffage.

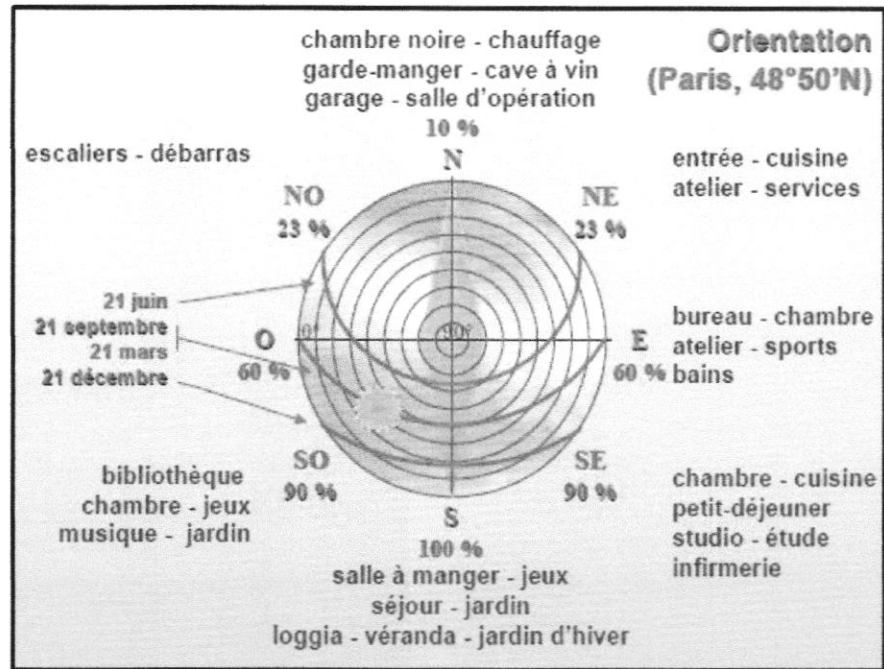


Figure II. 20 : projection cylindrique de la course solaire à Paris (Source : Alain Liébard 2005)

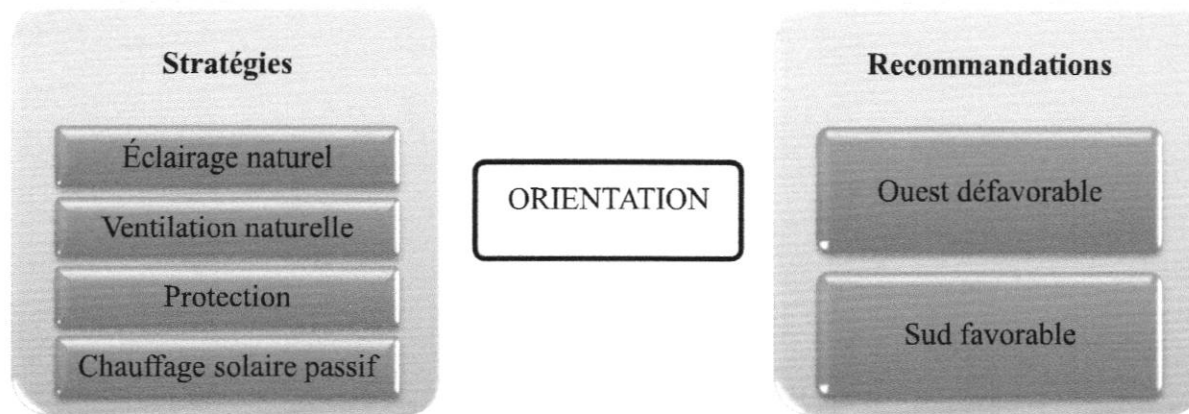
Les pièces orientées au nord bénéficient toute l'année d'une lumière égale au rayonnement solaire diffus. Pendant l'été, elles peuvent souffrir d'un rayonnement direct au petit matin et en soirée. Les pièces orientées à l'est bénéficient du soleil le matin, et celles orientées à l'ouest est exposée au soleil le soir, mais ces deux orientations présentent des possibilités d'inconfort visuel vu que la lumière est difficile à maîtriser. Les pièces orientées au sud bénéficient d'une lumière plus facile à contrôler et d'un ensoleillement maximal en hiver et minimal en été.

3.9.2 Références :

Auteur	Titre	Objectif
Belkacem Berghout, Daniel Forgues, Daniel Monfet 2014	Simulation du confort thermique intérieur pour l'orientation d'un bâtiment collectif à Biskra	Définir l'orientation la plus favorable au confort thermique
BOUCHAHM Guermia, BOUREBIA Fatiha, juin 2010	L'impact de l'orientation des parois sur le confort thermique d'une salle de classe à Constantine.	Etudier l'impact de l'orientation des parois sur la température intérieure

Tableau 9: Références bibliographiques de l'impact de l'orientation du bâtiment sur sa consommation énergétique (Source: auteur 2016)

### 3.9.3 Synthèse :



### 3.10 L'eau :

#### 3.10.1 Définition :

L'eau est un nom féminin dérivé du mot latin aqua, et par définition littéraire : « C'est un corps liquide à la température et à la pression ordinaires, incolore, inodore, insipide, dont les molécules sont composées d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène, ce corps liquide, contenant en solution ou en suspension toutes sortes d'autres corps (sels, gaz, micro-organismes, etc.), très répandu à la surface terrestre (eau de pluie, eau de mer, eau du robinet, etc.). » (Dictionnaire Larousse Français, 2016)

L'eau est intégrée dans les bâtiments très souvent dans les patios ou les jardins sous forme de fontaine ou de bassin

L'eau trouve dans l'air ambiant la chaleur nécessaire pour passer de l'état liquide à l'état vapeur, la température de l'air se voit ainsi réduite et l'humidité relative de l'air augmente. Pour maximiser cet effet, il convient d'augmenter la surface de contact air/eau et le mouvement relatif de l'air par rapport à l'eau (jets d'eau par exemple).

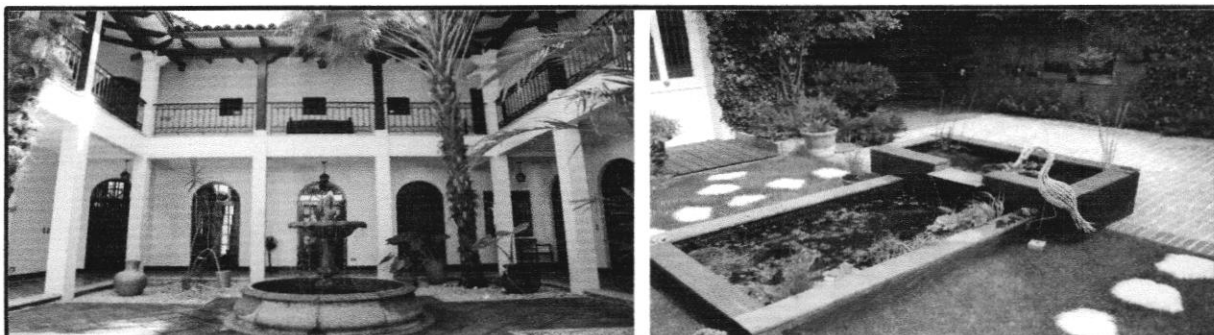


Figure II.21 : Exemple de présence d'eau dans une maison (source : google image 2017)

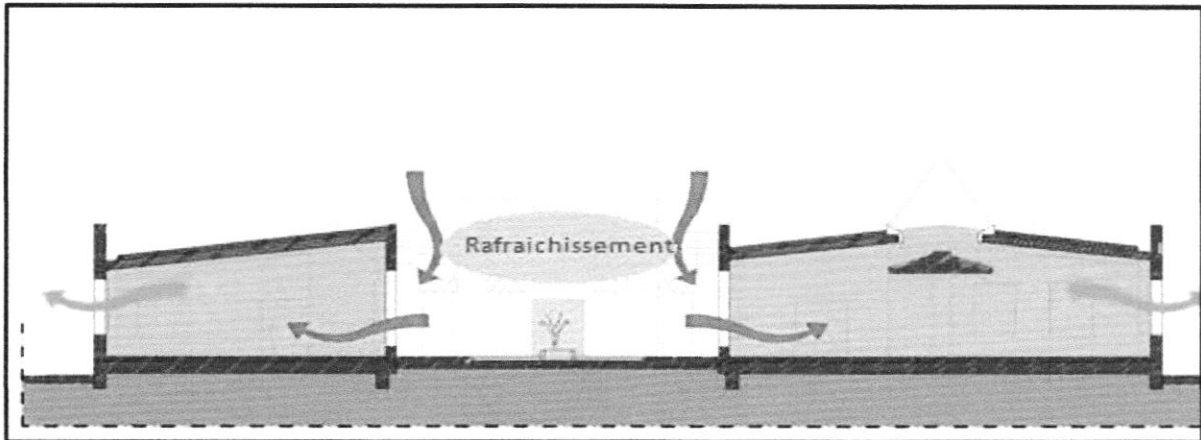


Figure II.22: Rafraichissement de l'air circulant par une fontaine (Source: new-learn.info 2017)

Par ailleurs, l'eau a souvent été utilisée pour ses capacités de stockage de la chaleur (murs de bidons, etc.) et a inspiré des systèmes constructifs complexes, tels que le « roof pond » où des réservoirs d'eau, constituant la dalle de toiture, permettant d'atténuer la variation des températures.

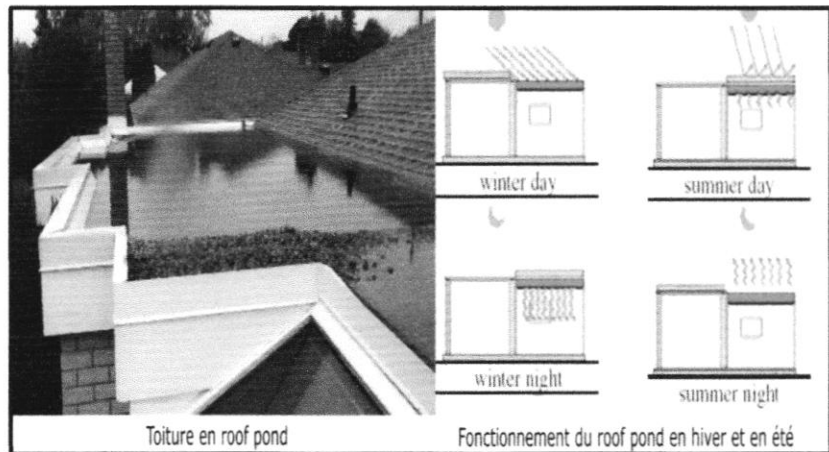


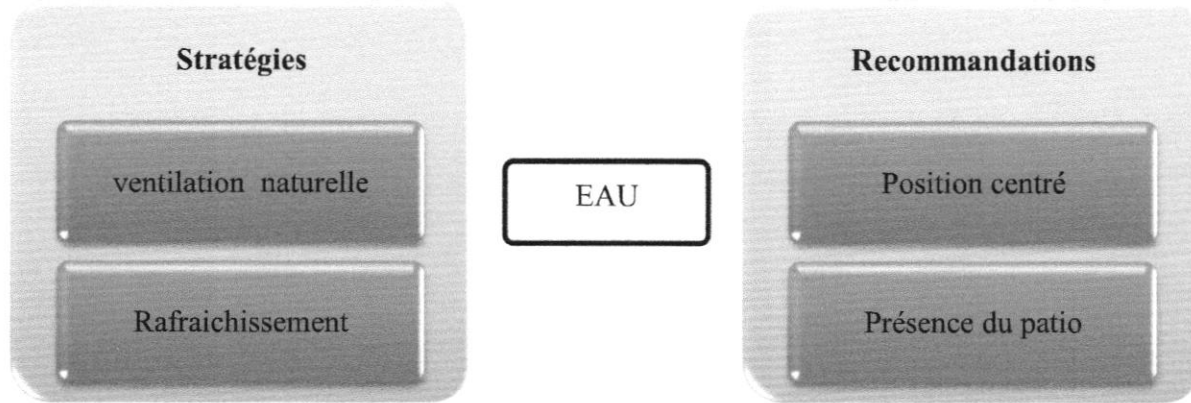
Figure II.23: illustration de la technique roof pond (source: solarmirror.com 2017)

3.10.2 Références :

Auteur	Titre	Objectif
Ben Ameer Okba 2016	Étude de l'impact du rafraichissement des fontaines dans les maisons à patios cas des zones sahariennes	Définir le positionnement le plus favorable d'une fontaine d'eau et la forme du patio adéquat au confort thermique.
Fei Xue, Xiaofeng Li. Décembre 2015	A novel numerical model for the thermal impact of the fountains	Déterminer l'impact des fontaines sur le microclimat

Tableau 10: Références bibliographiques de l'impact de l'emploi d'une source d'eau dans un bâtiment sur sa consommation énergétique (Source: auteur 2016)

**3.10.3 Synthèse :**



**3.11 Végétation :**

**3.11.1 Définition :**

La végétation est l'ensemble de plantes ou formation végétale qui peuplent un même lieu. Il existe 3types de végétation (selon les feuilles) :

- Feuilles caduques
- Feuilles semi-persistantes
- Feuilles persistantes



Figure II.24: types de feuillage (Source: google image 2016)

La végétation améliore le confort dans toutes ses dimensions :

- Effet d'écran thermique
- Effet d'humidification de l'air
- Effet acoustique
- Effet visuel
- Effet d'oxygénation de l'air
- Effet de filtration des fines poussières.

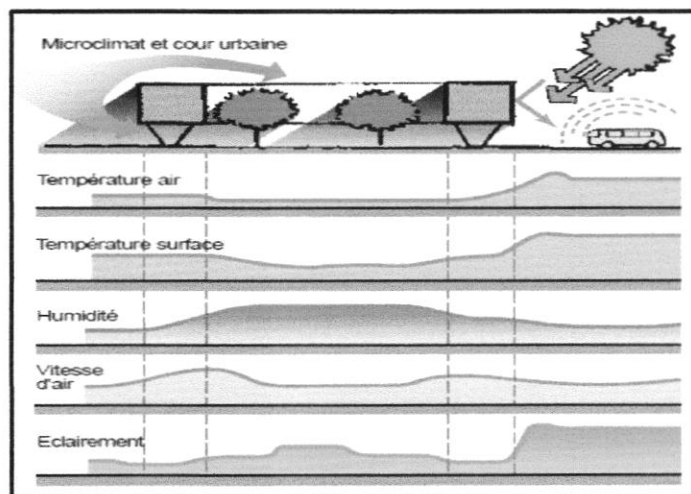


Figure II. 25: Les effets de la végétation en milieu urbain (source : meridianes.org 2017)



La végétation peut être utilisée sous différentes formes :

- Mur végétal : intérieur ou extérieur
- Toiture végétale : qui varie de l'extensive à l'intensive
- Balcon végétalisé et pergola

Le bon choix du positionnement de chaque type de végétation permet d'avoir une meilleure protection au bâtiment.

L'utilisation des végétations à feuilles caduques permet un bon ensoleillement en hiver et une bonne isolation en été, cependant les végétations persistantes représentent une bonne isolation contre les vents durant toute l'année

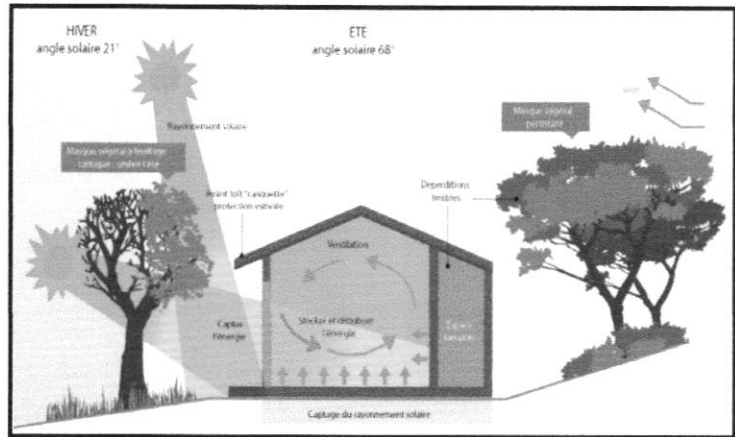


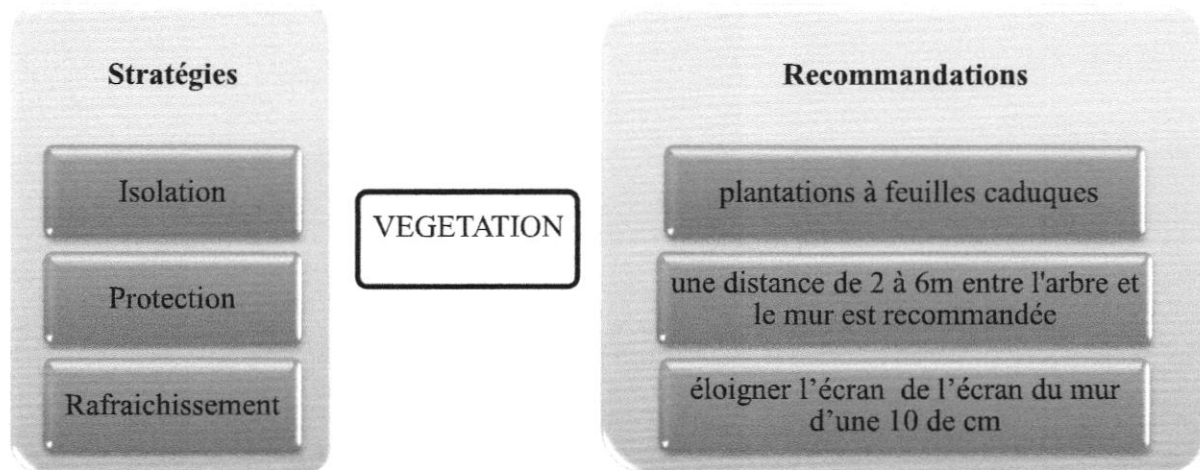
Figure II.26 : protection végétale par différents types de végétation ((source : charpenterie.fr 2016))

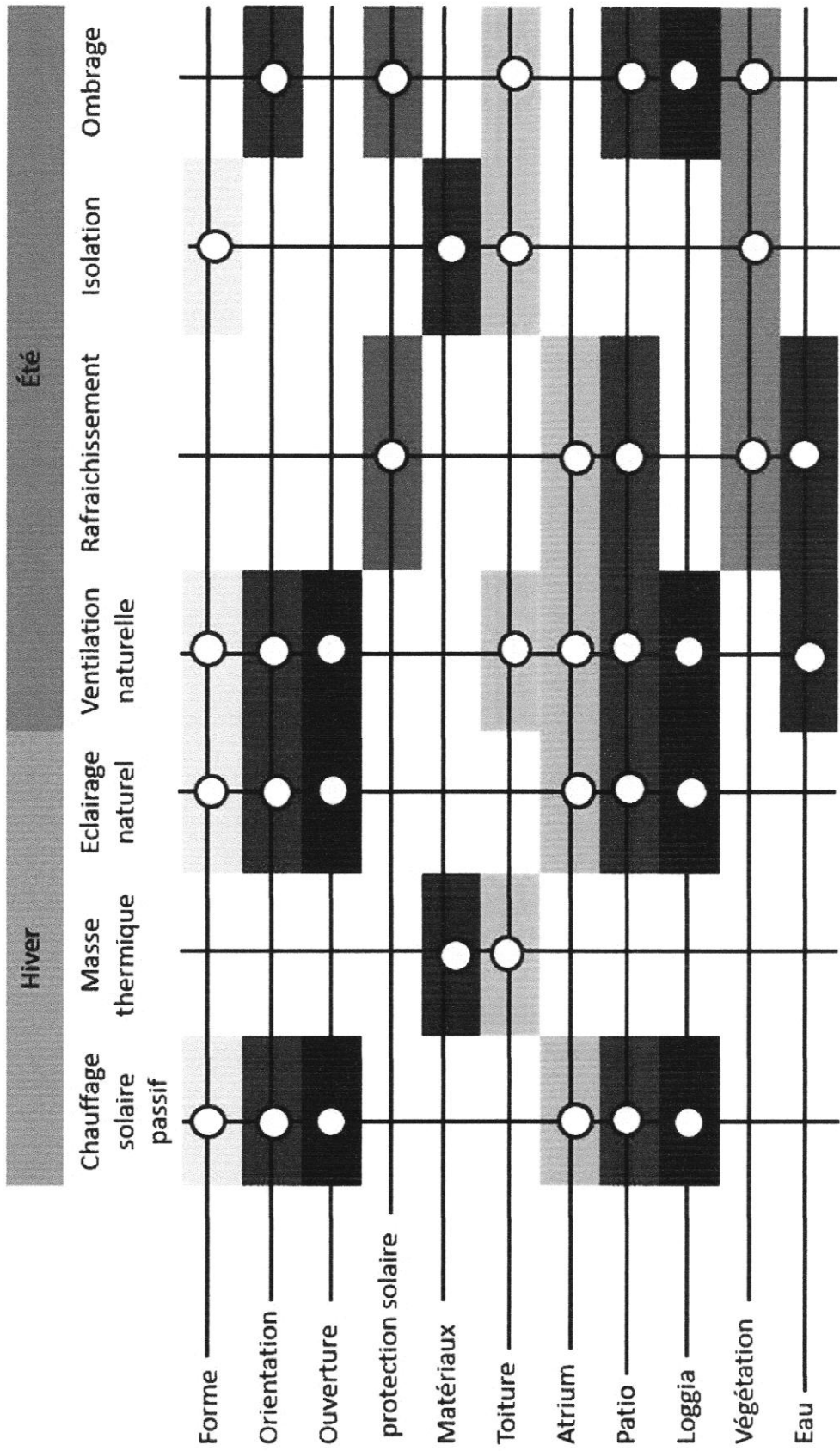
3.11.2 Références :

Auteur	Titre	Objectif
Benhalilou Karima 2008.	Impact de la végétation grimpante sur le confort hygrothermique estival du bâtiment	Déterminer l'effet des arbres et des plantes grimpantes sur le confort thermique
Rabah Djedjig 2013	Impact des enveloppes végétales à l'interface bâtiment microclimat urbain	Etudier l'impact des parois végétales sur la température intérieure et extérieure

Tableau 11: Références bibliographiques de l'impact de la végétation sur la consommation énergétique d'un bâtiment (Source: auteur 2016)

3.11.3 Synthèse :





## 4 Dispositifs architecturaux et consommation énergétique du bâtiment :

Dans cette partie on va essayer de grouper tous les éléments architecturaux étudiés dans la partie précédente, et voir la meilleure manière de les intégrer par rapport au site choisi et donc par rapport au climat (BLIDA).

Le travail est essentiellement basé sur les résultats du logiciel de simulation ECOTECT® 2011 : C'est un outil de simulation qui combine une interface de modélisation 3D très visuelle et interactive avec une vaste gamme de fonctions d'analyse solaire, thermique, visuelle, acoustique et donc une estimation de coûts

On a réalisé différentes simulations sur un volume modèle à double parois en brique (dont la composition du mur est par ordre de l'intérieur à l'extérieur : 2cm d'enduit plâtre, 10cm de brique, 5cm de lame d'air, 15cm de brique, 2cm d'enduit ciment), le modèle type est de 64m<sup>3</sup> (4\*4\*4m) avec une ouverture de 10% de la surface du mur en vitrage simple, orientée plein sud.

Ces simulations nous donnent les besoins en chauffage et en climatisation, notre rôle consiste à comparer les résultats et déterminer les éléments les plus performants.

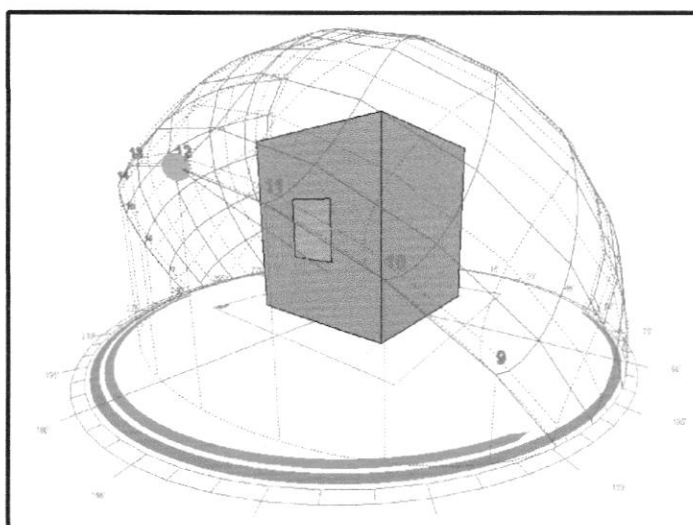


Figure II.27 : le modèle de base sur Ecotect (source: auteur 2017)

### 4.1 L'orientation :

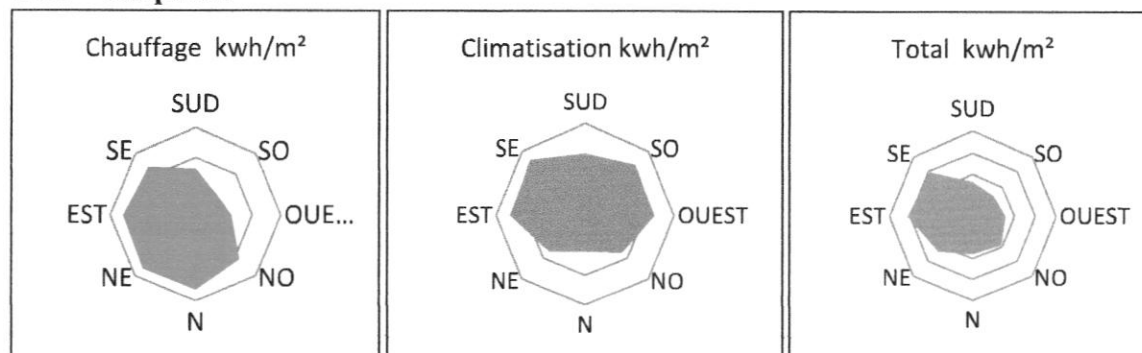
1. On a réalisé 8 simulations en changeant à chaque fois l'orientation du volume de 45°.

#### 4.1.1 Résultats :

Orientation	Sud	SO	Ouest	NO	Nord	NE	Est	SE
Chauffage Kwh/m <sup>2</sup>	57.38	56.08	56.51	58.38	59.22	59.27	59.13	58.74
Climatisation Kwh/m <sup>2</sup>	31.13	30.78	30.68	29.48	28.37	29.42	31.09	31.21
Total Kwh/m <sup>2</sup>	88.6	86.86	87.19	87.86	87.59	88.69	90.22	89.95

Tableau 12: Consommation énergétique du modèle avec changement de l'orientation calculée par simulation sur Ecotect (Source: auteur 2016)

#### 4.1.2 Graphes :



#### 4.1.3 Discussion :

Le changement de l'orientation du volume chaque 45° a permis d'avoir 8 simulations, les résultats de ces simulations ont montré que l'orientation la plus performante est celle du sud-ouest suivie par l'ouest et le sud, les résultats ont confirmé de même que les orientations les plus défavorables sont: le nord-est, le sud-est et l'est, à marquer aussi que l'orientation nord et nord-ouest sont acceptables et ne marque pas une grande différence par rapport aux orientations les plus performantes.

2. Pendant que déterminer la meilleure orientation ne parait pas assez suffisant, alors, il est nécessaire de déterminer aussi la meilleure combinaison d'orientation, ce qui nous permettra de choisir par la suite l'axe d'orientation du bâtiment

#### 4.1.4 Résultats :

Orientation	Nord-Sud	Est-Ouest	NE-SO	NO-SE
Chauffage Kwh/m <sup>2</sup>	58.2	57.82	57.675	58.56
Climatisation Kwh/m <sup>2</sup>	29.25	30.885	30.1	30.345
Total Kwh/m <sup>2</sup>	87.45	88.705	87.775	88.905

#### 4.1.5 Discussion :

Ces résultats montrent que la combinaison la plus efficace est bien celle du Nord-Sud, donc il est recommandé de construire de bâtiments selon l'axe Est-Ouest pour profiter des ouvertures sur les façades nord et sud.

### 4.2 Taux de vitrage :

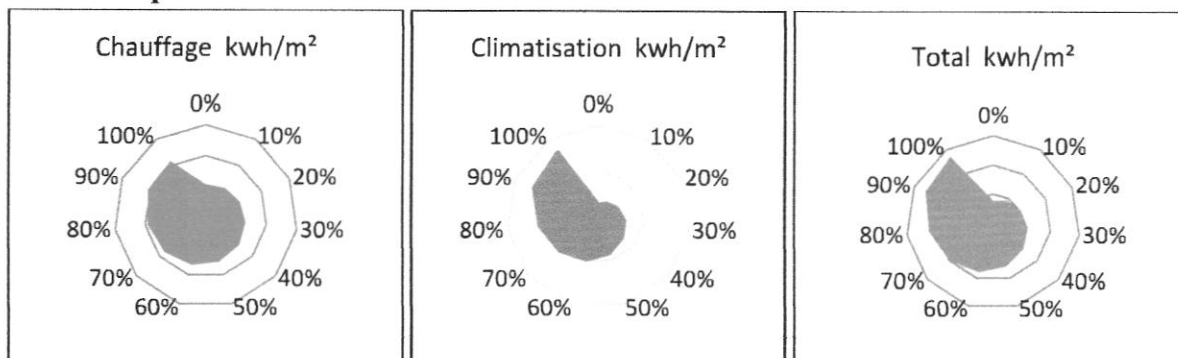
Les simulations sont faites selon le pourcentage du vitrage par rapport à la surface de la façade. Cette valeur augmente à chaque fois de 10% pour avoir 10 simulations à la fin (de 10% à 100%).

#### 4.2.1 Résultats :

Le taux de vitrage	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Chauffage Kwh/m <sup>2</sup>	55,49	60,19	65,59	71,40	77,42	83,44	89,70	95,87	104,5	108,2
Climatisation Kwh/m <sup>2</sup>	34,16	45,14	56,43	67,99	81,22	94,87	109,9	127,4	152,7	165,2
Total Kwh/m <sup>2</sup>	88,6	104,3	122	139,4	158,6	178,3	199,6	223,3	257,3	273,5

Tableau 13: Consommation énergétique du modèle avec changement du taux de vitrage calculée par simulation sur Ecotect (Source: auteur 2016)

4.2.2 Graphes :



4.2.3 Discussion :

Pour ces simulations on change le taux de vitrage de la façade sud pour comparer la consommation énergétique de chaque valeur.

Les résultats ont montré que plus on augmente le taux de vitrage plus la consommation augmente. Donc il est recommandé d'éviter les ouvertures au maximum possible et d'utiliser des petites fenêtres qui ne dépassent pas 10% de la surface de la façade si l'emploi de celle-ci est nécessaire pour l'éclairage des espaces ou pour autres raisons.

4.3 Type de vitrage :

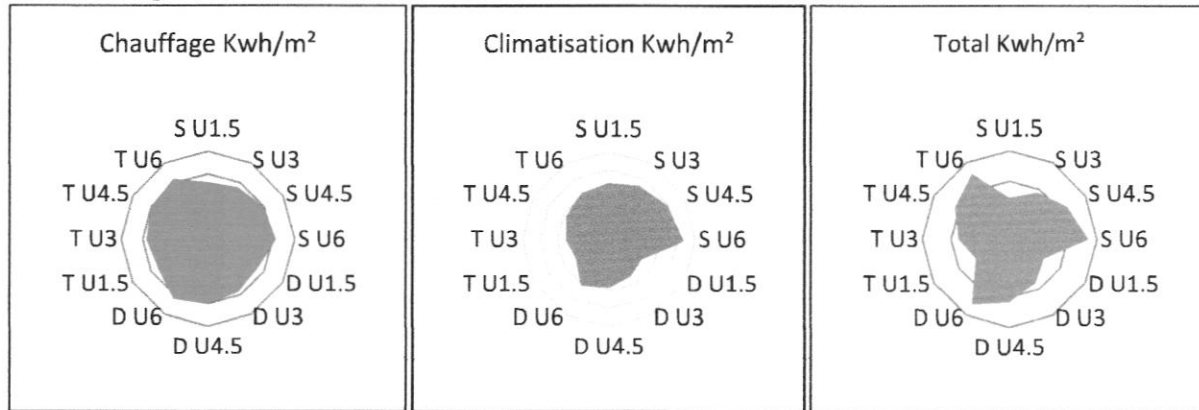
Les simulations dépendent de la composition du vitrage : simple double ou triple avec un coefficient de 1.5, 3, 4.5 et 6 pour chaque typologie, ce qui nous donne 12 simulations à étudier.

4.3.1 Résultats :

Type de vitrage	Simple vitrage				Double vitrage				Triple vitrage			
	U1.5	U3	U4.5	U6	U1.5	U3	U4.5	U6	U1.5	U3	U4.5	U6
Chauffage Kwh/m²	52,2	55,4	59,2	62,1	53,2	56,8	60,4	64,0	53,2	56,8	60,4	64,0
Climatisation Kwh/m²	32,1	34,1	33,5	34,2	30,0	30,6	31,3	31,8	30,0	30,6	31,3	31,8
Total Kwh/m²	84,4	88,6	92,7	97,0	83,3	87,4	91,7	95,9	83,3	87,4	91,7	95,9

Tableau 14: Consommation énergétique du modèle avec changement du type de vitrage calculée par simulation sur Ecotect (Source: auteur 2016)

**4.3.2 Graphes :**



**4.3.3 Discussion :**

En changeant le type de vitrage de simple au double puis au triple, on remarque que le double et le triple fournissent la meilleure performance qui est plus favorable par rapport au simple vitrage, donc dans notre cas, il est recommandé d'utiliser un double vitrage.

On remarque aussi, que le changement du coefficient d'émissivité U entraine un changement de consommation d'énergie, et plus on augmente la valeur de U la consommation augmente au fur et au mesure, pour déduire que le cas le plus favorable est celui de  $U=1.5W/m^2.K$ .

**4.4 Protection solaire :**

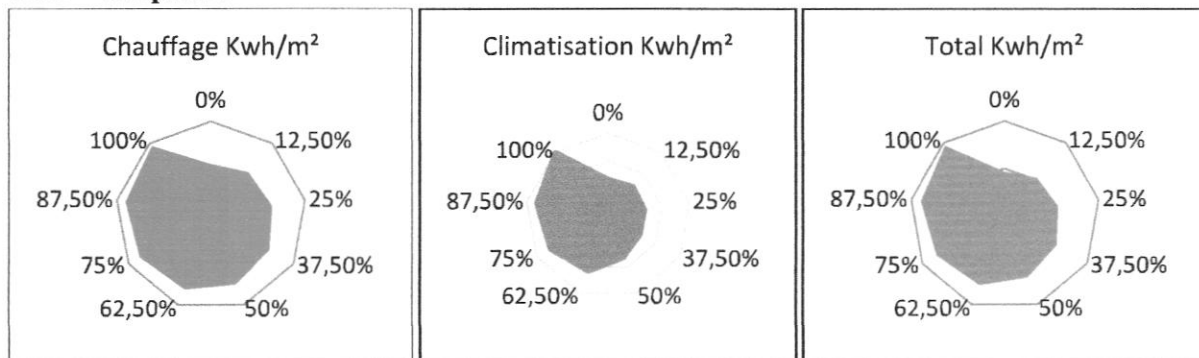
Les simulations sont réalisées selon l'emploi d'un auvent fixe pour la fenêtre de la face sud en changeant à chaque fois la profondeur de ce dernier par rapport à la hauteur de la fenêtre.

**4.4.1 Résultats :**

Protection	0%	12,5%	25%	37,5%	50%	62,5%	75%	87,5%	100%
Chauffage Kwh/m²	55,67	56,09	56,50	57,06	57,63	58,20	58,62	59,14	59,66
Climatisation Kwh/m²	32,93	34,20	34,17	34,17	34,30	34,56	34,70	34,82	34,99
Total Kwh/m²	88,61	90,29	90,67	91,23	91,93	92,77	93,32	93,96	94,65

Tableau 15: Consommation énergétique du modèle avec changement de la dimension des protections solaires calculée par simulation sur Ecotect (Source: auteur 2016)

**4.4.2 Graphes :**



**4.4.3 Discussion :**

L'emploi de la protection solaire à la fenêtre de type fixe a entraîné une augmentation de consommation énergétique (chauffage) et plus on augmente sa profondeur plus la surcharge énergétique est plus importante, par contre cette protection n'effectue aucun changement sur la climatisation.

Donc il est fortement déconseillé d'utiliser des brises soleil fixes dans notre zone d'étude, et la solution la plus adéquate à notre cas, est d'employer des stores extérieurs amovibles à utiliser selon les besoins pour ne pas bloquer les rayons solaires en hiver et éviter les surchauffes estivales.

**4.5 Matériaux :**

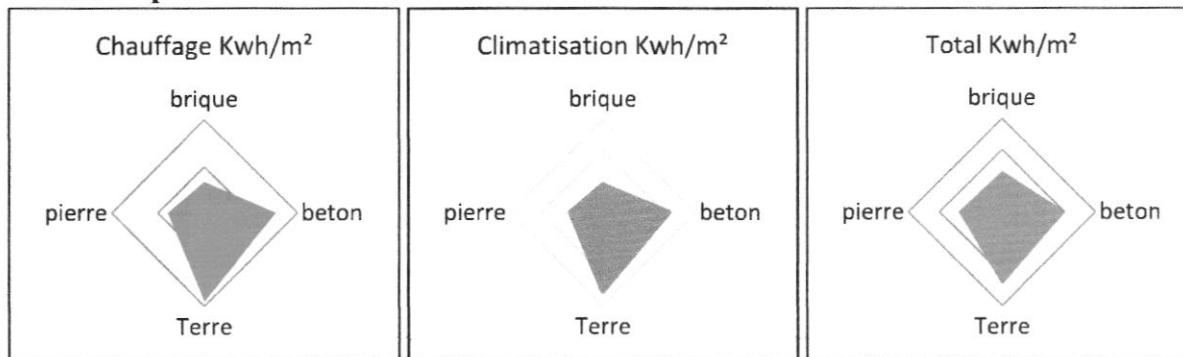
1. Des simulations en fonction des changements des matériaux composant les murs extérieurs : brique, béton, terre et pierre.

**4.5.1 Résultats :**

Les matériaux	Brique	Béton	Terre	Pierre
Chauffage Kwh/m <sup>2</sup>	55,67	56,528	56,897	55,781
Climatisation Kwh/m <sup>2</sup>	32,93	33,558	33,764	33,023
Total Kwh/m <sup>2</sup>	88,61	90,086	90,66	88,805

Tableau 16: Consommation énergétique du modèle avec changement des matériaux calculée par simulation sur Ecotect (Source: auteur 2016)

**4.5.2 Graphes :**



**4.5.3 Discussion :**

Le changement des matériaux de construction a entrainer des changements de consommation en énergie, et le matériau le plus performant dans notre cas est la brique suivie par le pierre qui marque une nuance presque nulle, l'emploi de la terre est défavorable.

2. Les simulations sont pour déterminer le rôle de l'isolant en employant du polystyrène expansé à l'extérieur des parois en changeant l'épaisseur de l'isolation.

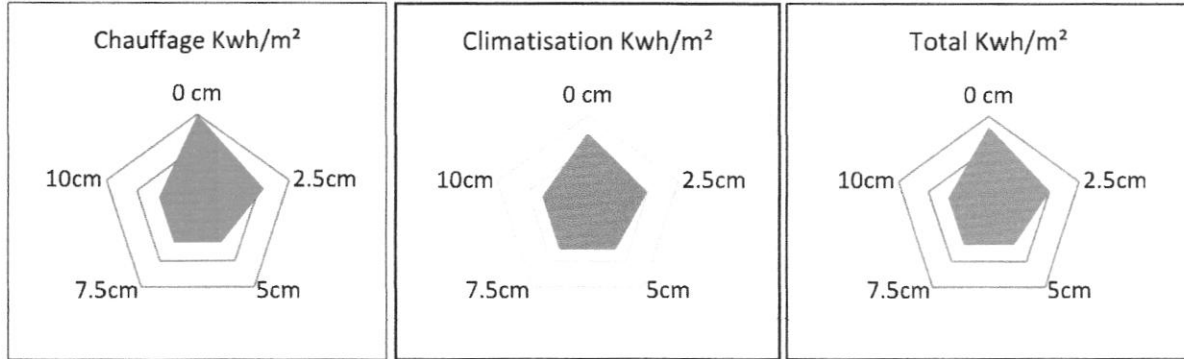
**4.5.4 Résultats :**

Isolation	0 cm	2.5cm	5cm	7.5cm	10cm
Chauffage Kwh/m <sup>2</sup>	55,67	24,3	24,46	24,1	23,98

Climatisation Kwh/m <sup>2</sup>	32.93	16.51	15.95	33,708	33,708
Total Kwh/m <sup>2</sup>	88,61	40.82	40.41	87,344	87,344

Tableau 17: Consommation énergétique du modèle avec changement de l'épaisseur de l'isolation calculée par simulation sur Ecotect (Source: auteur 2016)

4.5.5 Graphes :



4.5.6 Discussion :

Le rajout d'un matériau d'isolation (polystyrène expansé) à la structure des murs extérieurs a minimiser la consommation énergétique, cette efficacité augmente avec l'augmentation de l'épaisseur de l'isolant jusqu'au 5cm, au-delà de 5cm la consommation ne change plus.

Donc une isolation de 5cm en polystyrène expansé sur les parois extérieures est recommandée pour améliorer la performance énergétique jusqu'à 2%.

4.6 Atrium :

L'atrium est conçu dans un volume plus grand (16\*16\*4m), il prend différentes formes, carré ou rectangle en gardant le même volume 64m<sup>3</sup>.

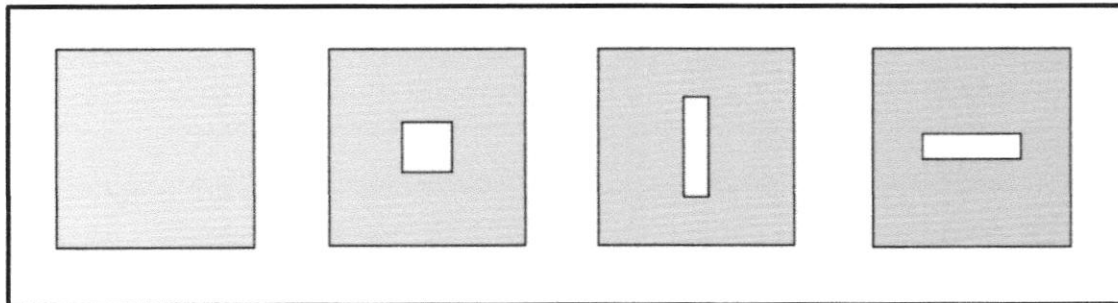


Figure II.28 : les formes de patio (Source: auteur 2017)

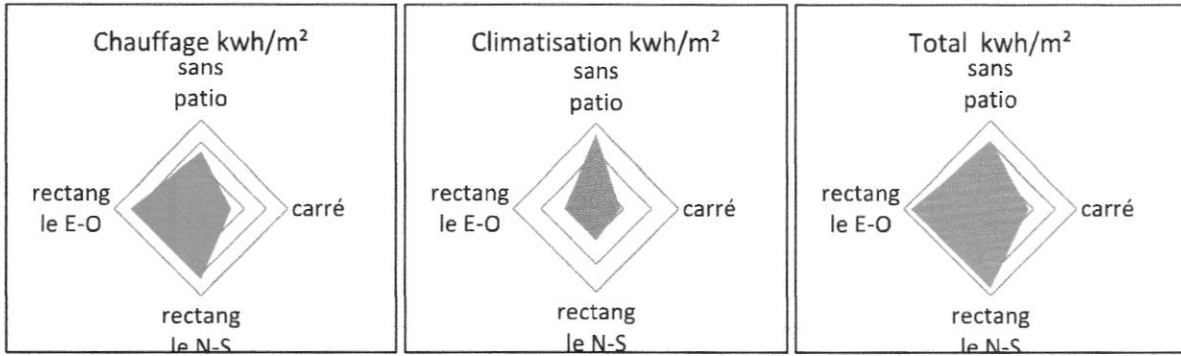
4.6.1 Calculs :

Patio	Carré	Rectangle N-S	Rectangle E-O
Chauffage kwh/m <sup>2</sup>	46,881	56,198	56,198
Climatisation kwh/m <sup>2</sup>	31,947	32,077	32,073
Total kwh/m <sup>2</sup>	78,828	88,276	88,271

Tableau 18: Consommation énergétique du modèle avec changement de l'atrium calculée par simulation sur Ecotect (Source: auteur 2016)



**4.6.2 Graphes :**



**4.6.3 Discussion :**

La conception d'un atrium central de forme carrée a amélioré la performance énergétique du modèle en étude, la réduction est très importante d'une valeur de 10 Kwh/m².an, par contre l'atrium allongé de forme rectangulaire ne marque pas un effet significatif

Selon notre cas d'étude, il est recommandé de concevoir des atriums carrés et centrés lors de la conception des bâtiments.

**4.7 La forme :**

Pour effectuer des simulations envisageant la forme du modèle, on a gardé un volume fixe de 64m³ et une hauteur fixe de 4m, et on a changé la géométrie de la forme : carré, rectangle, forme de L, forme de U, forme de croix.

Le coefficient de la forme est calculé en fonction du rapport entre la surface extérieure exposée et la surface totale.

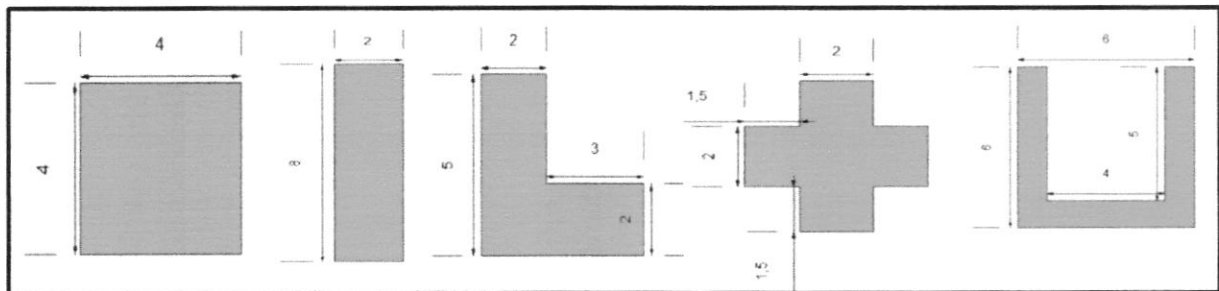


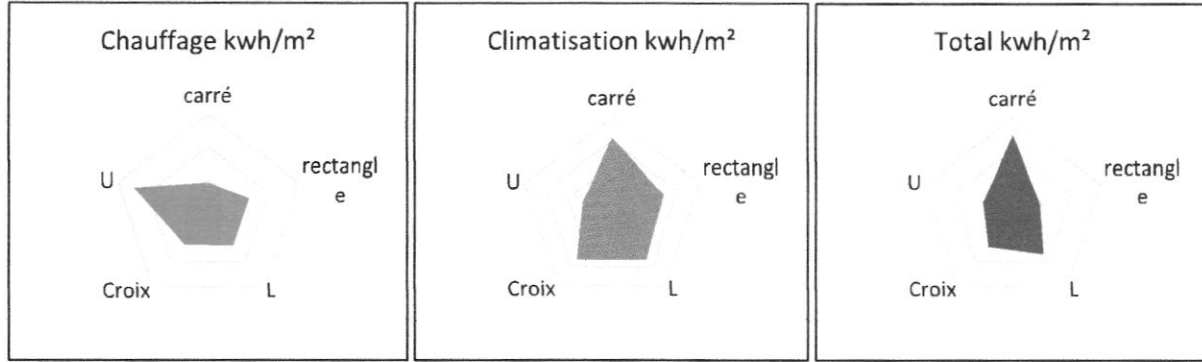
Figure II. 29 : les formes de simulations (Source: auteur 2017)

**4.7.1 Résultats :**

(Cf)	0.6	0.75	0.625	0.625	0.73
Forme	Carré	Rectangle	L	Croix	U
Chauffage Kwh/m²	55.67	54.47	58.38	58.297	53.297
Climatisation Kwh/m²	32.93	23.32	29.4	29.577	24.577
Total Kwh/m²	88.61	77.8	87.78	87.874	77.87

Tableau 19: Consommation énergétique du modèle avec changement de sa forme calculée par simulation sur Ecotect (Source: auteur 2016)

**4.7.2 Graphes :**



**4.7.3 Discussion :**

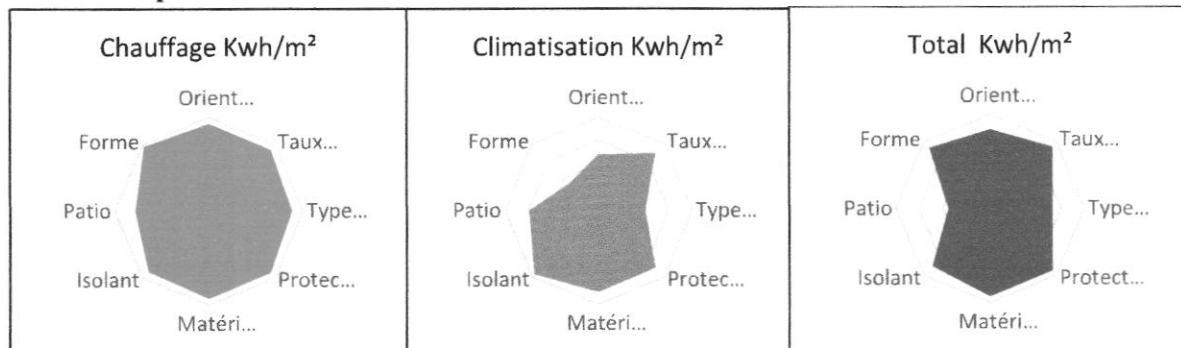
Selon les simulations de Ecotect, plus le coefficient de forme augmente, plus la consommation est réduite, donc il est recommandé d'utiliser des formes allongées telles que le rectangle, les formes compliquées et moins compactes sont aussi acceptables, par contre la forme carrée est la moins performante

**4.8 Synthèse :**

	Orientation	Taux de vitrage	Type de vitrage	Protection solaire	Matériaux	Isolant	Atrium	Forme
	N-S	10%	D U1.5	Aucun	Brique	e=5cm	Carré	Rectangle
Chauffage Kwh/m²	58.2	55,67	53,2	55,67	55,67	24,46	46,88	58.38
Climatisation Kwh/m²	29.25	32,93	30,0	32,93	32,93	15,95	31,94	29.40
Total Kwh/m²	87.45	88,61	83,3	88,61	88,61	87,34	40,41	77.8

Tableau 20: consommation énergétique des meilleures configurations pour chaque dispositif (Source: auteur 2016)

**4.8.1 Graphes :**

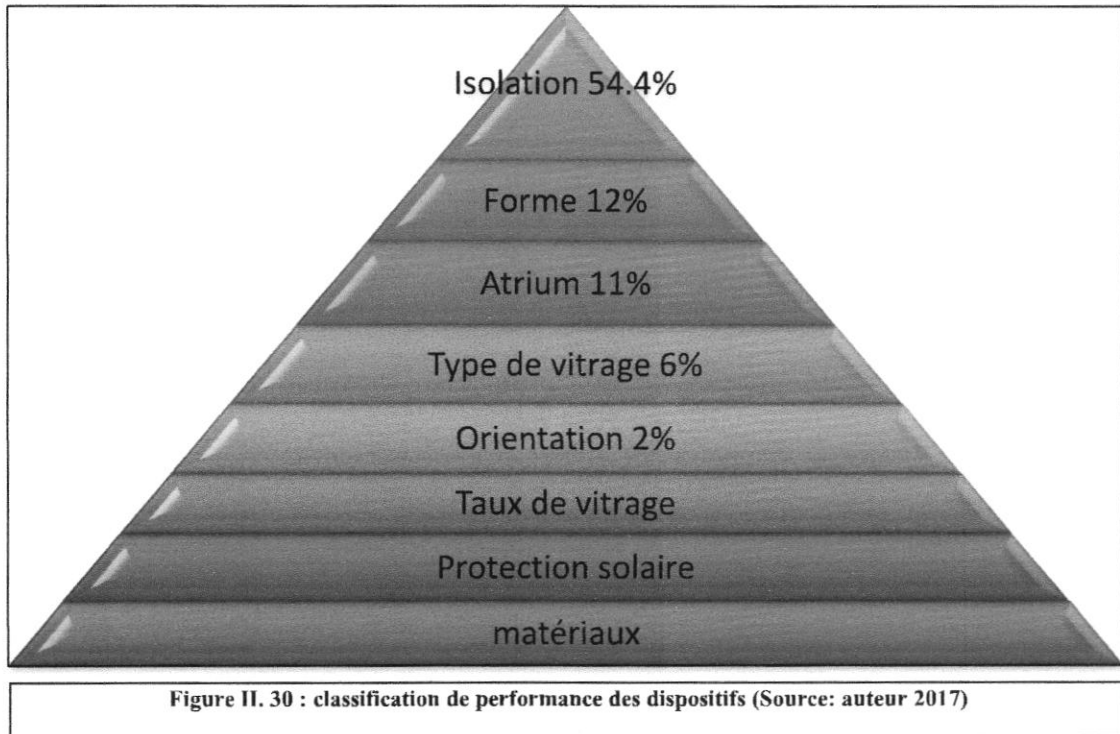


**4.8.2 Discussion :**

Par rapport au modèle primaire, le changement des matériaux, taux de vitrage et l'emploi des protections solaire entraine l'augmentation de la consommation, donc les meilleurs choix pour ces

configurations sont bien les configurations primaires : la brique comme matériau de construction, un vitrage de 10% de la surface de la façade et éviter les brises soleil fixes sur le coté sud.

Cependant, le changement des autres configurations marque une amélioration de performance de différentes importances, où la plus importante est celle de l'isolation des parois qui réduit jusqu'à 54.4% de la consommation annuelle.



## 5 Recherche thématique (habitat semi-collectif) :

### 5.1 Généralité :

#### 5.1.1 Définitions :

- Le mot « habitat » vient du latin « habitus », habitude et implique l'idée d'une certaine permanence, d'un lieu nécessitant le temps pour y avoir des habitudes. L'Encyclopedia Universalis donne cette définition de l'habitat : « L'habitat n'est pas qu'un toit-abri, foyer ou logis, mais un ensemble socialement organisé. Il permet à l'homme de satisfaire ses besoins physiologiques, spirituels et affectifs ; il le protège des éléments hostiles et étrangers. Il lui assure son épanouissement vital. L'habitat intègre la vie individuelle et familiale dans les manifestations de la vie sociale et collective » (Benzaoui-Amel, 2014, p18).

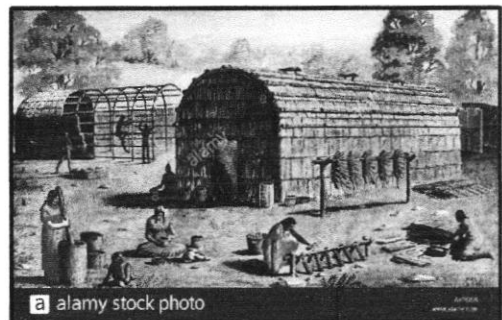


Figure II.31 : habitation amérindienne (source: amiréindenn.e.monsite.com)

- La forme, l'aspect, la disposition des habitats divers, reflets des sociétés qui les ont édifiés, résultent de facteurs géographiques (climat, nature du sol, relief...) et, surtout, de facteurs socioculturels (besoins fondamentaux de la vie quotidienne, économie, religion)<sup>9</sup>

### 5.1.2 Type de logement :

Il existe 3 type de logement :

- Habitat Individuel : On entend par habitat individuel, un habitat ou du sol au ciel tout vous appartient, ou l'on possède, prise entre deux murs, une tranche de construction qui repose directement sur le sol, et sur laquelle rien n'est posé d'autre que son propre toit. (ELEB-VIDAL, 1990, P.16-17)



Figure II.32: maison individuel (source: media.comprendrechoisir.com)

- Habitat Collectif : L'immeuble par opposition à l'habitat intermédiaire est donc une construction dont la hauteur est supérieure à trois niveaux, dont les accès sont collectifs, et qui plutôt que des terrasses propose parfois des balcons, parfois aucun espace extérieur privé. (ELEB-VIDAL, 1990, P.23)



Figure II.33: habitats collectifs (Source: archicontemporaine.org)

- Habitat intermédiaire (semi-collectif)<sup>10</sup> : Le 9 août 1974, une circulaire de la Direction de la Construction définissait « l'habitat social intermédiaire » par la possession d'un accès individuel, d'un espace extérieur privatif égal au quart de la surface du logement et d'une hauteur maximale rez-de-chaussée plus trois étages avec mitoyenneté horizontale ou verticale, à noter aussi que les espaces communs sont réduits et conçus pour une gestion peu coûteuse. Toutefois, cette définition n'est pas totalement pertinente.

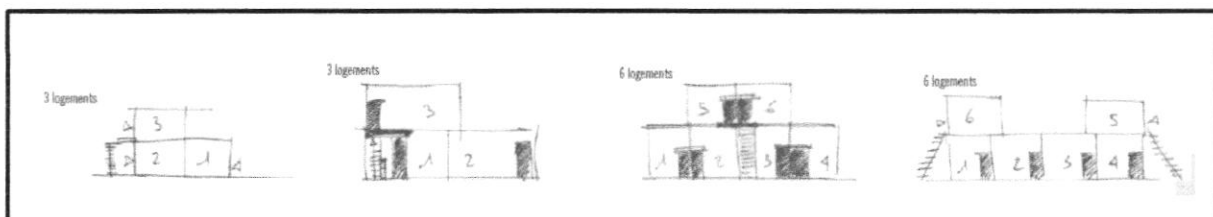


Figure II. 34: exemples de composition de logements (source: :AUDIAR, 2008)

Il s'agit véritablement d'une forme urbaine à part entière, pouvant répondre de manière judicieuse à l'économie de foncier que d'aucuns souhaitent réaliser. L'erreur la plus fréquente consiste à l'imaginer comme un mixte entre individuel et collectif. Cet habitat se présente

<sup>9</sup> Source : <http://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/habitat/57164#P1ZEplWpJLQZCfbx.99>

<sup>10</sup> Source : l'habitat intermédiaire ADEUS décembre 2004

comme une nouvelle forme d'habitat soucieuse d'économiser l'espace naturel, en incitant à l'utilisation de parcelles réduites avec des formes urbaines adaptées. (-ADEUS2004-p7)

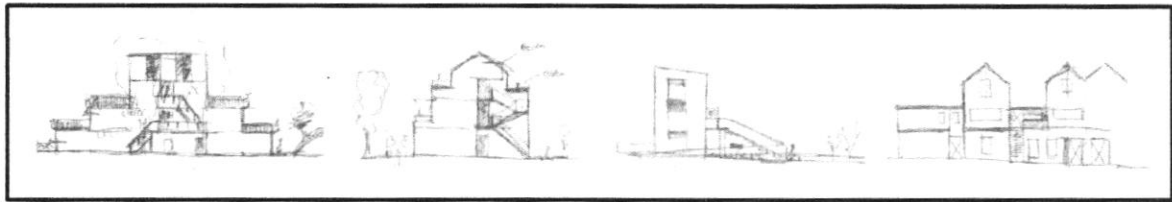


Figure II.35: exemples de formes d'assemblage ( source: :AUDIAR, 2008)

### L'espace :

Celui-ci se doit être appropriable par les habitants, que ce soit par la présence de jardins, de terrasses ou de larges balcons, ou encore d'une entrée individuelle. Il doit offrir aux habitants un espace d'individualité.

### La densité :

La densité de référence est de 50 logements à l'hectare (soit environ 100 à 150 habitants à l'hectare). Néanmoins, cette densité est à relativiser dans les faits., dans de nombreux exemples de, qu'elle était plutôt comprise dans une large fourchette allant de 20 à 80 logements à l'hectare. Il est donc plus judicieux de raisonner en termes de nombre de logements par unité construite.

Une forte densité peut permettre l'installation de services urbains, publics et privés, mais aussi d'équipements et de transports en commun. Toutefois, il s'agit de trouver «la bonne densité», car si cette dernière est trop importante ou mal répartie, elle engendre un sentiment d'oppression chez les habitants.

### La forme urbaine :

Elle doit permettre, avec des bâtiments d'une hauteur maximale de quatre niveaux (R+3) une densification et une bonne intégration de l'opération, tant architecturalement qu'esthétiquement.

Pour les habitants, qu'ils soient d'origine urbaine ou rurale, l'habitat intermédiaire propose un espace où la vie privée est valorisée et où les services de proximité dont ils ont besoin ne sont pas trop éloignés (lorsque l'importance ou la proximité d'un centre bourg ou d'un centre urbain le permet). L'habitat intermédiaire est une forme d'habitat qui participe à la création de lieux de proximité.

#### **5.1.3 L'habitat semi-collectif :<sup>11</sup>**

L'enjeu de l'habitat intermédiaire est l'ensemble des avantages qu'il représente : avantages d'un habitat individualisé d'un côté et les avantages d'une densité plus élevée d'un autre.

- Une meilleure insertion urbaine :
  - Un rôle de couture urbaine.
  - Implantation du bâti déterminée par le stationnement.
  - Des îlots composés de bâtiments différents.
  - Forme urbaine appropriable.

<sup>11</sup> Source : Les nouvelle forme urbaine de la ville archipel-composition urbaine, AUDIAR, 2008

- Une densité plus forte.
- Des typologies plus variées.
- Des logements avec des volumes originaux :
  - De l'habitat semi-collectif à la maison appartement.
  - Des possibilités d'imbrication nombreuses.
- Une architecture particulière :
  - Des logements plus confortables (pièces plus spacieuses, rangements nombreux, distribution sur plusieurs niveaux).
  - Des logements qui peuvent évoluer.
- Des espaces extérieurs de qualité :
  - Un appartement avec jardin.
  - Des espaces privatifs multiples.
  - Une intimité préservée.
  - Des espaces communs à valoriser.
  - Des facilités de stationnement (sous-sol ou garage).
  - Des accès personnalisés (escaliers extérieurs/intégrés au bâti, coursives et perrons, accès directs).
- Enjeu de mixité :
  - Diversité sociale.
  - Mixité urbaine.

## **5.2 Analyse d'exemples :**

## 5.2.1 EXEMPLE 01 : Berges de l'Hyères à Chambéry :

### 4.2.1.1 Fiche technique :

- Maître d'ouvrage : OPAC de Chambéry
- Maître d'œuvre : PATEY Architectes
- Programme : 85 logements locatifs aidés
- Densité : 68 logements/ha
- Densité bâtie nette : 1,27
- Coût construction hors honoraires, foncier et VRD : 1008 € HT/m<sup>2</sup> de SHON
- Coût total : 1554 € HT/m<sup>2</sup> de SHON

### 4.2.1.2 Situation géographique :

Le projet se situe dans la commune de Cognin, département de la Savoie fait partie de l'agglomération chambérienne et de Chambéry



Figure II.36 : plan de situation du projet

### 4.2.1.3 Principes d'implantation :

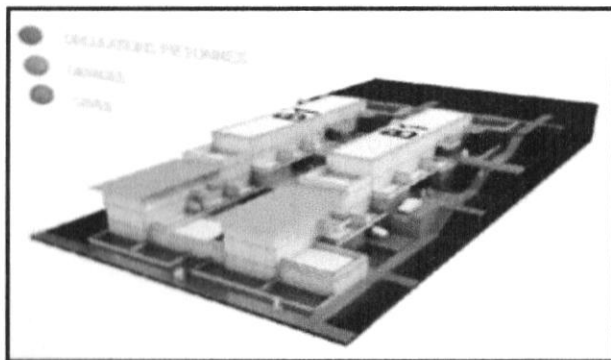


Figure II.37 : 3D d'une partie de l'opération

L'implantation en « U » des trois bâtiments répond à plusieurs intentions :

- La topographie complexe du site n'est pas subie mais utilisée (inscription des bâtiments dans la pente)
- Les ruelles horizontales de desserte des nappes de parkings et un chemin piéton suivent les courbes de niveau sur l'axe nord/sud s'installent dans la pente
- Les cheminements piétons avec escaliers traversent perpendiculairement la pente est/ouest et assurent des percées visuelles sur le parc et les berges de l'Hyères.

### 4.2.1.4 Principes HQE :

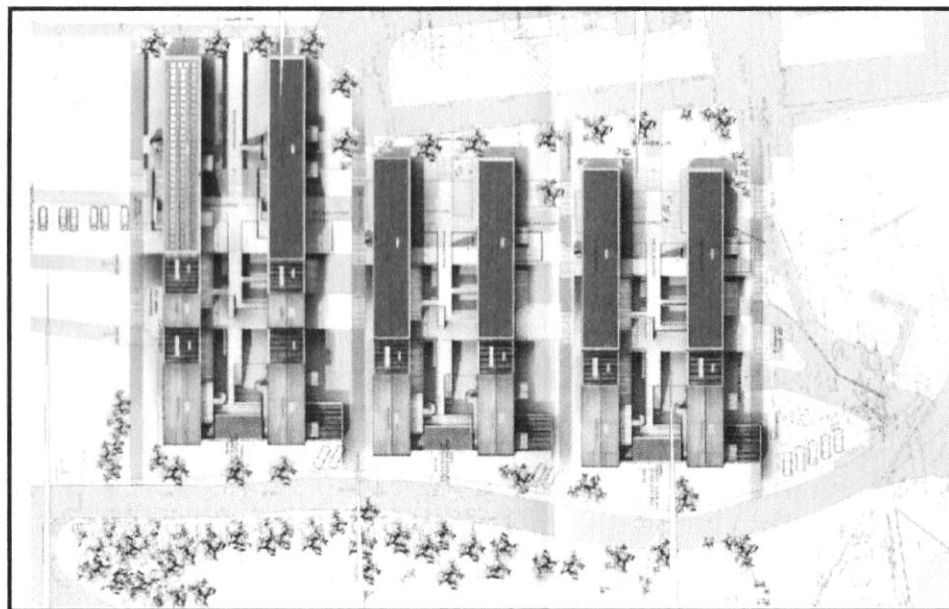
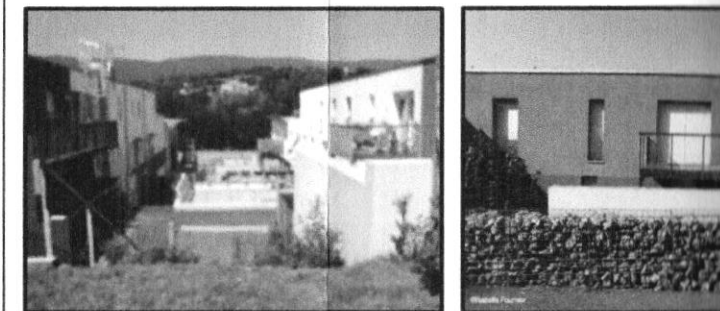


Figure II.39 : plan de masse de l'opération

- Logements traversant nord/sud permettant une bonne ventilation.
- Respect des logements existants à proximité (ensoleillement et vues préservés)
- Chauffage urbain et eau chaude solaire
- Isolation extérieure et traitement des ponts thermiques
- Forte inertie de l'enveloppe pour le confort thermique

### 4.3.1.5 Principes constructifs :



- Des organes structurels villageois
- Accès à des logements
- Surfaces de façades thermiquement traitées des ponts
- Des constructions évocatrices

#### 4.2.2.1 Situation :

Le projet se trouve sur la rue Maupas commune de Cognin, département de la Savoie, Chambéry métropole



Figure II.41 : plan de situation du projet

#### 4.2.2.2 Plan d'ensemble :

Le projet Lodge est une série qui se compose de 4 typologies de bâtiment, chacune est basée sur un module "le modulodge" éléments se superposent, se combinent, se juxtaposent ce qui autorise de multiples compositions urbaines

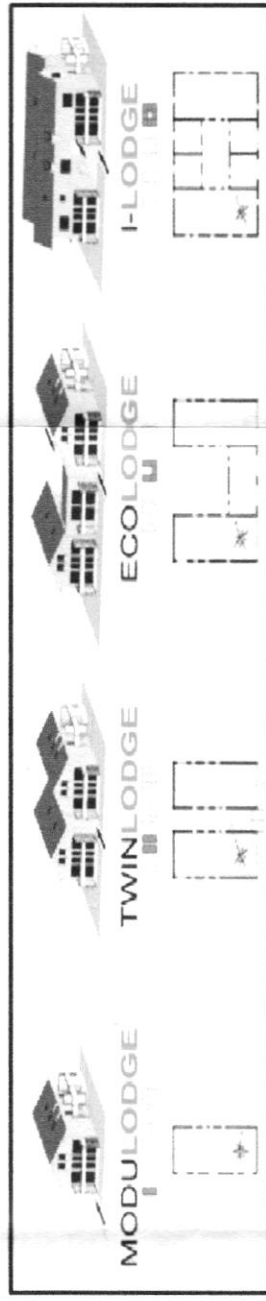


Figure II.42 : les typologies de composition du projet

#### 4.2.2.3 Modulodge :

C'est le module de base de la Série Lodges, grâce à un principe de combinaison/juxtaposition. Il varie de composition (de T1 au T5)

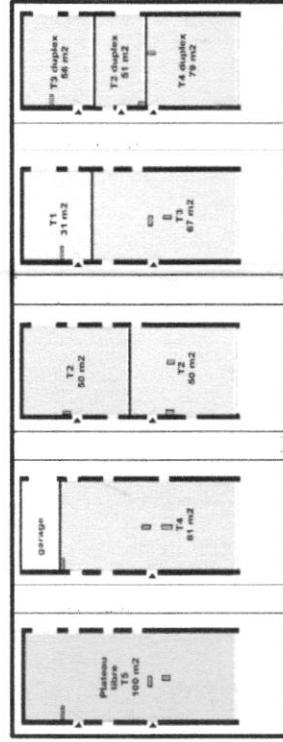


Figure II.43 : les plans des appartements du modulodge

#### 4.2.2.4 Twinlodge :

Le Twinlodge est un bâtiment composé de 2 Modulodges juxtaposés et reliés par une coursive centrale ouverte ou fermée. L'accès se fait par l'amont ou l'aval, les stationnements sont en sous-sol. Les hauteurs s'adaptent en souplesse aux règles du PLU.

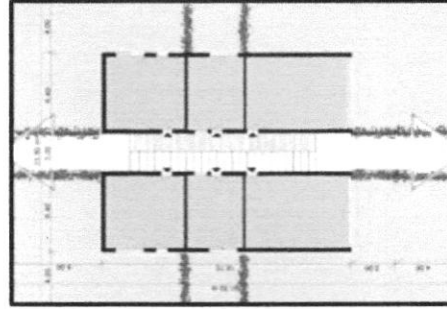


Figure II.46 : plan du twinlodge

#### 4.2.2.5 Ecolodge :

L'Ecolodge est un îlot en U composé de 2 Modulodges reliés par un module de liaison, créant un patio qui distribue les loges traversants. L'accès se fait par l'amont ou l'aval, les stationnements sont en sous-sol.

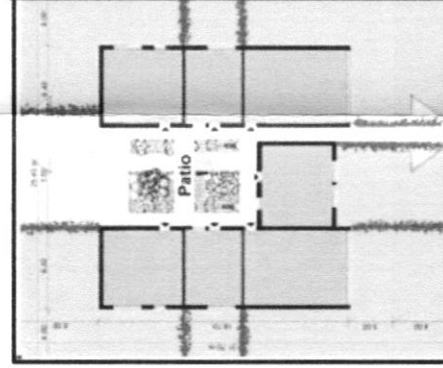


Figure II.49 : Plan de l'ecolodge

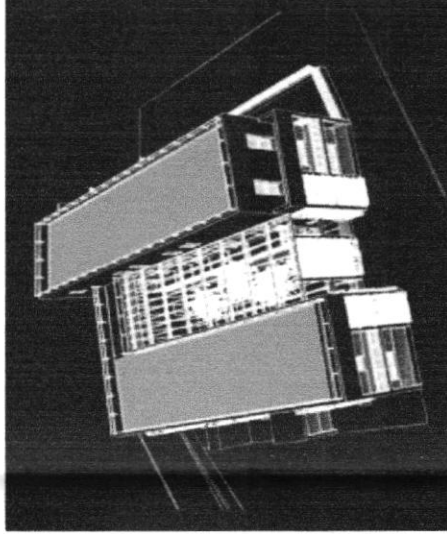
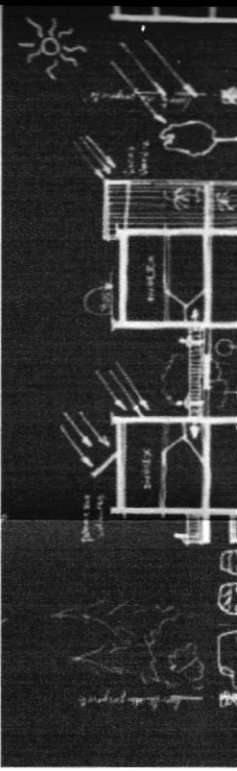


Figure II.47 : 3D du twinlodge

Figure II.44 : les différentes composition de logements





#### 4.2.2.6 L'I-Lodge

L'I-Lodge est un îlot composé de 4 Modulodges reliés et organisés autour d'un patio qui distribue des duplex traversants ; chaque logement dispose d'un jardin ou d'une terrasse végétalisée. L'I-Lodge offre les avantages de la maison individuelle dans de l'habitat groupé.

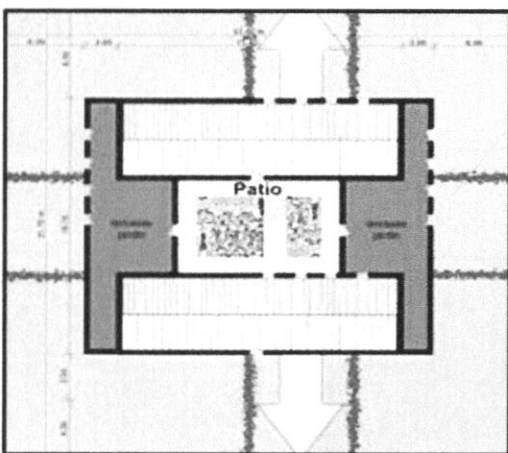


Figure II.52 : plan de l'I-lodge

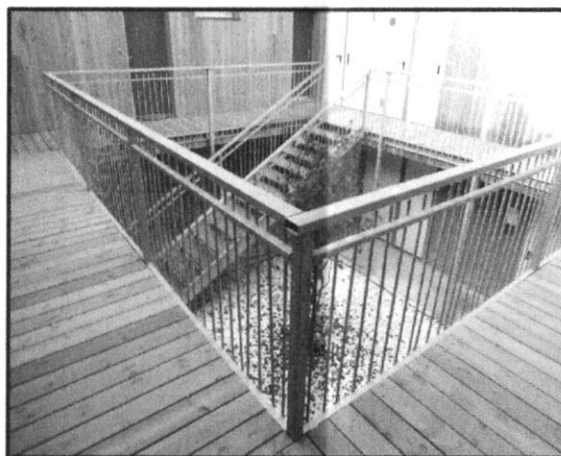


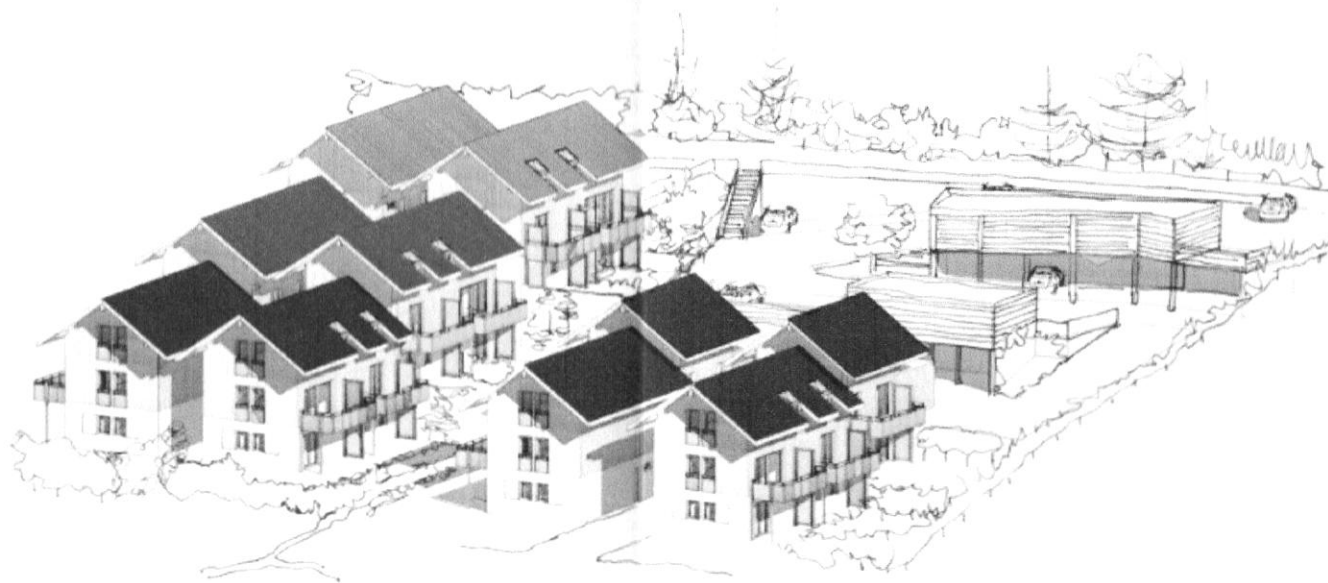
Figure II.53 : vue du centre de l'I-Lodge



Figure II.54 : vue d'extérieur de l'I-lodge

#### Conception :

- Liberté de répartition des types de logements de T1 à T5.
- Module de 5.7\*18m
- Hauteur de 6.5 à 7.2m
- Absence de murs de refend
- Ouvertures/baies sur 3 façades
- Orientation privilégiée au sud
- Valorisation des terrains en pente
- Volume compact
- Locaux partagés
- Annexes intégrées dans le prolongement de la construction (balcons, terrasses,



#### Energie :

- Production énergétique par panneaux photovoltaïques
- Confort thermique hiver/été (balcons et pare soleil)
- Minergie ou BBC (isolation extérieure renforcée)
- Balcons et coursives désolidarisés de la structure
- Triple vitrage
- Protection solaire par volets roulants isolants
- Ventilation hydro-réglable à double flux
- Réduction de la consommation du CO2
- Bornes de recharge pour vélos électriques

#### Biodiversité et intégration paysagère :

- Coulées vertes entre les bâtiments

#### Ecologie :

- Toiture végétalisée

#### Qualités

- Logements variés : types, formes, tailles, niveau de confort, jardin, balcons, extérieur

### 5.3 Synthèse :

D'après l'analyse des deux exemples précédents, on a pu extraire des recommandations qui agissent sur les deux plans conceptuel et écologique

1. Sur le plan conceptuel : il est recommandé de :
  - Profiter de la pente en cas de sa présence et inscrire le bâtiment dans son terrain.
  - Les ruelles, les nappes de parking et les chemins piétons doivent suivre les courbes de niveau.
  - Les chemins piétons avec escaliers traversent perpendiculaires la pente.
  - Contrôle du vis-à-vis.
  - Les logement semi collectifs bénéficient des accès individualisés.
  - Espaces privatifs extérieur pour chaque logement (jardin ou balcon).
2. Sur le plan écologique et énergétique :
  - Isolation des parois par l'extérieur et traitement des ponts thermiques.
  - Forte inertie de l'enveloppe avec triple vitrage.
  - Utilisation des protections solaires de tous types : balcons, stores, pare soleil, volets roulants, ...etc.
  - Toiture végétalisée.
  - Coulées vertes entre les bâtiments et clôtures bocagères.
  - Stationnement en Evergreen.
  - Ventilation hydro réglable à double flux.
  - Chauffage urbain et eau chaude solaire.
  - Panneaux photovoltaïques.
  - Réduction de consommation d'eau potable et récupération des eaux de pluies.
  - Gestion des déchets et tri sélectif.

## 6 Conclusion :

Dans ce chapitre, on a pu découvrir les éléments les plus importants qui concernent l'architecture bioclimatique

La conception bioclimatique consiste en réalité à trouver un équilibre entre les dispositifs conceptuels et les stratégies bioclimatique qui servent par la suite à améliorer le confort thermique aussi bien que la consommation énergétique.

Dans la dernière partie du chapitre, les exemples nous ont montré comment intégrer les dispositifs et les stratégies déjà vu dans l'habitat, précisément l'habitat intermédiaire.

# **CHAPITRE 3**

## **LE PROJET**

## 1 Introduction :

Dans ce chapitre, on va explorer les potentialités du site choisi, pour l'exécution de notre projet, y compris le climat qui va nous déterminer le confort nécessaire à notre site. Ce dernier va nous aider à employer les stratégies déjà étudiées dans le chapitre précédent, et les dispositifs adéquats dans le cadre d'amélioration de performance énergétique et réduction de consommation de chauffage et de climatisation.

## 2 Présentation du site d'intervention :

### 2.1 Contexte régional :

#### 2.1.1 La wilaya de Blida :

La Wilaya de Blida se situe dans la partie Nord du pays dans la zone géographique du Tell central. Elle est limitée au nord par les wilayas d'Alger et Tipaza, à l'ouest par la Wilaya de Ain Defla, au sud par la Wilaya de Médéa à l'est par les Wilayas de Bouira et de Bouverdes.



Figure III.1: Situation géographique de la wilaya de Blida (Source: la DUCH )

#### 2.1.2 Le grand Blida : :

Situé à près de 50 Kms de la wilaya d'Alger, le territoire du grand Blida est limité :

- Au Nord : par les communes d'Oued El Alleug, Béni Tamou, et Ben Khelil.
- A l'Est : par les communes de Boufarik, Guerrouaou, Soumaa et Chréa.
- Au Sud : par la grande chaîne de montagne de l'Atlas Blidéen ainsi que par la wilaya de Médéa.
- A l'Ouest : par la commune de la Chiffa.

Blida fût classée Chef-lieu de commune de plein exercice le 15 Avril 1848. Elle comprenait alors quatre secteurs urbains éparpillés à travers son territoire :

1. Joinville (actuellement centre de Zabana)
2. Dalmatie (actuellement commune d'Ouled Yaich)
3. Mont-Pensier (actuellement centre de Ben-Boulaid)
4. Beni-Mered (actuellement commune de Béni Mered)
5. La commune de Chréa. (Selon le découpage administratif de 1984)

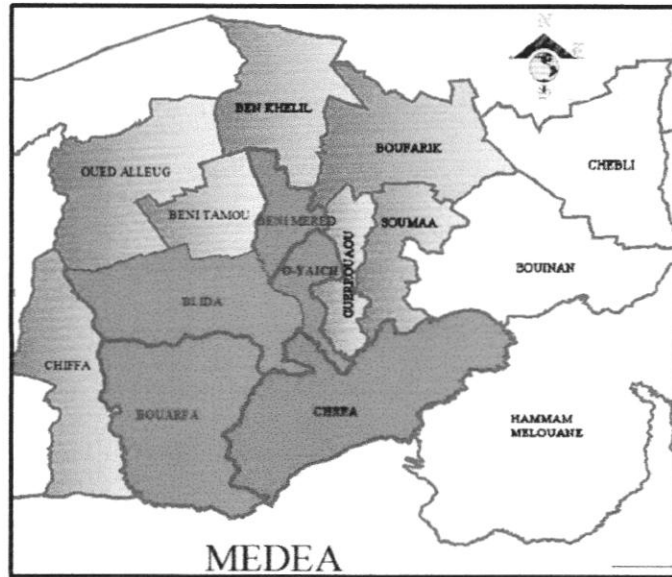


Figure III.2: Le grand Blida (Source: la DUCH)

Blida est devenue un grand centre administratif industriel, commercial, Militaire, universitaire, de recherches scientifiques, sportives, et sanitaires. Blida avec ses offres de services dépasse ses limites administratives pour atteindre ou dépasser les wilayas limitrophes

## 2.2 Contexte communal :

### 2.2.1 Situation :

La commune d'OULED YAICH s'étend sur une superficie de 1 933ha. Elle est limitée administrativement par :

- Beni Mered au Nord
- Guerrouaou et Soumaa à l'Est
- Chrea au Sud
- Blida à l'Ouest

### 2.2.2 Accessibilité :

L'accessibilité à la commune de Ouled Yaich se fait par :

- La route nationale (R.N) n°1 permettant la liaison Alger-Blida-Oran.
- Le chemin de wilaya (C.W) n°109 qui relie Tipasa à Blida.
- Le chemin de wilaya (C.W) n° 60 qui relie Oued El Alleug à Blida.
- Le chemin de wilaya (C.W) n° 143 qui relie Soumaa à Blida
- La route nationale (R.N) n° 29 qui relie bouinan à Blida

Elle est aussi traversée par :

- L'autoroute Est-Ouest qui représente un vrai évitement du Grand Blida.
- La ligne du chemin de fer Blida-Alger.

### 2.2.3 Structuration de la commune :

Cette commune se subdivise en deux zones distinctes : La zone urbaine et la zone montagneuse.

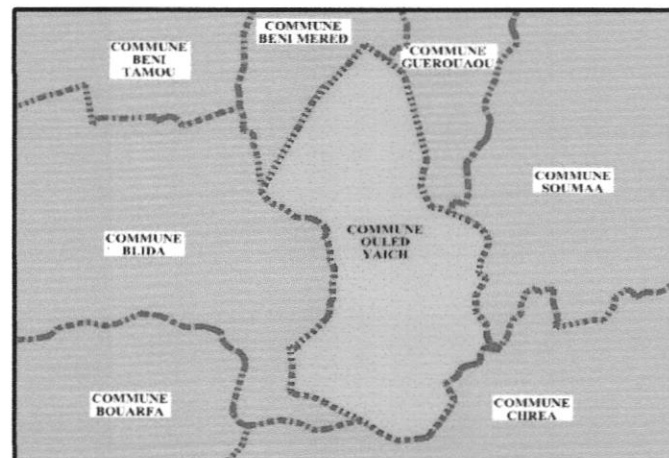


Figure III.3: Situation de la commune de O.Y (Source: la DUCH)

- Surface de la zone urbaine = 972 ha → 50,3 %
- Surface de la zone montagneuse = 961 ha → 49,7 %

## 2.3 Présentation du périmètre d'étude :

### 2.3.1 Situation :

Le périmètre d'étude fait référence au territoire du P.O.S C5 tel que défini dans le P.D.A.U du grand Blida. Le POS C5 se trouve à l'est de la commune, il s'étend sur une superficie de 50 ha et est traversé par la route nationale 29.

Il est limité par :

- POS C4 et C3 au sud
- POS C15 à l'ouest
- POS N1 ferme expérimentale au nord
- POS C8 à l'est

### 2.3.2 Analyse du site d'intervention :

#### 2.3.2.1 Situation :

Le site se trouve dans la partie sud du POS C5.

Il est occupé par des habitations précaires qui ont commencé à se développer depuis l'an 2000.

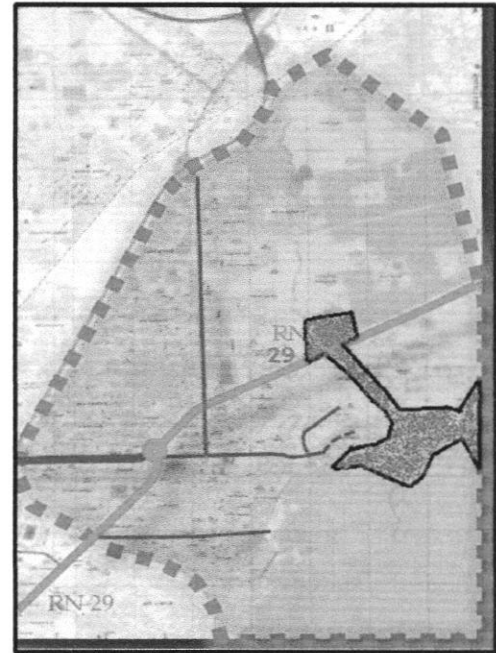


Figure III.4: situation du POS (source: la DUCH)



Figure III.5: développement du site au cours des années (Source: auteur 2017)

#### 2.3.2.2 Limites et accessibilité :

Le site est accédé par une voie secondaire reliant le site avec la route nationale N°29.

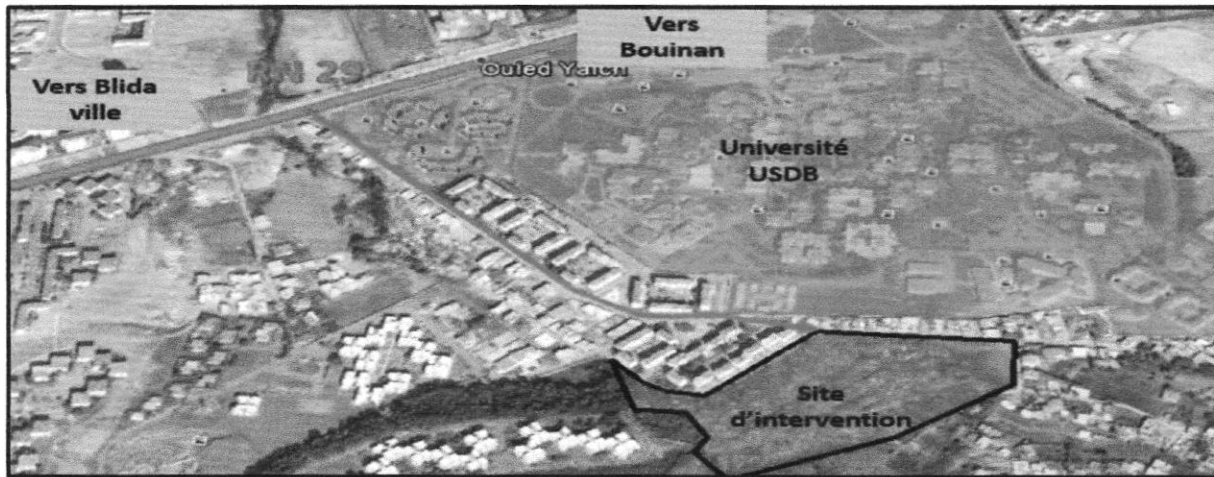


Figure III.6: accessibilité au site d'intervention (Source: auteur 2017)

Ce site est entouré de logement de différents types : individuels et collectifs, il se situe à la proximité de l'université USDB qui est considérée un grand équipement et un centre éducatif et culturel.

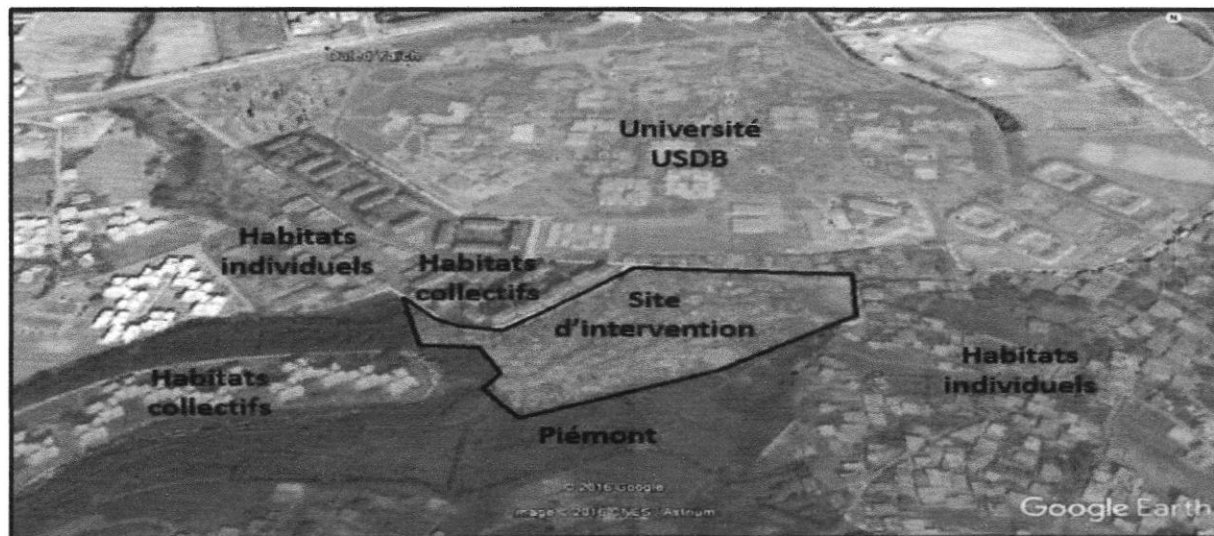


Figure III.7: carte d'environnement immédiat du site d'intervention (Source: auteur 2017)

### 2.3.2.3 Morphologie :

Le site couvre une surface de 7 hectares, il est de forme irrégulière, il s'intègre dans le paysage naturel du côté sud.

C'est un terrain accidenté avec des pentes de différentes directions, orientées vers le nord. Il est inscrit entre les courbes de niveau 200m et 250m

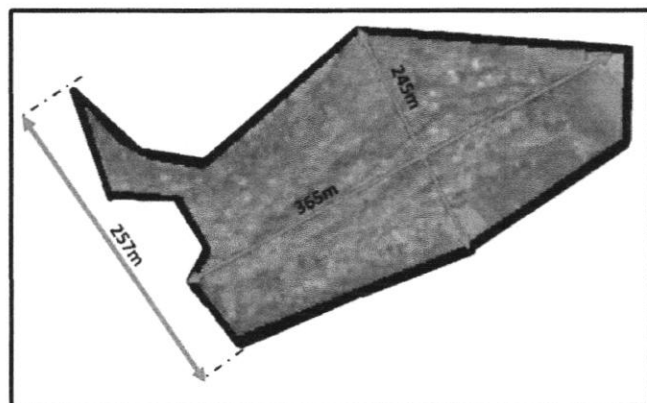
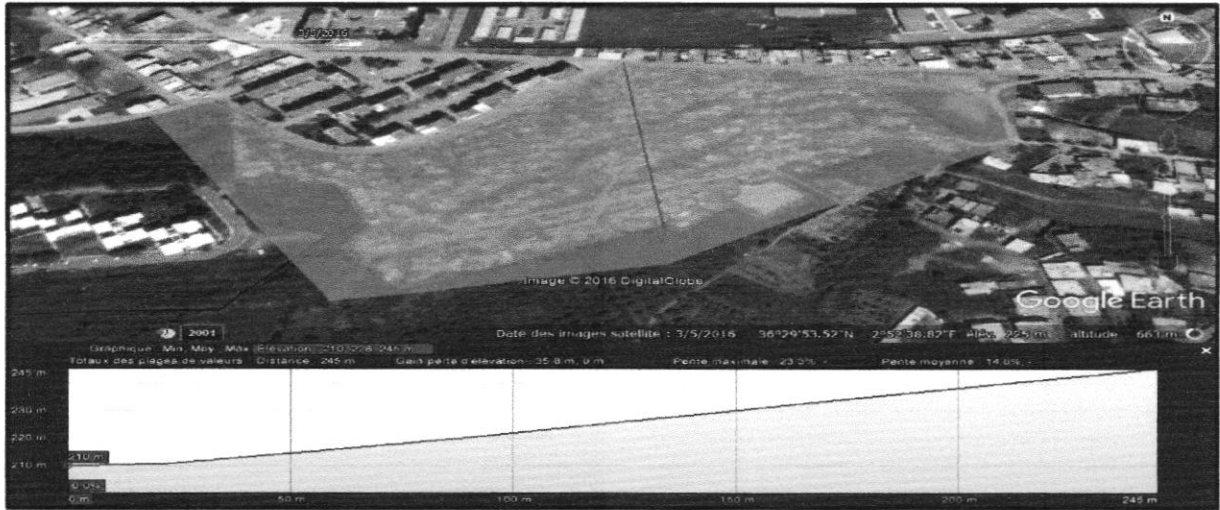


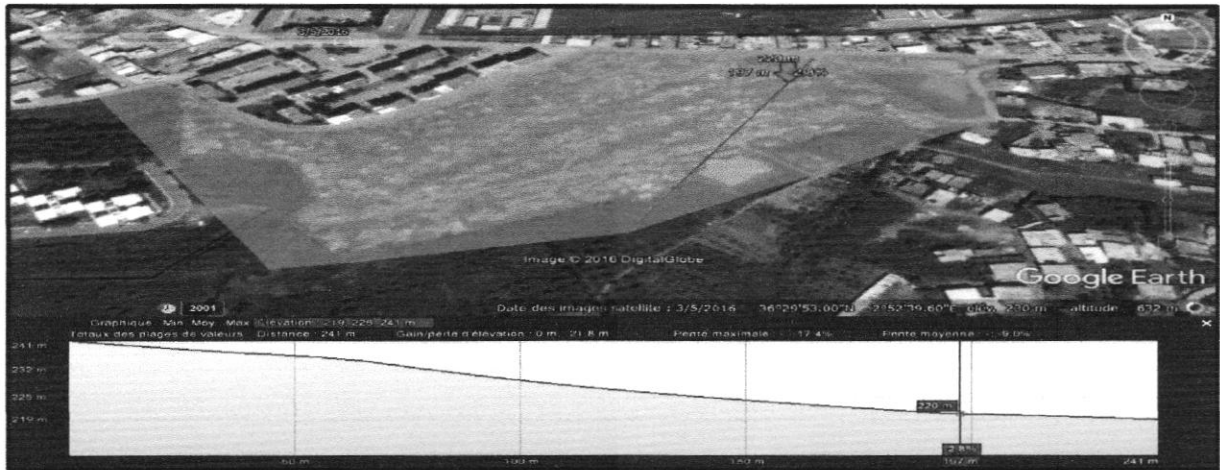
Figure III.8: limites du site (Source: auteur 2017)

Les coupes suivantes montrent la direction et le pourcentage de la pente :

- Coupe 1 : la pente est de 14.2%



- Coupe 2 : pente de 9.1%



- Coupe 3 : pente de 12.9%





- Synthèse :

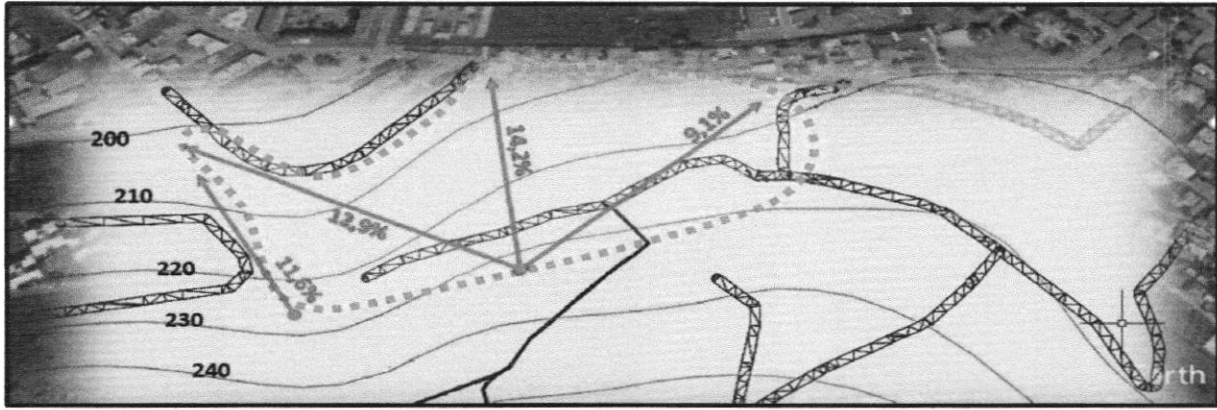


Figure III.12 : courbes de niveaux projetées sur le terrain (Source: auteur 2017)

2.3.3 Analyse climatique :

2.3.3.1 Température :

La période du chaud dure du 30 Mai au 21 Septembre avec une moyenne de température maximale égale à 40°C, le jour le plus chaud de l'année est le 12 juillet avec un maximum de 46°C et un minimum de 31°C

La période du froid dure du 23 Novembre au 25 Février et la température moyenne maximale est de 25°C. Le jour le plus froid est le 22 janvier avec un max de 22°C et un minimum de 8°C.

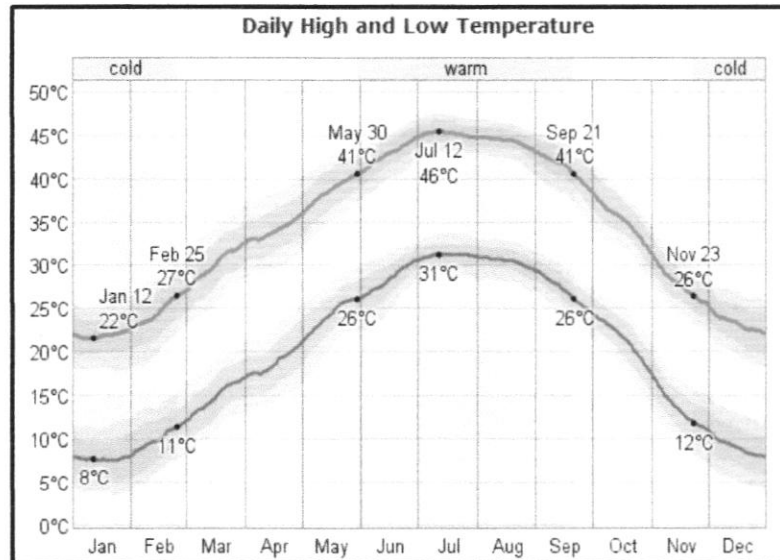


Figure III.13: Température annuelle de la wilaya de Blida (Source: weather spark beta 2017)

2.3.3.2 Humidité :

L'humidité relative varie entre 10% et 65% durant l'année. Elle est rarement moins de 9% ou supérieure à 87%.

L'air la plus sèche est du 29 juin où l'humidité est de 10%, et le jour le plus humide est le 21 janvier dépassant les 65%.

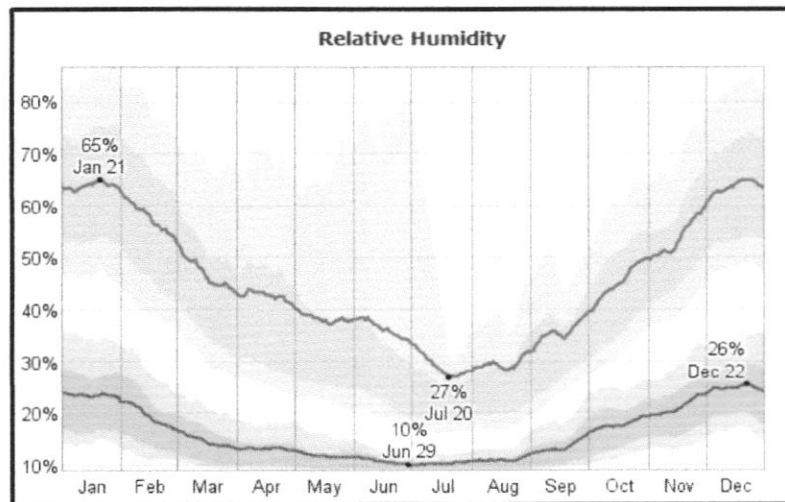


Figure III.14: humidité relative de la wilaya de Blida (Source: weather sparkbeta 2017)

**2.3.3.3 Précipitation :**

Les précipitations de Blida marquent une variation saisonnière importante.

La période humide dure 285 jours de l'année, du 30 Aout au 11 Juin, dont les précipitations minimales sont de 13mm durant 31 jours. Les jours les plus humides sont les 31 jours autour du 3 Décembre avec un total cumulé de 60mm

La période sans précipitations dure 80 jours du 11 Juin au 30 Aout et le jour le plus sec est le 21 juillet avec un cumul total moyen de 2mm

Ces précipitations sont sous différentes formes : soit pluie seule de différents degrés, soit neige, soit les deux, ensemble, le graphe ci-contre montre le taux de chaque type de précipitation.

**2.3.3.4 Les vents :**

La période ventilée de l'année dure 182 jours du 28 Octobre au 28 Avril avec une vitesse supérieure à 3.7kph dont la plus grande vitesse est marquée le 24 Décembre avec 7.7kph

Les jours calmes de l'année dure 183 jours du 28 Avril au 28 Octobre, le jour le plus calme est le 12 Aout avec une vitesse moyenne de 5.9kph.

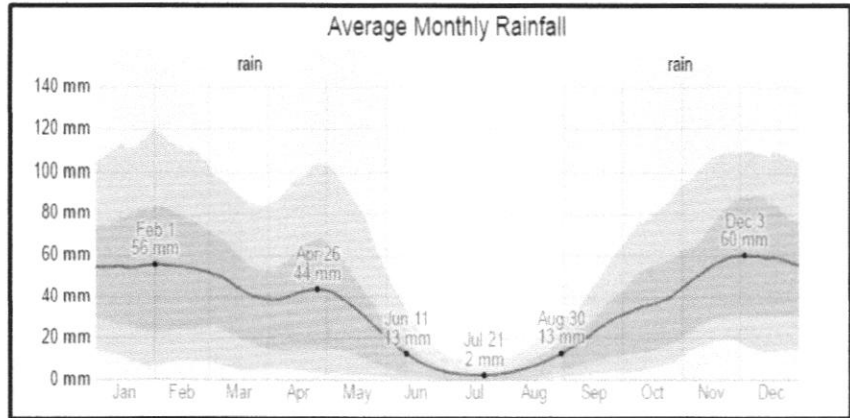


Figure III.15: moyenne de précipitations annuelles de la wilaya de Blida (Source: weather spark 2017)

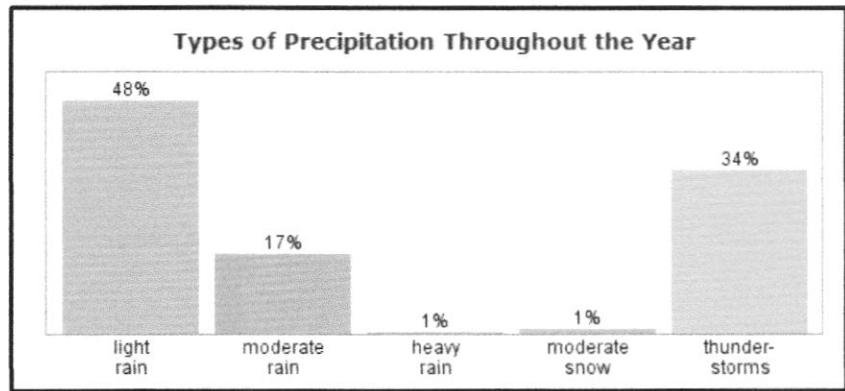


Figure III.16: types de précipitation annuelle pour la wilaya de Blida (Source: weather spark beta 2017)

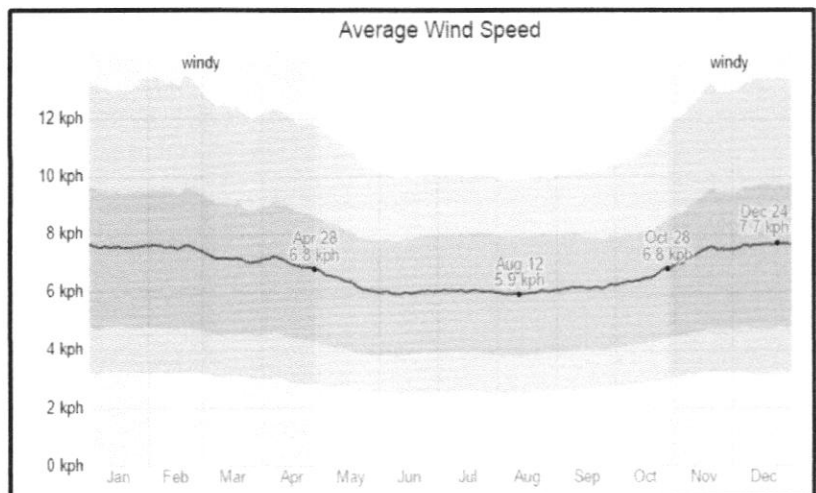


Figure III.17: vitesse moyenne des vents à Blida (Source: weather spark 2017)

La rose des vents ci-dessous montre les directions du vent dans la zone où les vents NNE sont les plus dominants et les vents de l'est sont les plus faibles, par contre, les vents les plus forts avec une vitesse supérieure à 38km /h sont les vents de l'ouest.

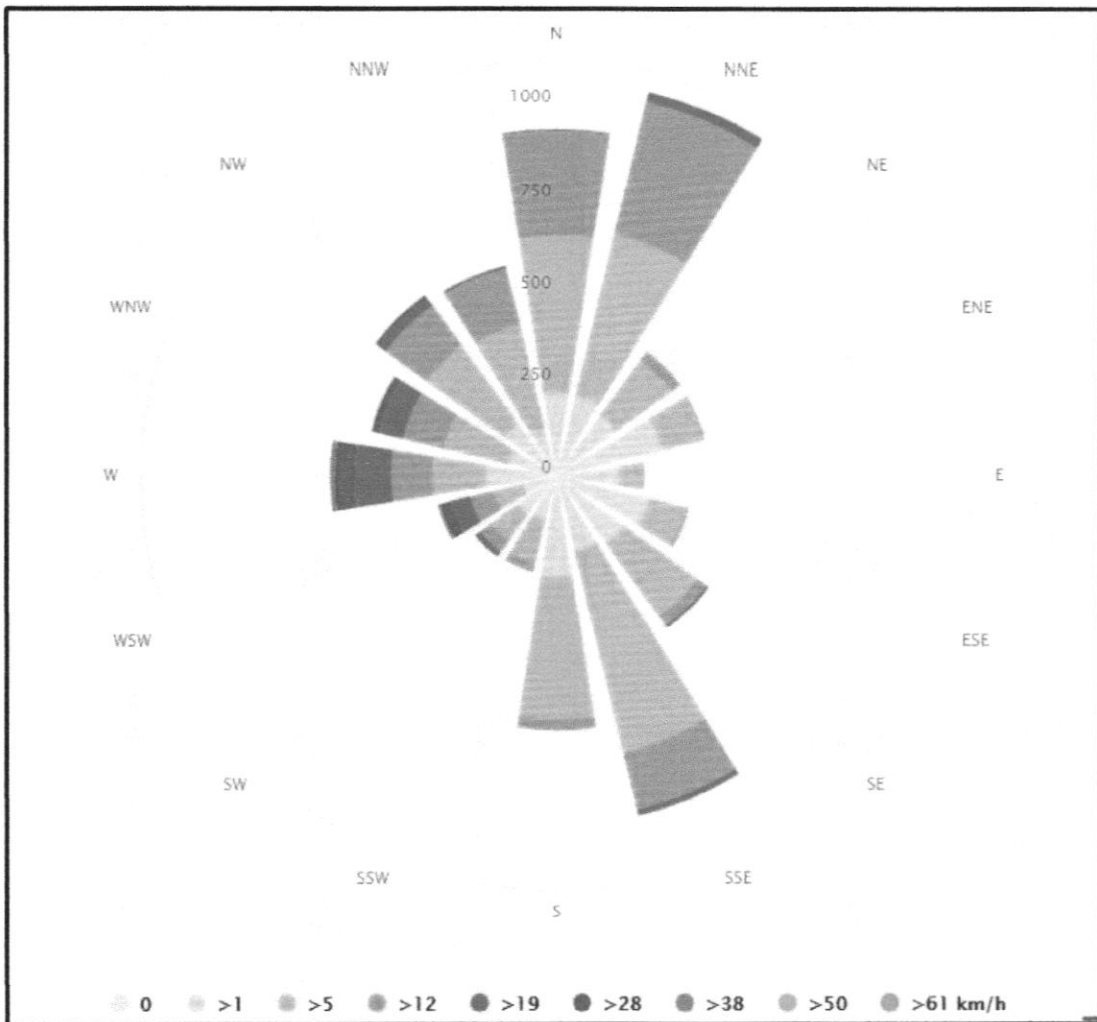


Figure III.18: la rose des vents de Blida (Source: meteo blue 2017)

**2.3.3.5 L'ensoleillement :**

La période la plus ensoleillée dure 104 jours de l'année, du 8 Mai jusqu'au 20 Aout avec une moyenne de radiation supérieure à 6.7kwh/m<sup>2</sup> et une radiation maximale le 29 Juin égale à 7.9kwh/m<sup>2</sup>.

La période sombre dure 104 jours aussi, du 30 Octobre au 11 Février avec une moyenne de 3.5kwh/m<sup>2</sup>, le jour le plus sombre est le 17 Décembre avec une radiation de 2.4kwh/m<sup>2</sup>.

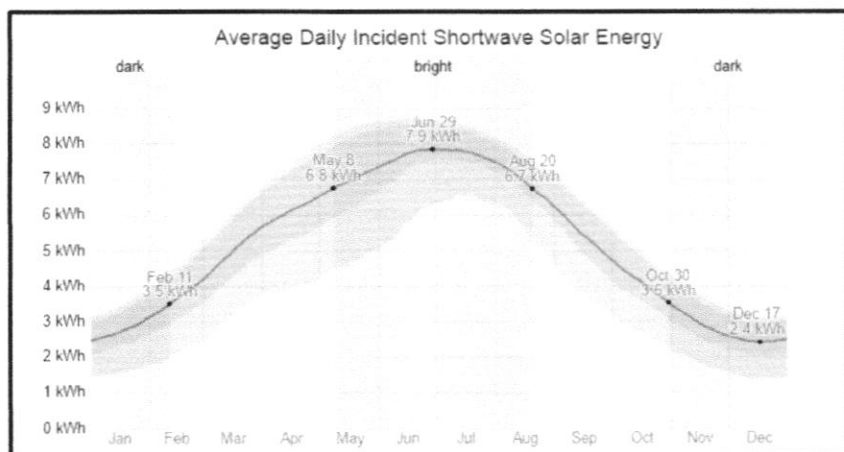


Figure III.19: courbe de radiations solaires annuelles à Blida (Source: weather spark 2017)

### 3 Confort thermique et analyse bioclimatique :

#### 3.1 Température de confort :

Pour déterminer la température de confort intérieure (la température neutre), qui délimite la gamme de confort adaptatif dans la région de Blida, on a utilisé le modèle de confort adaptatif d'ASHRAE standar-55 (2004). Ce dernier permet de calculer la température de confort (Tconf) dans les bâtiments à ventilation naturelle en fonction de la moyenne mensuelle de la température extérieure (Ta, out) suivant la formule :  $T_{conf} = 0.31 \times T_{a\ out} + 17.8$

Selon les températures données précédemment, le mois le plus chaud est le mois de Juillet et le mois le plus froid est le mois de Janvier.

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout <sup>2</sup>	sept	Oct	Nov	Déc
T moy (°C)	13.3	14.7	17	19.3	24.4	30	33.9	33.8	28.9	24.4	17.9	14.2

Tableau 1: les températures moyennes annuelles (source: auteur 2017)

Le mois	Juillet	Janvier
T extérieur °C	33.9	13.3
T de confort °C	28.3	21.9
Zone de confort °C	25.8 - 30.8	19.4 – 24.4
	Confort d'été	Confort d'hiver

Tableau 2: calcul de confort thermique d'hiver et d'été à Blida (Source: auteur 2017)

On peut avoir les mêmes résultats en utilisant le diagramme ci-dessous :

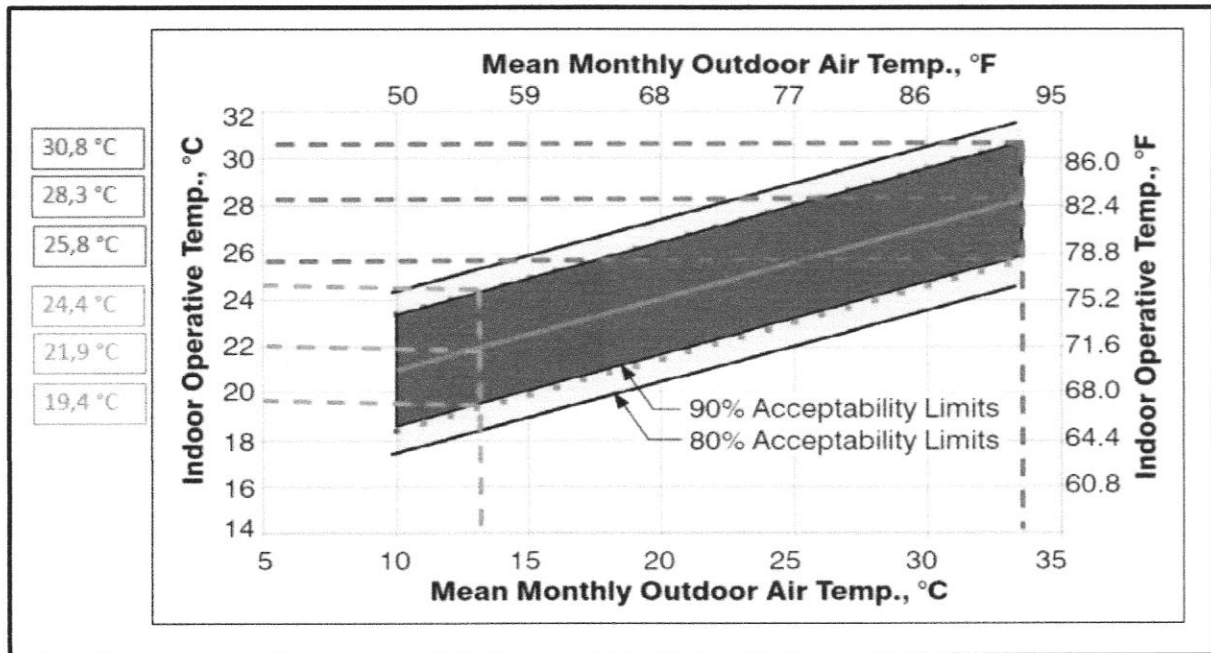


Figure III.20 : gammes de confort adaptatif selon la température moyenne extérieure mensuelle (source : auteur 2017)

Selon ces résultats, les mois dont la température est dans le cadre de confort sont : Avril, Mai, Septembre et Octobre.

Pour les mois hors zone de confort, il faut les adapter par rapport à la zone de confort de la région de Blida, à travers des stratégies conceptuelles passives ou actives, ces stratégies sont démontrées par le diagramme de Givoni.

## 3.2 Analyse bioclimatique :

### 3.2.1 Introduction :

Le travail est basé sur l'application du diagramme psychrométrique de Szokolay en utilisant Ecotect®.

Les diagrammes indiquent les stratégies conceptuelles nécessaires pour améliorer le confort interne de chaque saison.

### 3.2.2 Période hivernale :

Durant les 3 mois d'hiver – Décembre, Janvier, Février) plus les nuits froides du mois de Mars et Novembre, le chauffage solaire passif est le plus recommandé pour améliorer le confort thermique interne, avec l'utilisation d'une grande masse thermique pour profiter de la chaleur capter le jour et la restituer la nuit.

En plus des stratégies passives, une partie de la saison nécessite un chauffage solaire actif en utilisant des capteurs solaires par exemple.

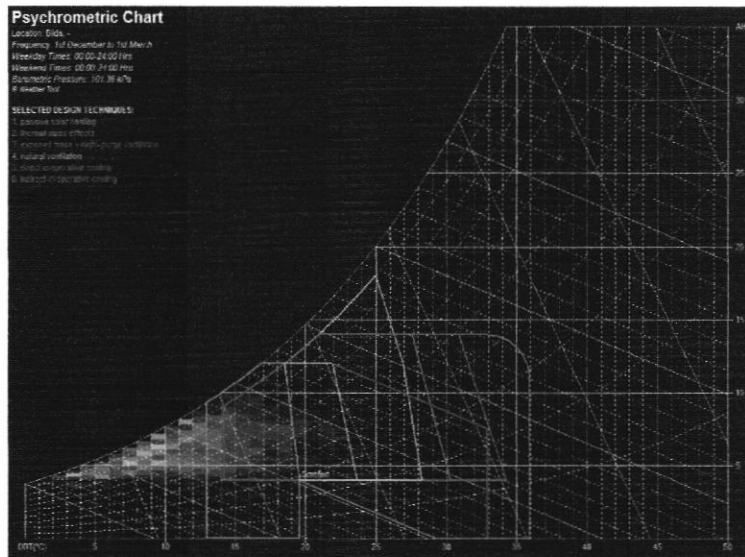


Figure III.21: diagramme psychrométrique de Szokolay pour l'hiver réalisé par Ecotect (Source: auteur 2017)

### 3.2.3 Période estivale :

En été, les nuits du mois de juin marquent un certain confort, cependant le reste de la saison, nécessite l'emploi d'une ventilation naturelle et du refroidissement par évaporation directe et indirecte. De même, l'utilisation d'une grande masse thermique avec ventilation nocturne sert aussi à diminuer les hautes températures de l'été.

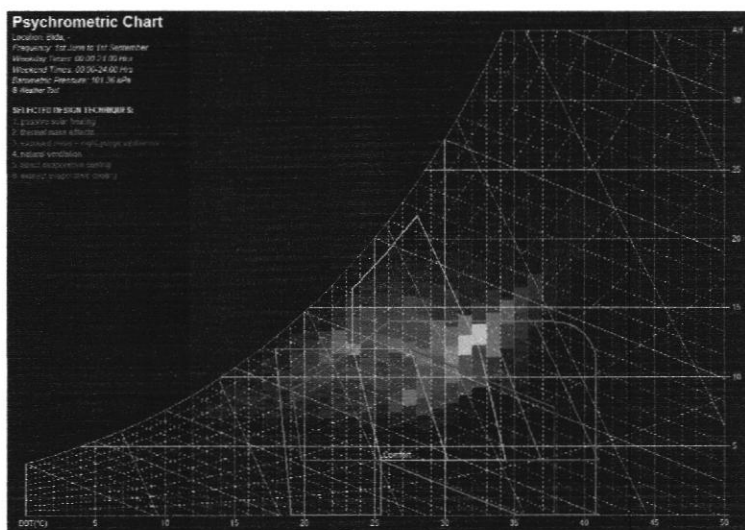


Figure III.23: diagramme psychrométrique de Szokolay pour l'été réalisé par Ecotect (Source: auteur 2017)

### 3.2.4 Les mi-saisons :

Pour les mois de printemps, on remarque un grand confort thermique durant le mois de Mai et qui diminue légèrement pendant les deux autres mois (mars et avril).

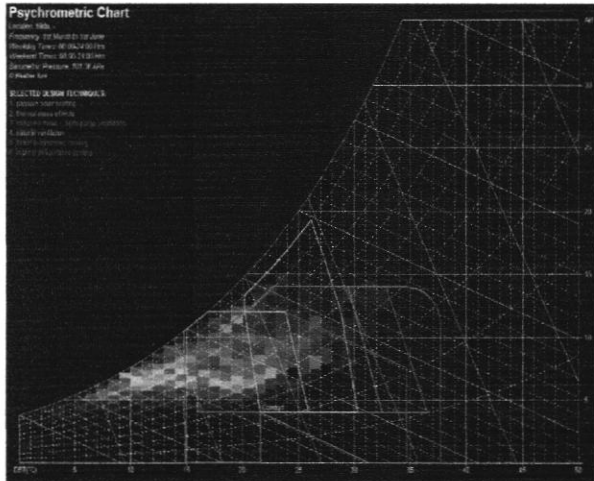


Figure III.24: diagramme psychrométrique de Szokolay

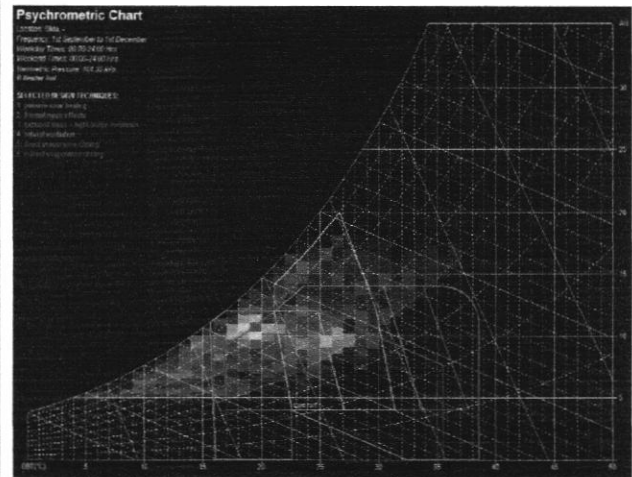


Figure III.24: diagramme psychrométrique de Szokolay pour

Les nuits froides de Mars et celles d'avril, nécessitent un chauffage solaire passif et une grande masse thermique pour régulariser la température.

Le mois de Mai connaît une légère hausse de température pendant les heures du jour, donc une ventilation naturelle et un refroidissement par évaporation directe et indirecte sont recommandés pour éviter la surchauffe et rester dans la zone de confort.

En automne, le mois d'octobre et les nuits de Septembre se trouvent dans la zone de confort. Pour les jours chauds au début de la saison, il faut employer une ventilation naturelle et un refroidissement par évaporation directe et indirecte, de même une grande masse thermique et un chauffage solaire passif est recommandé pour éviter le froid des nuits de Novembre.

## 4 Programme :

Les logements : semi collectif

Type de cellules : T3, T4.

Nombre de logements : 260 logements.

- T4 : 195 logements
- T3 : 65 logements

Surfaces des cellules :

- T3 : 95 m<sup>2</sup>
- T4 : 130 à 150 m<sup>2</sup>

Les espaces intérieurs :

- Salon : 19.5 à 22.5 m<sup>2</sup>
- Séjour : 12m<sup>2</sup>

- Cuisine : 13.5 à 16.5 m<sup>2</sup>
- Sanitaire : 8 à 9.5 m<sup>2</sup>
- Chambre : 11.5 à 16 m<sup>2</sup>
- Bureau : 12.5 m<sup>2</sup>

Les équipements de proximité :

- Ecole primaire
- Crèche
- Bibliothèque
- Maison de jeune
- Salle de sport.

Espaces extérieurs

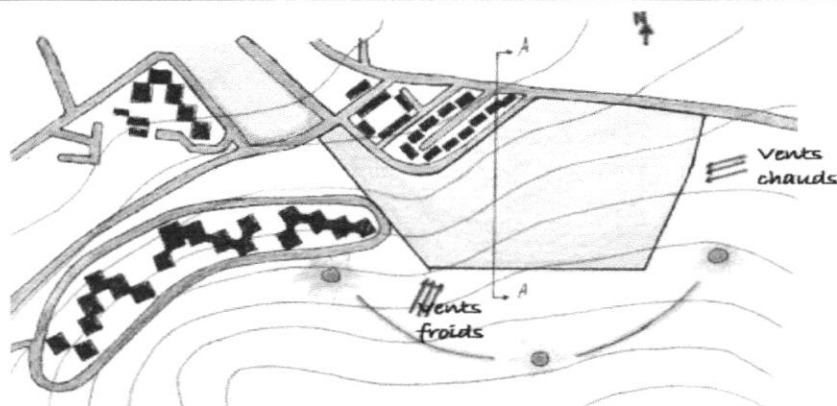
- Parkings : 4500m<sup>2</sup>
- Espaces de stationnements : 100 places.
- Commerce : 1500m<sup>2</sup>
- Terrasses publiques : 1000 m<sup>2</sup>
- Terminal de collecte des déchets : 500 m<sup>2</sup>
- Place publique : 2500m<sup>2</sup>
- Aires de jeux enfants : 900m<sup>2</sup>
- Station de traitement des eaux : 500m<sup>2</sup>

## 5 Conceptualisation du projet :

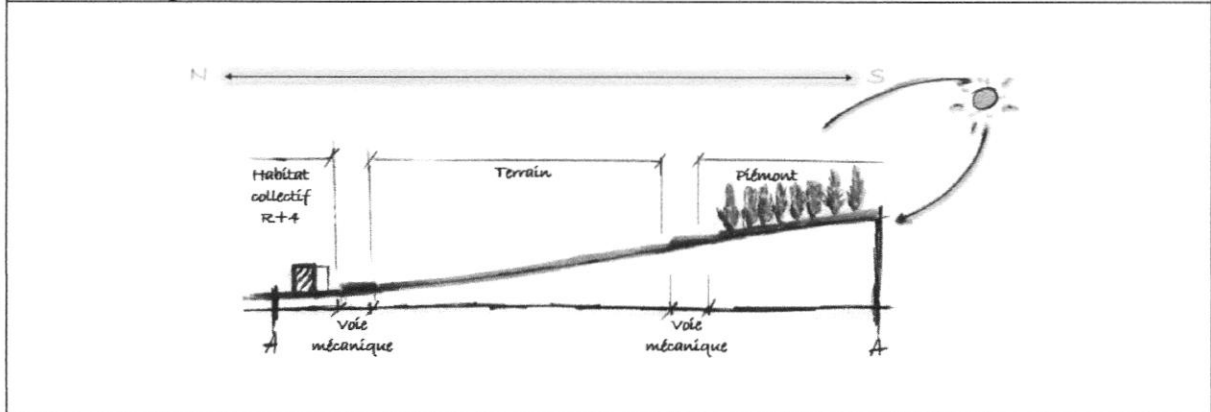
Le terrain dont nous disposant présente plein d'inconvénients qu'on veut dépasser pour pouvoir réaliser un projet confortable qui consomme le minimum possible d'énergie.

### 5.1 Données du projet :

#### 5.1.1 Plan



### 5.1.2 Coupe du terrain

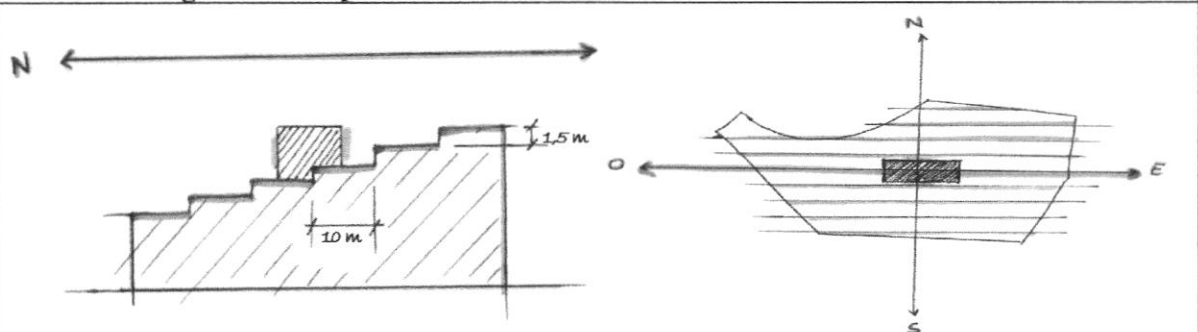


## 5.2 Recommandations :

- Profiter de la pente.
- Les voies mécaniques doivent suivre le même sens que les courbes de niveau.
- Plan de masse compact avec des cours intérieurs.
- La distance entre les bâtiments ne doit pas être d'une grande importance sans influences l'ensoleillement des bâtiments.
- Construire suivant l'axe est-ouest.
- Bâtiments de forme rectangulaire ou en forme de U.
- Conception des atriums.
- Construction massive et des murs en brique avec isolation de 5cm en EPS.
- Des ouvertures sur les murs nord et sud d'une surface de 25 à 40% de la surface des murs.
- Protection solaire fixe à éviter.
- Toitures et murs végétalisés.
- Les terrasses extérieures.

## 5.3 Etapes du projet :

### 5.3.1 L'intégration à la pente :



La pente du terrain a été découpée en terrassement, avec une différence d'hauteur de 1.5m, les plateformes sont de 10m de largeur.

Ces dimensions sont les plus convenables à notre projet vu l'orientation de la pente qui représente un obstacle.

Les plateformes sont en longueur suivant l'axe Est-Ouest qui est considéré le plus performant en termes d'énergie.



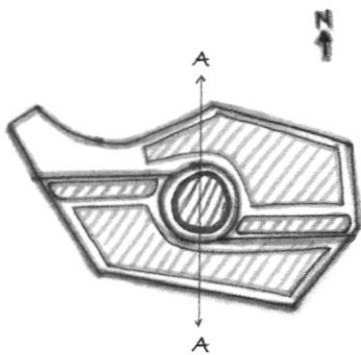
**5.3.2 Aménagement du terrain :**

Le programme de notre projet est de concevoir un quartier de logement semi collectif, avec des équipements de différentes fonctions pour animer le site en termes d'activité et créer un espace confortable aux habitants

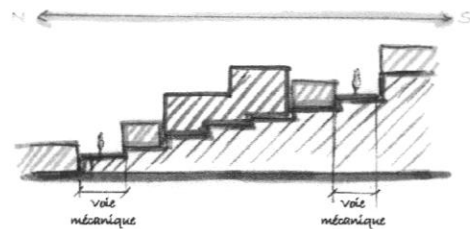
Les équipements occupent le centre du terrain pour créer une certaine centralité urbaine et organiser la vie dans le quartier, deux voies mécaniques traversent le quartier suivant l'axe Est-Ouest pour fournir une circulation plus douce

Le commerce est programmé tout au long des voies mécaniques pour créer des boulevards plus dynamiques

Les logements occupent le reste du terrain et entourent les équipements.



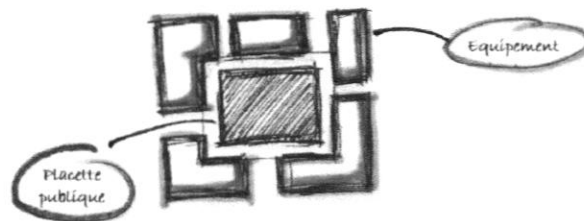
Plan de distribution des fonctions



Coupe du terrain A-A

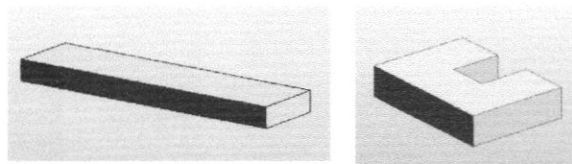
Les équipements programmés :

- Ecole primaire
- Crèche
- Bibliothèque
- Salle de sport
- Maison de jeunes



**5.3.3 Forme du bâti :**

Les formes de base choisies pour le projet sont la forme rectangulaire et la forme en U, ces formes recevront par la suite quelques changements qui ne sont pas d'une grande importance.

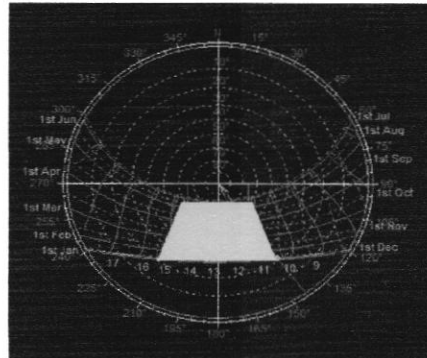


**5.3.4 Distance entre bâtiments :**

La pente orientée vers le nord pose un grand problème pour l'enseillement du bâti, pour cette raison, la distance entre les bâtiments doit être calculée par rapport à la position du soleil la plus basse :

Donc la distance minimale entre deux bâtiments de différente hauteur est de 6.7m

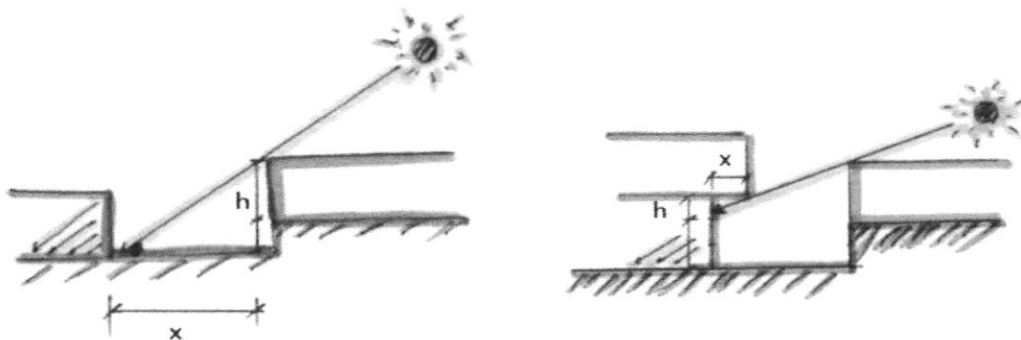
Le retrait du bâti sur l'étage en haut sur le côté sud ne doit pas dépasser les 2m pour ne pas créer de l'ombre aux murs sud.



Mois: Janvier  
Heures d'enseillement: 10h30 à 15h30  
L'angle d'inclinaison:  $\alpha = 27,5^\circ$

$$\tan \alpha = \frac{h}{x}$$

$$x = \frac{h}{\tan \alpha}$$

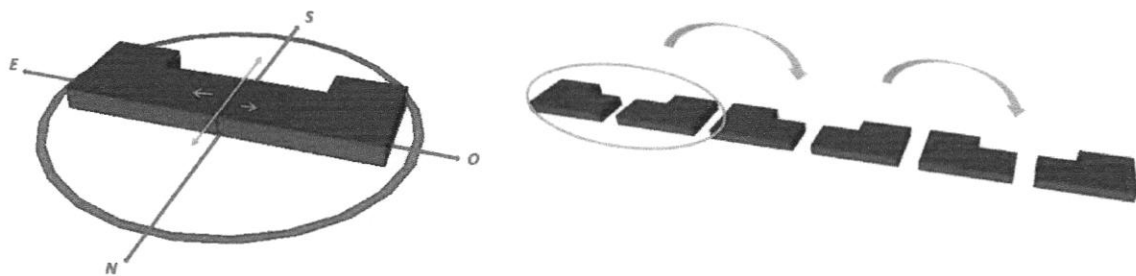


**5.3.5 Genèse de la forme :**

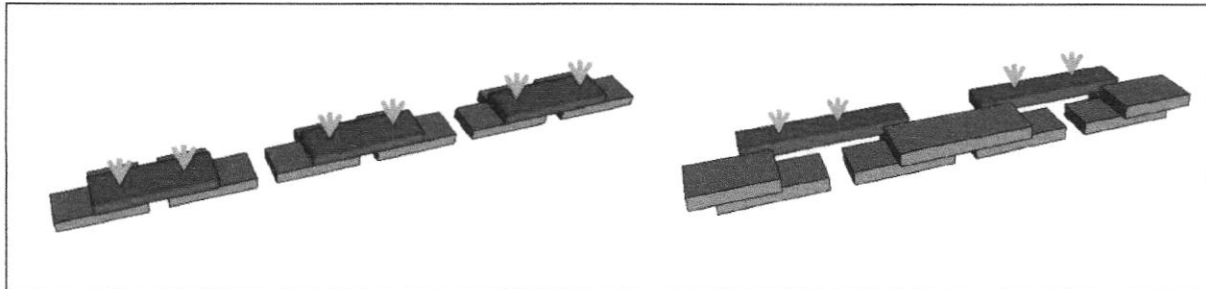
La première étape dans notre conception était de choisir une forme de base qui convient à notre assiette en gradins, donc on a choisi la forme U, posée sur deux plateformes, pour avoir des petits volumes qui profite d'un maximum d'enseillement, et des ouvertures sud et nord.

Ce forme va être séparé selon l'axe N-S en deux parties pour avoir une certaine perméabilité dans l'ensemble et améliorer aussi sa ventilation.

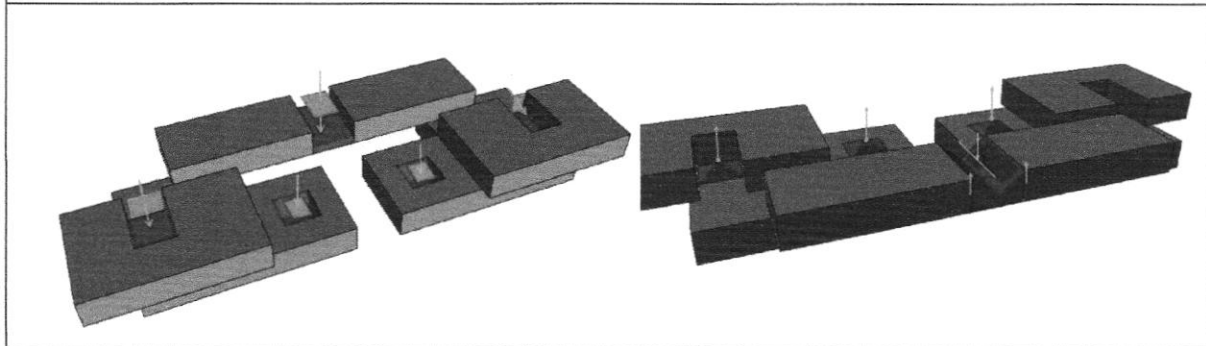
L'ensemble sera répétée sur l'axe E-O en gardant la même distance entre les volumes.



Des volumes de forme rectangulaires allongés selon l'axe E-O, sont posés sur les volumes précédents couvrant ainsi les vides créés au paravant, pour avoir des passages couverts et d'autres qui sont ouverts.

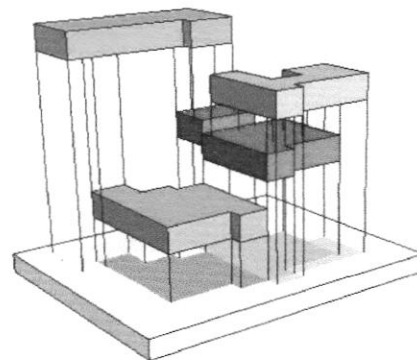
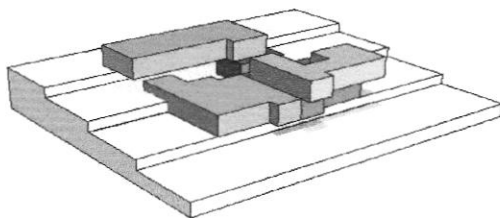


Au final, il était nécessaire de alléger un peu la compacité de l'ensemble, en créant quelques vides, qui servirant par la suite pour des atrium ou des balcons.



### 5.3.6 Composition d'unité

L'unité de notre projet est composée de 4 logements adjacents et superposés, de différents niveaux, posée sur des plateformes en escalier de 1.5m de hauteur

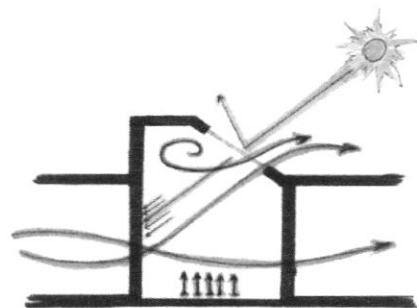


### 5.3.7 Atriums :

L'emploi des atriums dans le bâtiment qui servent de chauffage solaire et de rafraichissement, réduit la consommation d'énergie

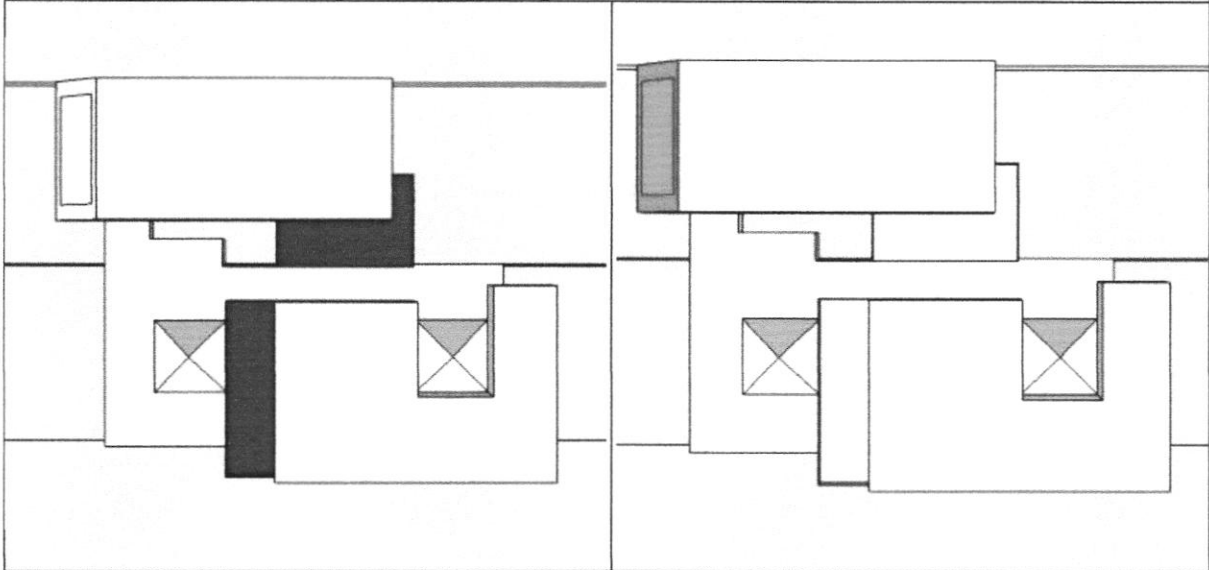
Permettre une meilleure ventilation à l'intérieur du local, en changeant l'air après sa stratification.

Donner plus de chaleur et de lumière aux espaces intérieurs en hiver.



**5.3.8 Loggia et terrasses :**

On a intégré des terrasses et des loggias dans l'unité d'ensemble pour les logements en étage afin de leur fournir des espaces extérieurs privés et aérer le volume.



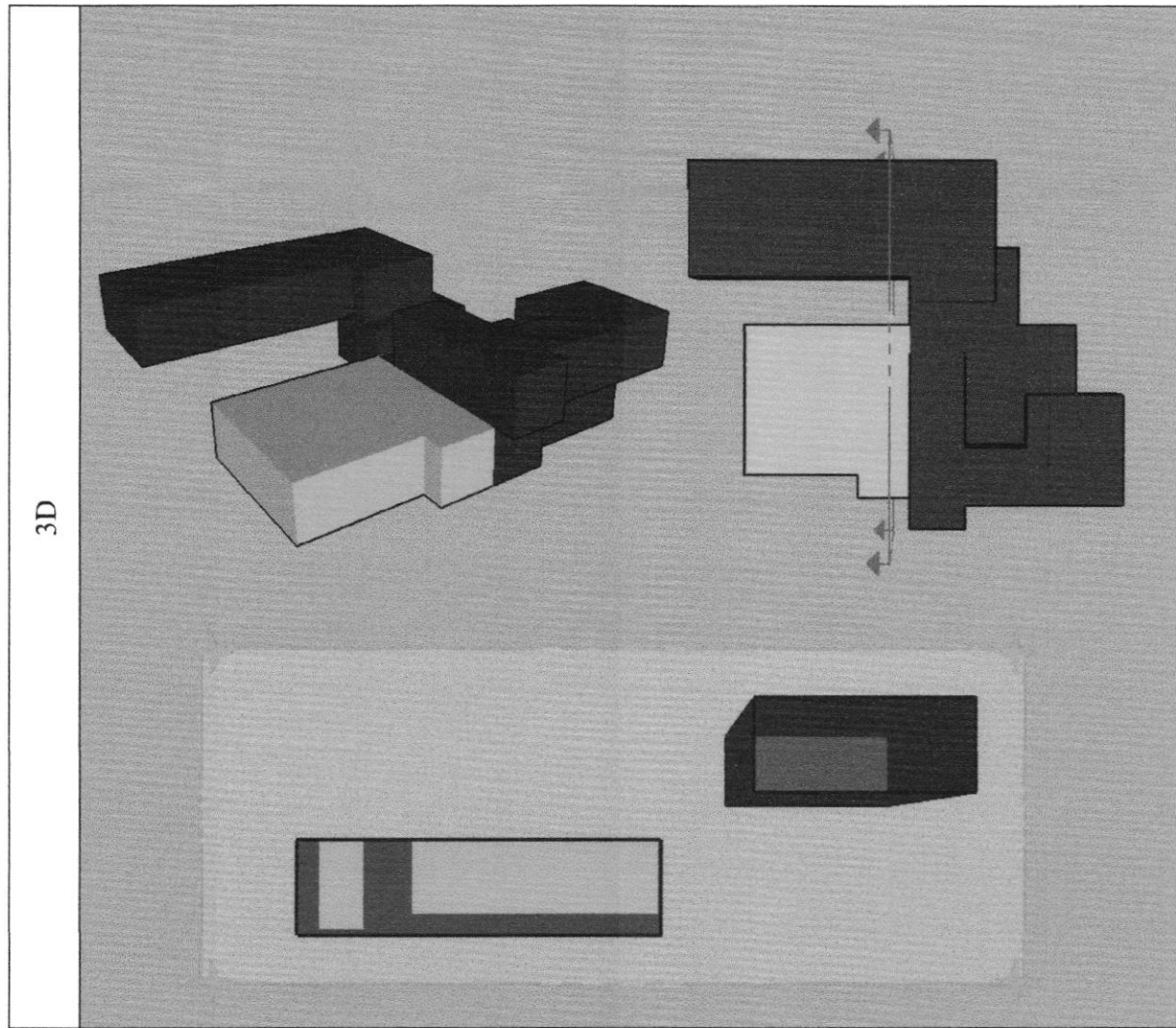
**6 Description du projet :**

**6.1 Description des plans :**

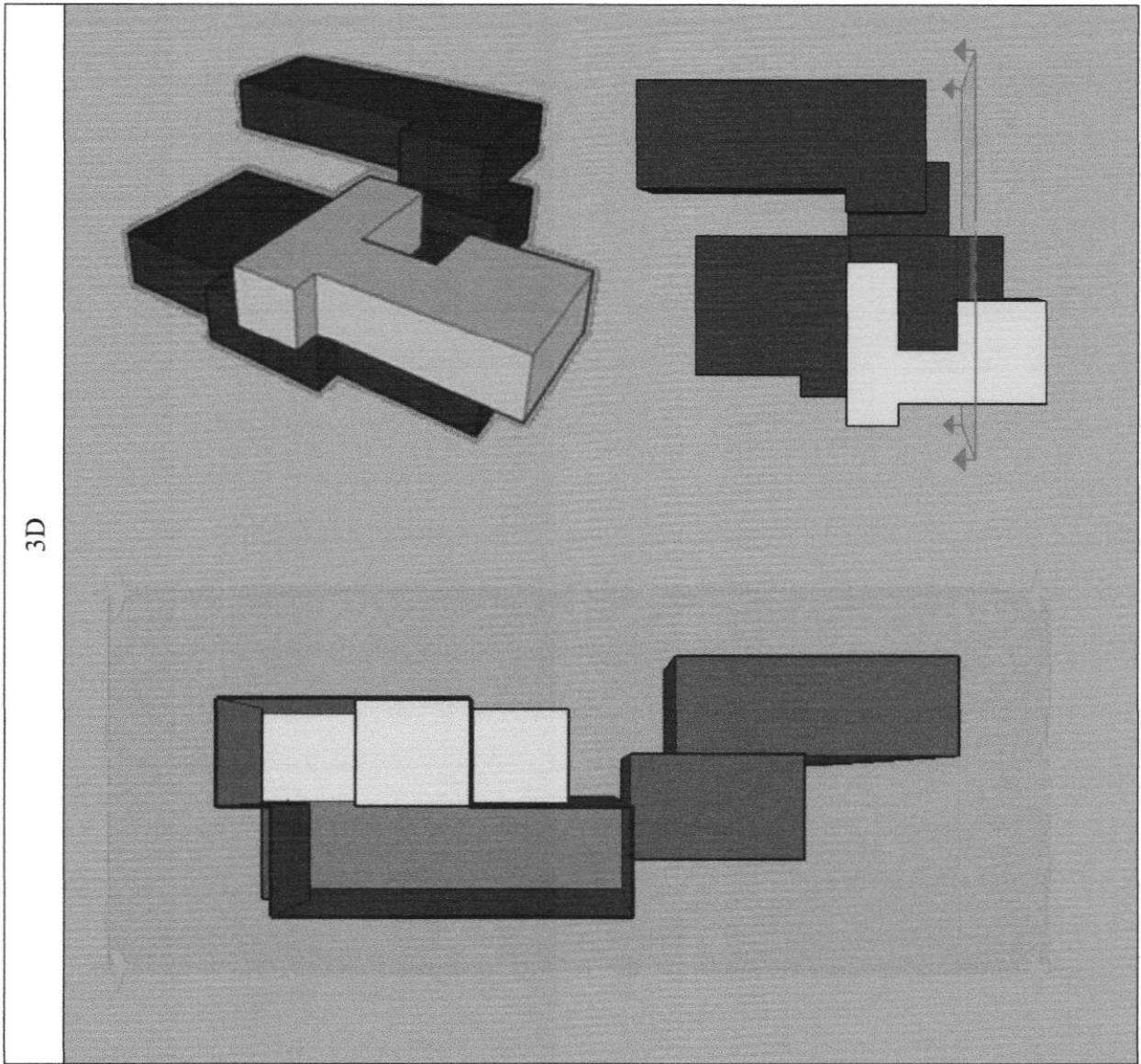
Légende							
Chambre	Salon	Cuisine	Séjour	Sanitaire	Bureau	Terrasse	

**6.1.1 Cellule N°1**

Plan		Niveau : RDC Type : T4 Surface : 130m <sup>2</sup>	
		Espaces	Surfaces (m <sup>2</sup> )
		Salon Cuisine S.D.B Chambre 1 Chambre 2 Chambre 3	20.5 13.5 8 13 15 16

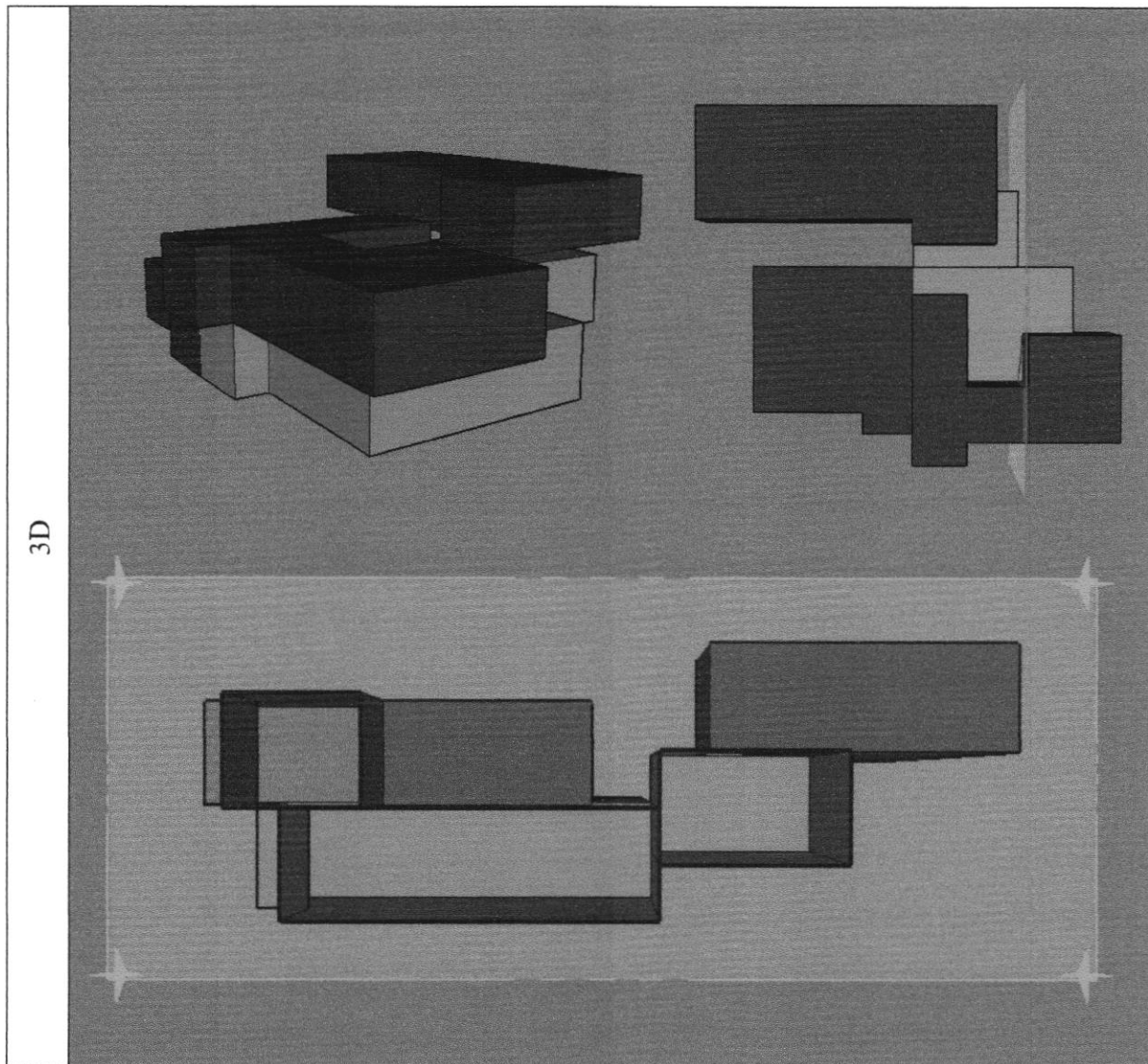


6.1.2 Cellule N° 2																
Plan		Niveau : R+1 Type : T3 Surface : 95m <sup>2</sup>														
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Espaces</th> <th>Surfaces</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Salon</td> <td>19.5</td> </tr> <tr> <td>Séjour</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>Cuisine</td> <td>16.5</td> </tr> <tr> <td>S.D.B</td> <td>9.5</td> </tr> <tr> <td>Chambre 1</td> <td>12.5</td> </tr> <tr> <td>Chambre 2</td> <td>12.5</td> </tr> </tbody> </table>	Espaces	Surfaces	Salon	19.5	Séjour	12	Cuisine	16.5	S.D.B	9.5	Chambre 1	12.5	Chambre 2	12.5
		Espaces	Surfaces													
Salon	19.5															
Séjour	12															
Cuisine	16.5															
S.D.B	9.5															
Chambre 1	12.5															
Chambre 2	12.5															

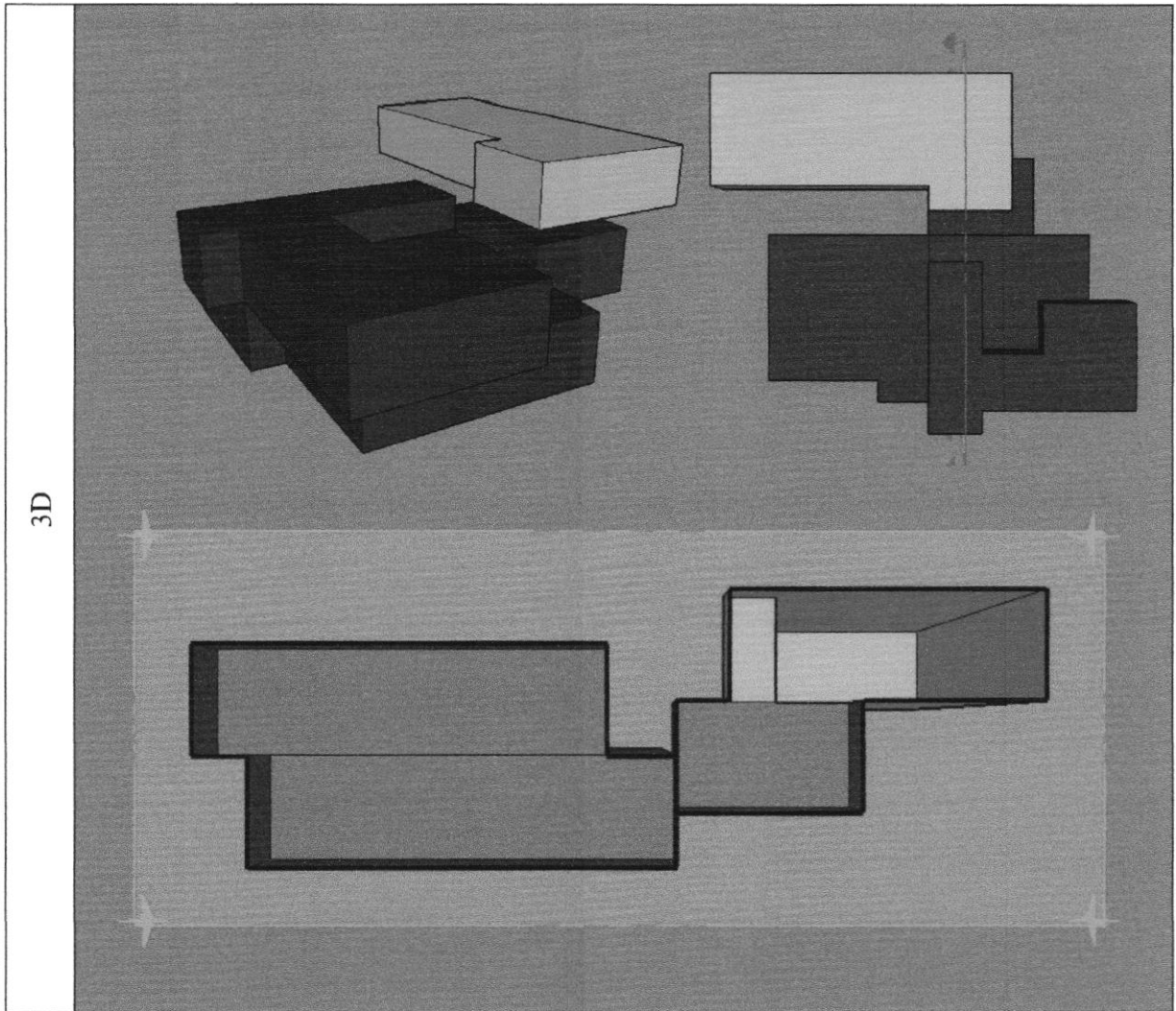


6.1.3 Cellule N°3

Plan		Niveau : RDC Type : T4 Surface : 150m <sup>2</sup>	
		Espaces	Espaces
		Salon Cuisine S.D.B Chambre 1 Chambre 2 Chambre 3 Bureau	20.5 13.5 8 12.5 14 15 12.5

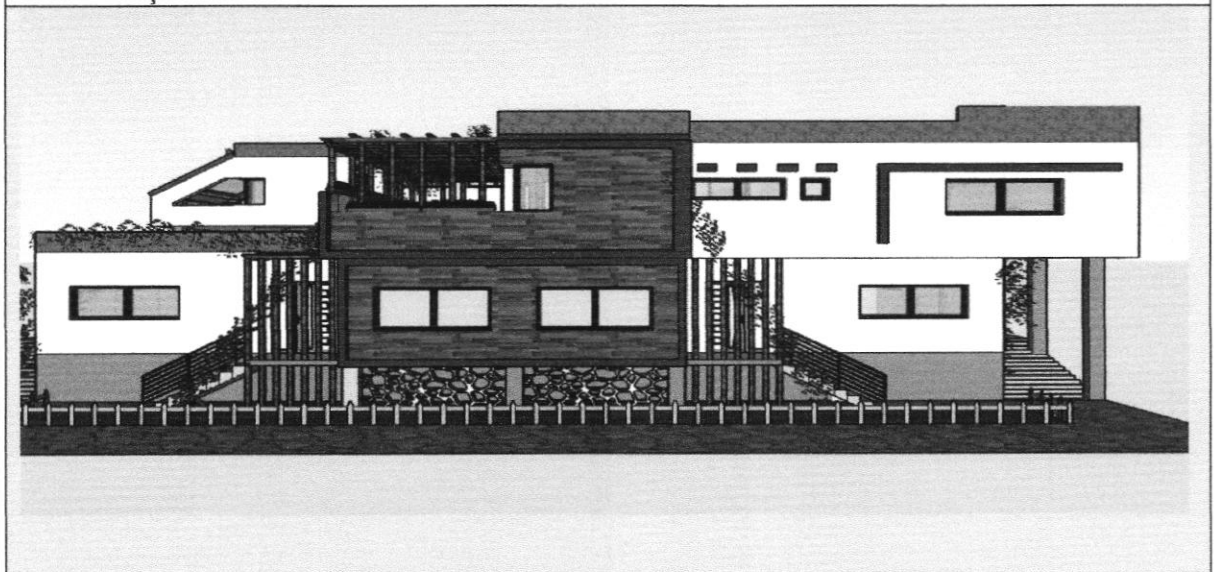


6.1.4 Cellule N° 4			
Plan		Niveau : RDC Type : T4 Surface : 140m <sup>2</sup>	
		Espaces	Espaces
		Salon Cuisine S.D.B Chambre 1 Chambre 2 Chambre3	22.5 15.3 8 11.5 13 13.2



## 6.2 Description des façades :

### 6.2.1 Façade Nord :





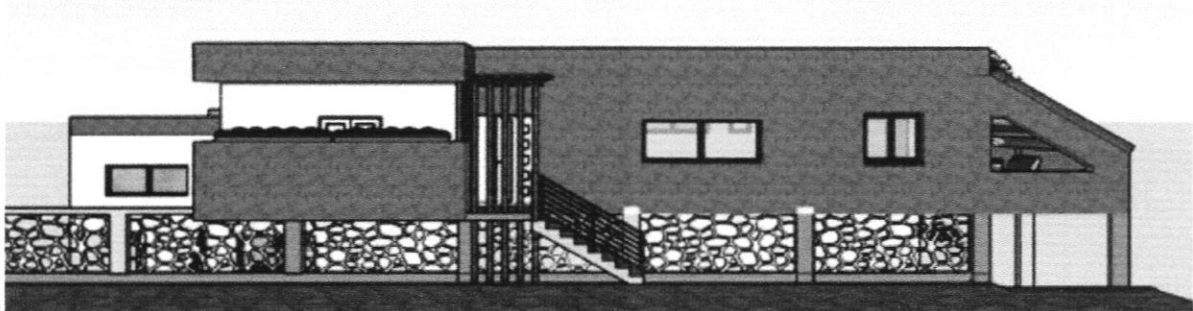
La façade principale du projet est celle du nord, cette façade représente la vue principale de toute l'unité, les 4 logements sont homogénéisés par la façade, elle est composée de différents volumes, certains sont en retrait pour animer un peu la composition.

Les revêtements choisis sont :

- peinture blanche pour la plupart des murs
- bois pour les volumes en retrait
- des pergola en bois sont intégrées de façon qu'elle accomplète le volume en bois.
- béton brute pour les voiles et les poteaux extérieurs.

Les ouvertures de cette façades sont élargies au maximum

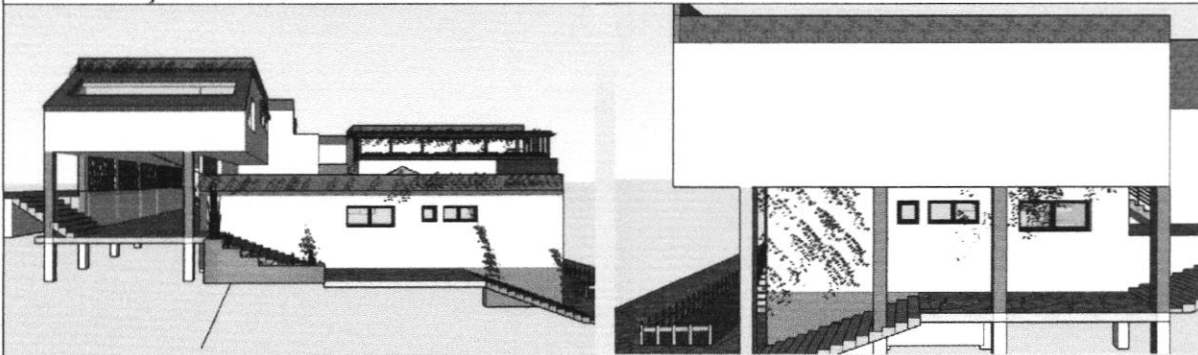
### 6.2.2 Façade Sud :



La façade sud est une façade simple qui ne marque pas un grand jeu de volumes, percées de grandes ouvertures selon les besoins des espaces intérieurs, les portes intégrées sont en verre pour profiter au maximum de l'ensoleillement et l'éclairage naturel.

La façade est peinte en blanc mais aussi couverte avec des murs végétalisés lourds qui forment une isolation supplémentaire à la façade.

### 6.2.3 Façade Est / Ouest :



Les façades est et ouest prennent ces deux forment alternativement, vu que l'unité à côté est le résultat d'une simple symétrie axiales selon l'axe N-S.

Ces deux façades sont les plus simples et les plus compactes, marquant la présence d'un minimum d'ouvertures pour réduire la consommation en énergie d'un côté et contrôler le vis-à-vis d'un autre côté

les murs sont peints en blanc, dotés de quelques plantes grimpantes pour l'ornementation, car la fonction d'isolation est assurée par les passages couverts.

## 6.3 Description technique :

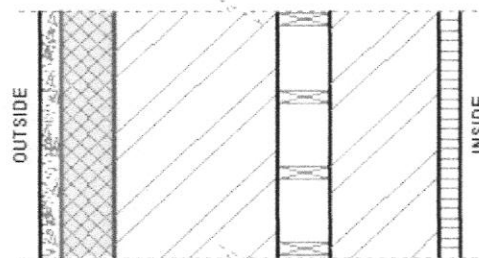
### 6.3.1 Parois extérieures :

Les murs extérieurs sont composés comme suit :

Matériau	Conductivité thermique W/mK	Chaleur spécifique J/gK	Densité kg/m <sup>3</sup>	Epaisseur cm
Plâtre	0.51	0.96	1120	2
Brique	0.54	0.84	1550	10
Lame d'air	0.025	1.0035	1.2	5
Brique	0.54	0.84	1550	15
Isolant EPS <sup>1</sup>	0.023	1.59	24	5
Mortier en ciment	0.72	0.84	1860	2

Avec cette structure les murs auront les caractéristiques suivantes :

- Epaisseur : 39cm
- Résistance thermique : 4.7039 m<sup>2</sup>K/W
- Masse thermique 35.32 kJ/K

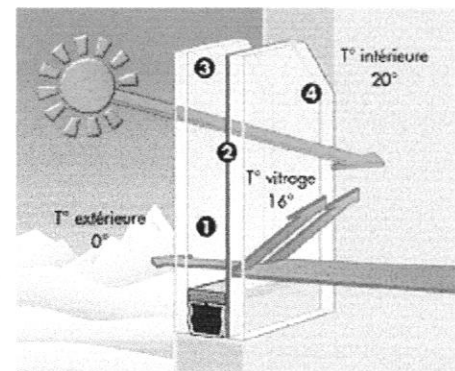


### 6.3.2 Vitrage :

Le vitrage utilisé dans notre projet est constitué de :

1. Lambe d'air de 20mm injectée de gaz d'Argon.
2. Couche peu émissive (film de sels métallique).
3. Vitrage extérieur 6mm.
4. Vitrage intérieur 4mm.

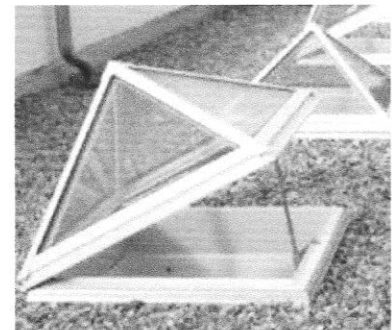
Ce vitrage est utilisé pour toutes parois transparentes dans le projet (les fenêtres, les portes orientées vers sud et les atriums).



### 6.3.3 Atrium :

Les atriums de notre projet sont de forme carrée :

1. Les atriums des logements : pyramides avec un vitrage à double parois, d'une section de 16m<sup>2</sup> (4x4m) et d'une hauteur de 1.5m. Ces atriums sont ouvrants au choix. Pour une meilleure aération.
2. Les atriums extérieurs : d'une surface de 36m<sup>2</sup> (6x6m), ces atriums sont du type fixe (non ouvrant) avec vitrage simple et animé pour créer un jeu d'ombre dans les espaces extérieurs.

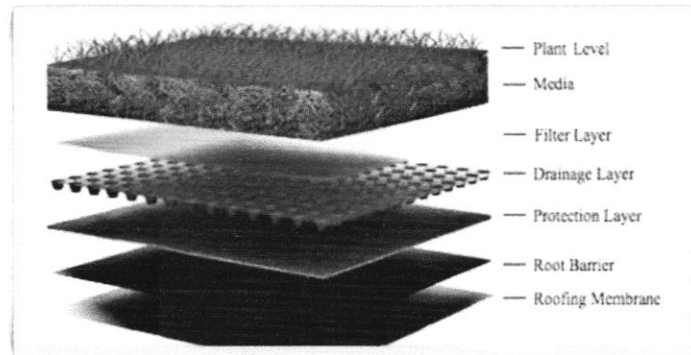


<sup>1</sup> EPS : Polystyrène expansé

### 6.3.4 Toiture :

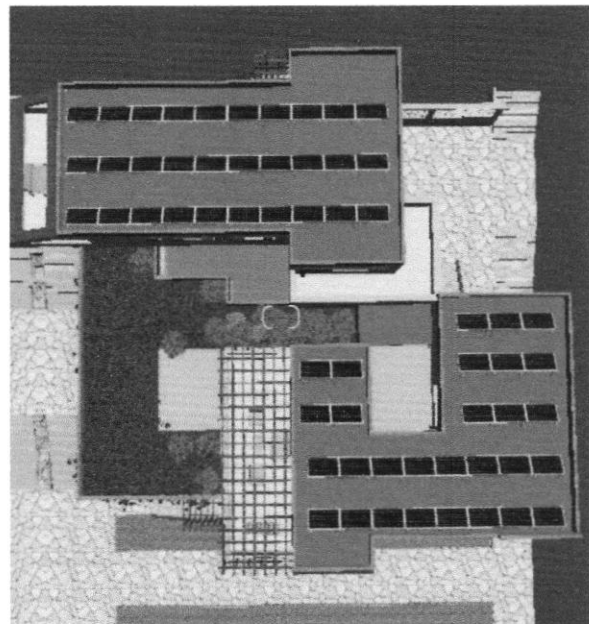
Les toits de notre projet sont tous des toits végétaux, composés des couches suivantes :

- La structure portante
- Membrane d'étanchéité
- Barrière anti-racines
- Couche de drainage
- Filtre géotextile
- Substrat de culture
- Végétation



Selon l'épaisseur du substrat et le type de végétation utilisé, deux types de toiture sont employés dans notre projet :

1. Le toit marron : un toit végétal où la terre récupérée des aménagements de sites urbains a été utilisée comme substrat de culture, le substrat de culture est du type extensif avec une épaisseur maximale de 15cm, et qui peut être couvert par différents systèmes de végétation : rouleaux, plantation, caissettes pré végétalisées, ce qui permet de réaliser un couvert végétal à long terme (pour notre cas on opte pour les rouleaux). Ce type de toiture est le plus convenable pour les toitures végétalisées accueillant des panneaux photovoltaïques ou des collecteurs solaires.
2. Le toit végétalisé : désigne un jardin aménagé sur le toit d'un bâtiment avec un substrat intensif d'une épaisseur de 30cm, et une grande variété de végétations et de plantes.



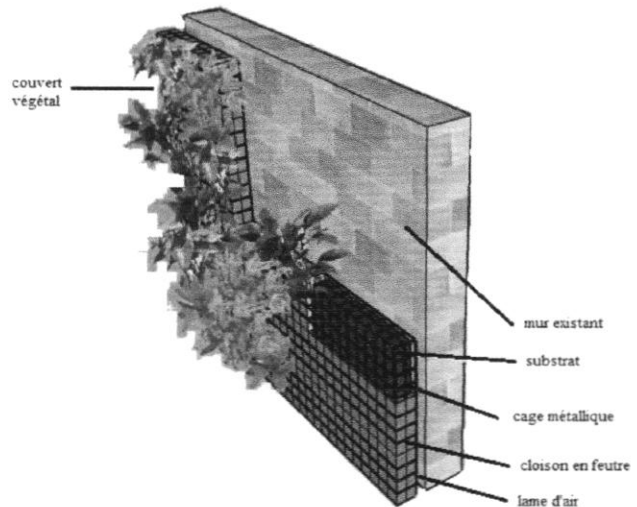
### 6.3.5 Mur végétal :

#### 6.3.5.1 Mur vivant :

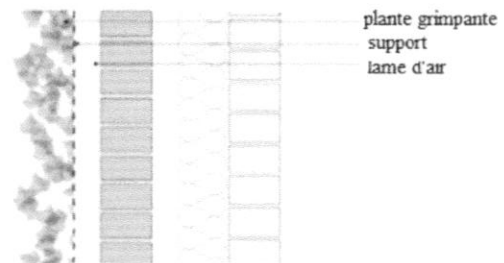
Utilisé pour les parois orientées vers le sud. Ayant le choix entre deux modes de culture (culture hydroponique et culture classique), on a choisi la culture classique qui utilise un substrat non inerte (tourbe, composte, argile, zéolithe, pumice, ...)

Notre choix est justifié par les nombreux avantages qu'elle présente par rapport au 2<sup>e</sup> type de culture :

- Plus durable,
- Pas d'entretiens quotidien,
- Peu de consommation d'eau et d'engrais,
- Peut être pré-végétalisé.



Le deuxième paramètre à choisir est le type du contenant, pour cela on a choisi les cages métalliques avec un maillage de 10cm, le substrat est couvert par un géotextile non tissé (feutre aiguilleté) pour bien maintenir le substrat et retenir une certaine réserve d'eau, l'arrosage et la fertilisation peuvent être intégrés et se faire automatiquement (équipé de lignes de gouttes à gouttes).



#### 6.3.5.2 Façade végétale :

Conçues pour les murs orientés vers l'Est et l'Ouest, ce type de mur ne nécessite pas de structure pré-végétalisée ou de substrat, c'est la végétation dite « indirecte » où les plantes sont cultivées dans des bacs et placés en haut ou en bas du mur (végétation tombante ou grimpante)

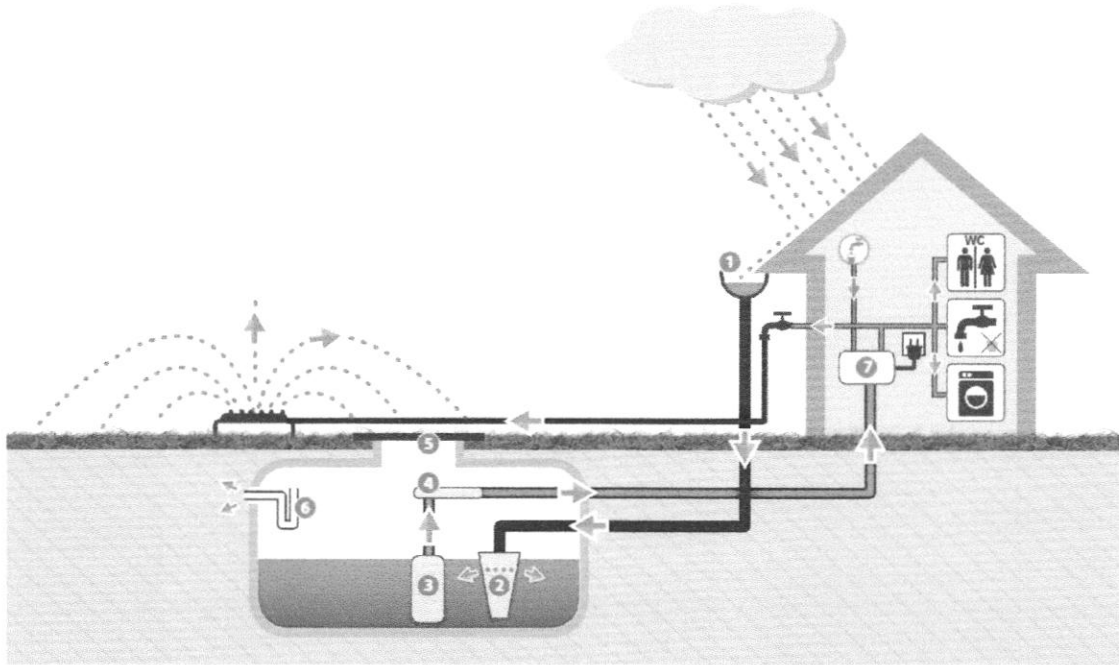
Pour protéger les parois, il est conseillé d'utiliser des supports prédisposés qui vont constituer l'écran végétal, et qu'il soit éloigné du mur par 10cm.

### 6.3.6 Gestion des eaux pluviales :

La récupération des eaux pluviales permet de :

- Limiter les inondations en cas de fortes pluies,
- Préserver les ressources en eaux potables des nappes phréatiques,
- Réduire sa facture d'eau et,
- Limiter les réseaux de traitements des eaux.

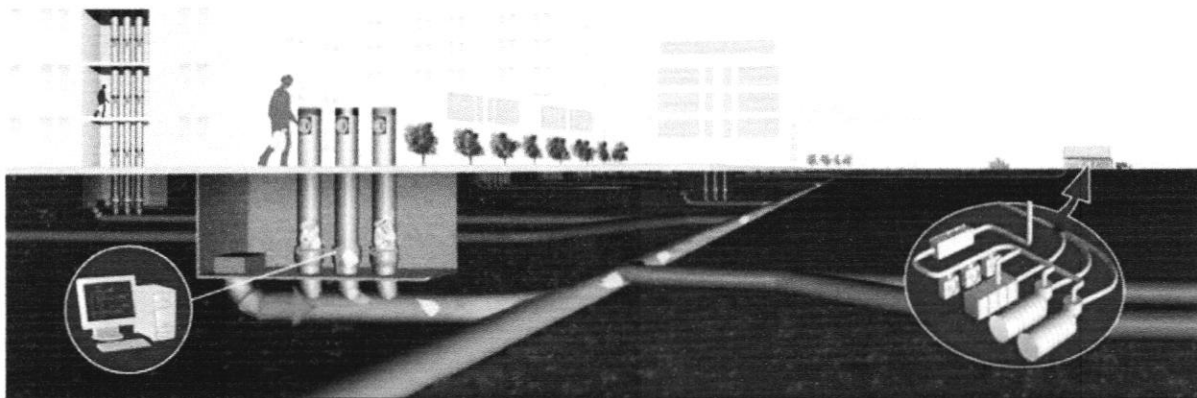
L'eau collectée est stockée dans des baches à eau au niveau du sous-sol technique et va être utilisée pour l'arrosage des plantes, les fontaines et les jets d'eau extérieures, ou même pour usage domestique pour les sanitaires.



L'eau de pluie ruisselant sur le toit est acheminée par les gouttières et descentes de gouttières (1) vers la bache à eau pour y être traitée via le système de filtration (2) (élimination biologique par principe actifs de tous les résidus organiques), L'eau de pluie filtrée est ensuite stockée dans la cuve en attendant d'être utilisée. Une pompe de refoulement (3) munie d'une crépine d'aspiration permet l'exploitation de l'eau stockée de la cuve. La crépine d'aspiration est équipée d'un flotteur afin d'éviter l'aspiration des fins sédiments déposés sur le fond. Les eaux sont ensuite acheminées dans le réseau d'eau de la maison (4) via le gestionnaire d'eau de pluie (7). Pour éviter l'inondation du contenant, un système d'évacuation « trop plein égout » est intégré (6).

### 6.3.7 Gestion des déchets solides :

Dans notre projet les déchets solides sont soumis à un système de « collecte pneumatique »



<sup>2</sup>Les déchets sont déposés par les habitants dans les bornes (1) (à l'intérieur des bâtiments ou à l'extérieur), l'aspiration souterraine est déclenchée par le système de commande informatisé (2)

<sup>2</sup> Source : [http://www.issy.com/sites/default/files/js/js\\_gN-5rfG0lSVmuyVyhazOkVhC9jEA4IJY7uUBAJIf4M8.js](http://www.issy.com/sites/default/files/js/js_gN-5rfG0lSVmuyVyhazOkVhC9jEA4IJY7uUBAJIf4M8.js)

basé dans le terminal de collecte qui détermine à l'aide d'un système de pesée le moment de l'aspiration. L'aspiration souterraine de déchets par un appel d'air d'une vitesse de 70Km/heure est assurée selon les quantités de déchets déposés. Une fois atteint un certain poids, l'aspiration est déclenchée depuis le terminal de collecte. Les vannes (a) qui ferment le fonds des bornes s'ouvrent seulement alors. Les déchets sont aspirés vers le terminal de collecte (3), où ils sont compactés, puis récupérés par des camions pour être emportés vers un centre de traitement.

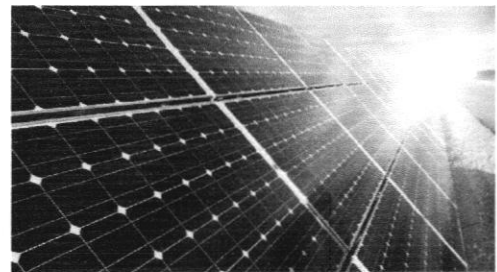
Ce système présente de nombreux avantages :

- Optimisation de l'hygiène et de la sécurité pour les habitants et le personnel de collecte,
- Suppression du risque d'incendie,
- Suppression des conteneurs dans les bâtiments et les espaces publics,
- Suppression des charges de pré-collecte (entretien des locaux et des bacs, charges de sortie et rentrée des bacs...),
- Réduction des nuisances sonores et olfactives,
- Diminution du nombre de camions de collecte,
- Tri à la source des déchets facilitant le recyclage,
- Contrôle automatique sur tout le réseau et maintenance en direct.

### 6.3.8 Les panneaux photovoltaïques :

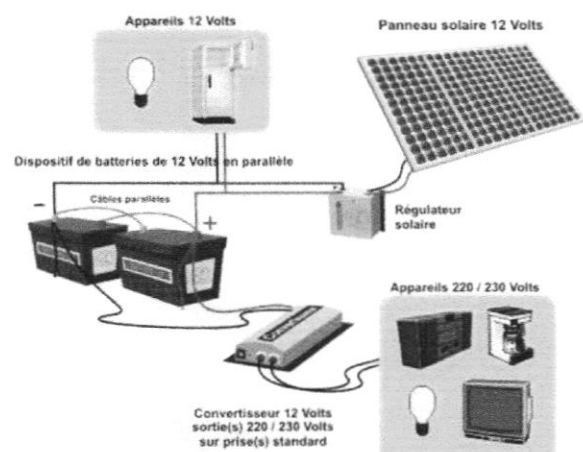
Les panneaux photovoltaïques sont des dispositifs énergétiques qui transforment la lumière en électricité sans l'intervention d'aucun mécanisme.

Les panneaux choisis sont des panneaux monocristallins de couleur foncée ou noire qui sont plus efficaces pour capter un rayonnement direct, les modules sont de 1.5m<sup>2</sup> orientés plein sud avec une inclinaison de 30°.



Les PV sont reliés au reste du système électrique, situé à l'intérieur du logement et qui se constitue de :

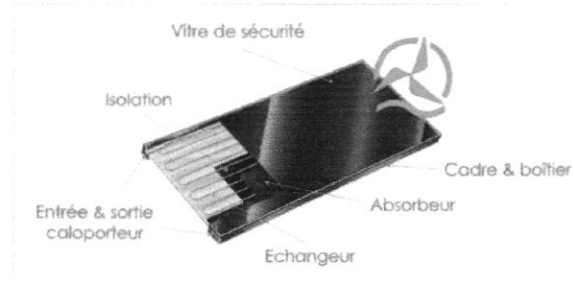
- Un régulateur : il contrôle l'état de charge de la batterie, pour notre cas : la charge minimale est limitée à 30%, qui est prioritaire dans le circuit, et protège l'installation. Les modèles les plus sophistiqués incluent des enregistreurs de données ;
- Une batterie : elle emmagasine l'électricité pour la restituer aux moments où il y a moins de lumière donc moins de production d'électricité photovoltaïque, les batteries utilisées dans notre projet sont des batteries de 12V et 160Ah ;



- Un onduleur : il transforme le courant électrique produit, qui est continu, en courant alternatif utilisable dans la maison. Il est relié aux prises et distribue l'électricité dans tout le logement.

### 6.3.9 Les capteurs solaires thermiques :

Dispositifs énergétiques qui consistent à transformer les rayons solaires en chaleur qui va être stockée dans l'eau, cette eau sert d'eau chaude sanitaire à usage domestique ou aura le rôle de chauffage pour les logements à travers des parois chauffantes : mur ou plancher chauffant.

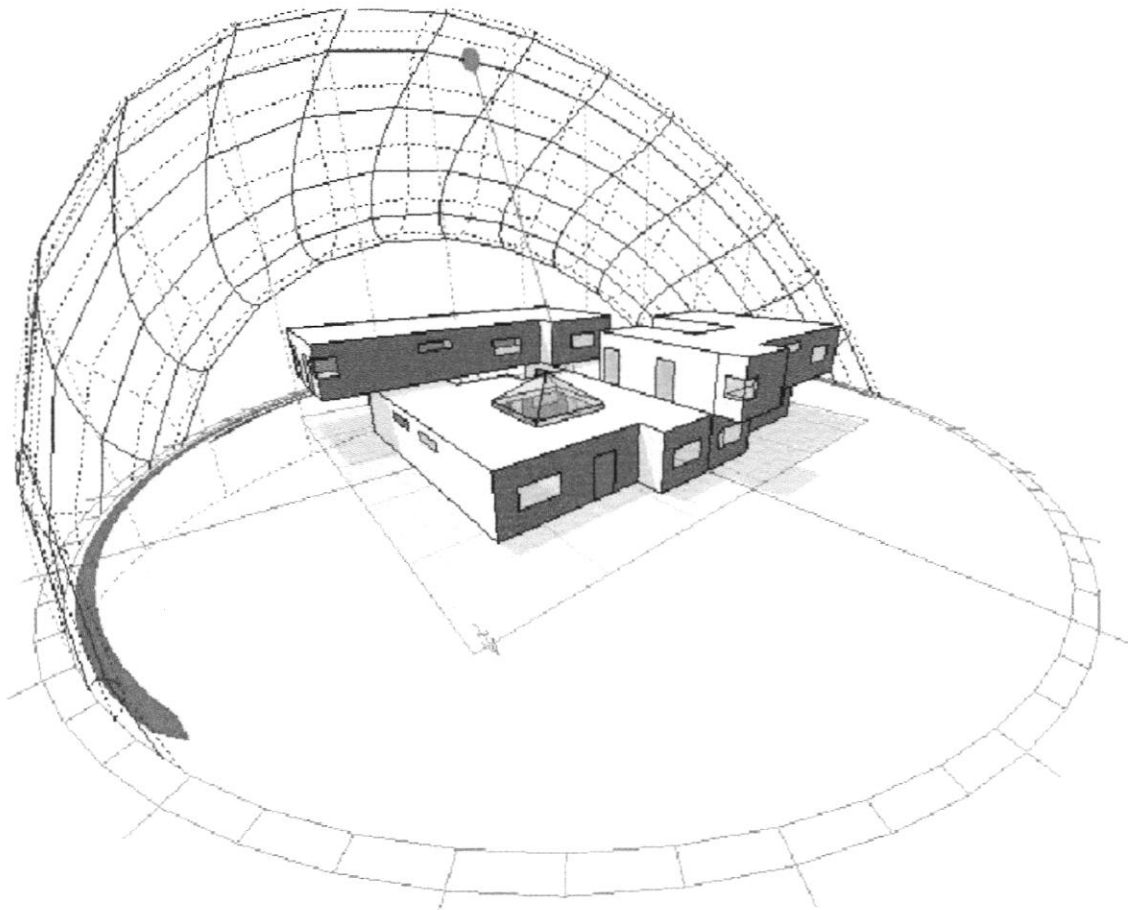


## 7 Evaluation de la performance du projet :

### 7.1 Simulations :

Avec un logiciel de simulation énergétique « Ecotect », on a modélisé notre projet avec tous les paramètres précédemment mentionnés pour effectuer une analyse thermique au modèle.

Cette analyse a pour but de déterminer la quantité d'énergie que le modèle consomme en chauffage et en climatisation pour modérer la température intérieure et la stabiliser dans la zone de confort (21.9-28.3 °C) qu'on a déjà calculé.



Les résultats des simulations sont les suivants :

MONTH	CHAUFFAGE (KWh)	CLIMATISATION (KWh)	TOTAL (KWh)
Janvier	3294.694	0.000	3294.694
Février	2725.031	0.000	2725.031
Mars	1711.758	0.000	1711.758
Avril	869.758	0.000	869.758
Mai	212.048	0.000	212.048
Juin	0.000	153.195	153.195
Juillet	0.000	1667.241	1667.241
Aout	0.000	1219.652	1219.652
Septembre	0.000	126.950	126.950
Octobre	81.392	0.000	81.392
Novembre	1167.324	0.000	1167.324
Décembre	2568.736	0.000	2568.736
<b>TOTAL</b>	<b>12630.741</b>	<b>3167.037</b>	<b>15797.778</b>
<b>PAR M<sup>2</sup></b>	<b>23.235</b>	<b>5.825</b>	<b>29.061</b>
<b>Surface du sol :</b>	<b>543.638 m<sup>2</sup></b>		

- Chauffage maximal : 14.825 kW à 06h00 le 13 Janvier.
- Climatisation maximale : 23.348 kW à 14h00 le 21 Juillet.

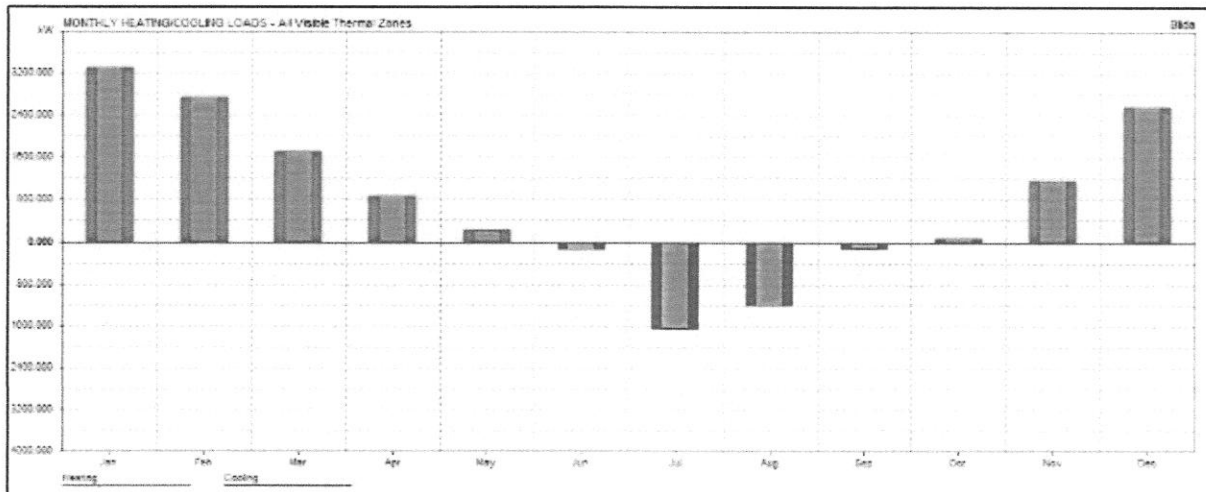


Figure III.25: graphe des besoins en chauffage et en climatisation du projet (source: ecotect 2017)

Avec une consommation de 29kwh/m<sup>2</sup>.an, notre bâtiment est classé en classe énergétique A étant un bâtiment à basse consommation énergétique ou maison BBC.

Pour aller d'une maison BBC à une maison passive ou encore à énergie positive, il est nécessaire de créer un système d'alimentation énergétique autonome et indépendant du réseau public.

L'énergie est générée depuis des capteurs solaires thermiques et photovoltaïques, les capteurs solaires thermiques sont utilisés pour chauffer le bâtiment à travers des planchers chauffants, et



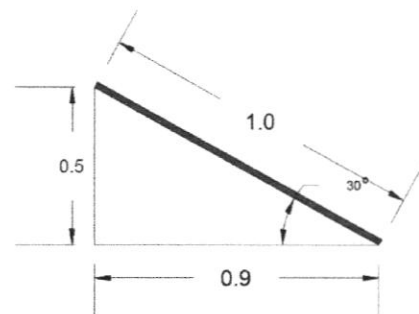
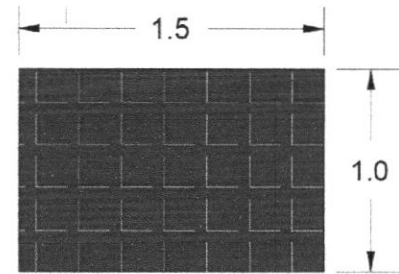
pour la production de l'eau chaude sanitaire, cependant, les PV sont utilisés pour la climatisation durant les mois d'été et pour l'éclairage intérieur et extérieur ainsi que pour les appareils électriques et ménagers.

## 7.2 Calcul des PV :

Les panneaux photovoltaïques sont placés sur la toiture de la cellule N°4.

Caractéristiques :

- Surface du module :  $1.5\text{m}^2$  ( $1 \times 1.5\text{m}$ )
- Type : monocristallin
- Durée de vie : 20 ans
- Orientation : plein sud ( $0^\circ$ )
- Inclinaison :  $30^\circ$
- Distance entre les modules :  $D = 2.6 \times h = 1.3\text{m}$
- Surface toiture :  $115\text{m}^2$
- N° de modules : 33
- Surface des modules :  $49.5\text{m}^2$



Le calcul de l'énergie généré par ces PV est fait par un logiciel « PVsyst 6.0.1 »

Mois	Global horizontal	Collective Plane	System output	System output
	kWh/m <sup>2</sup> . jr	kWh/m <sup>2</sup> . jr	kWh/jour	kWh
Janvier	2.09	3.2	19.79	613
Février	3.02	4.18	25.83	723
Mars	4.1	4.95	30.55	947
Avril	5.35	5.73	35.42	1063
Mai	6.33	6.17	38.13	1182
Juin	6.79	6.3	38.9	1167
Juillet	7.32	6.9	42.62	1321
Aout	6.21	6.4	39.51	1225
Septembre	5.08	5.89	36.4	1092
Octobre	3.45	4.54	28.07	870
Novembre	2.38	3.54	21.86	656
Décembre	2.11	3.52	21.73	674
Total	4.53	5.12	31.6	11533

Tableau 3 : résultats des simulations des PV (source: PVsyst)

L'emploi des PV a permis la production d'un total d'énergie égale à 11533 kWh/an.

L'électricité générée par ces panneaux est utilisée pour couvrir les besoins en climatisation pendant la période estivale, le reste d'énergie est destiné à l'éclairage intérieur et extérieur ainsi que les besoins pour l'appareillage électrique des logements.

Mois	Besoins climatisation (kWh)	Energie produite (kWh)	Fraction %
Janvier	0	613	+
Février	0	723	+
Mars	0	947	+
Avril	0	1063	+
Mai	0	1182	+
Juin	153.195	1167	+
Juillet	1667.241	1321	79.2
Aout	1219.652	1225	+
Septembre	126.950	1092	+
Octobre	0	870	+
Novembre	0	656	+
Décembre	0	674	+

Tableau 3 calcul des fraction de production pour chaque mois (source: PVsyst)

L'utilisation des PV doit être accompagnée d'une série de batteries qui servent à stocker l'énergie. Pour cela, il est nécessaire de connaître la capacité et la tension des batteries, dans notre cas, on va utiliser de 12V et 160Ah. Le calcul se fait par rapport à la production journalière maximale, qui est égale à 42.62 kWh/jr pendant le mois de juillet.

1. Calcul des pertes dues aux fils de connexion et de l'onduleur :

$$\begin{aligned} & \text{energie générée} / (\text{rendement de l'onduleur} * (1 - \text{pertes})) \\ & = 42.62 / (0.9 * 0.97) = 48.1 \text{ kWh} \end{aligned}$$

2. Tenir en compte le taux de charge des batteries : pour notre cas c'est 30%

$$48.1 / (1 - 0.3) = 68.7 \text{ kWh}$$

3. Nombre de batteries :

$$68.7 * 1000 / (12 * 160) = 35.7 \approx 36 \text{ batteries}$$

### 7.3 Calcul des capteurs solaires thermiques :

La toiture de la cellule N°3 est utilisée pour l'emplacement des capteurs solaire thermiques, avec des modules de 2.26m<sup>2</sup>, la toiture peut porter jusqu'à 23 modules.

Le calcul de la capacité des capteurs est calculé par le biais d'un logiciel en ligne « Tecsol »<sup>3</sup>

L'énergie produite = 16581.62 kWh/an.

Apport solaire annuel	16607	kWh/an
Productivité annuelle	319	kWh/m <sup>2</sup> .an

16581.62 kWh/an > 12630.741 kWh/an

Cette énergie sera destinée au chauffage ainsi que l'utilisation ainsi que pour l'utilisation des logements en eau chaude sanitaire.

### 7.4 Synthèse :

L'utilisation des énergies renouvelables sert à créer une certaine autonomie remarquable sur le plan écologique présentant les avantages suivants<sup>4</sup> :

- Electricité générée par an : 28114 kWh.

<sup>3</sup> Source : [tecsol.fr/calculs](http://tecsol.fr/calculs).

<sup>4</sup> Source : [onyxsolar.com](http://onyxsolar.com)

- Points de lumière totaux en fonctionnement 4heures par jour : 1361.4 heures.
- Emissions de CO<sub>2</sub> évitées par an : 18836.5 kg CO<sub>2</sub>.
- Barils de pétrole économisés :17 barils.

## 8 Conclusion :

Dans ce chapitre, on a commencé par une lecture détaillée de toutes les données physiques et naturelles qui ont un impact sur la performance de notre projet.

Ainsi, on a pu fusionner les données du site avec les recommandations extraites du chapitre précédent pour sortir avec un projet bien inscrit dans son contexte et qui répond à toutes les exigences architecturales et énergétiques.

L'évaluation de la performance énergétique du projet a prouvé que l'application des recommandations précédentes a été très efficace et nous a permis de modeler un bâtiment à basse consommation énergétique de la classe A.

Concevoir un système de production d'énergie autonome est une étape supplémentaire qui a permis de rendre le bâtiment encore plus performant est certainement une mesure écologique durable qui sert exploiter des ressources d'énergie renouvelables et durables.

## Table des matières

1	Introduction :	47
2	Présentation du site d'intervention :	47
2.1	Contexte régional :	47
2.1.1	La wilaya de Blida :	47
2.1.2	Le grand Blida :	47
2.2	Contexte communal :	48
2.2.1	Situation :	48
2.2.2	Accessibilité :	48
2.2.3	Structuration de la commune :	48
2.3	Présentation du périmètre d'étude :	49
2.3.1	Situation :	49
2.3.2	Analyse du site d'intervention :	49
2.3.3	Analyse climatique :	52
3	Confort thermique et analyse bioclimatique :	55
3.1	Température de confort :	55
3.2	Analyse bioclimatique :	56

# CONCLUSION GENERALE

## Conclusion :

Ce travail vise à concevoir un modèle architectural de logement qui garantit le confort de ses occupants sans devoir consommer d'énormes quantités d'énergie.

Pour atteindre notre objectif, on a développé une démarche méthodologique théorique et pratique. La première étape consiste à extraire tous les éléments architecturaux et techniques qui peuvent influencer le confort thermique et donc la consommation énergétique. Ensuite, on devait adapter tous les éléments précédents à l'assiette du projet à travers des simulations pour sortir avec des recommandations spécifiques à notre projet. Enfin, lors de la conception, on a essayé d'appliquer toutes les recommandations précédentes dans le projet. Après avoir concrétisé le projet, une évaluation énergétique était nécessaire pour pouvoir évaluer l'efficacité de notre méthode.

Les simulations de l'ensemble du projet ont montré que notre conception a donné naissance à un bâtiment à basse consommation énergétique BBC classé ainsi dans la classe énergétique la plus performante « classe A ». Pour améliorer encore mieux la performance énergétique, on a intégré des systèmes d'énergies renouvelables qui peuvent couvrir tous les besoins en énergie, le surplus d'énergie produite est stocké pour l'utiliser ailleurs.

Cette étude prouve que la conception des bâtiments à haute performance énergétique en Algérie n'est pas un défi mais seulement une mesure à prendre suivant des démarches claires et simples.

# BIBLIOGRAPHIE

## 1 Mémoires etc. :

1. **Boulfani Warda**, *Les ambiances thermiques d'été dans l'habitat de la période coloniale à patio, Cas d'étude : maisons à patio (Jijel)*, Université Mohamed Khider de Biskra.
2. **Benamour Okba**, *Etude de l'impact du rafraichissement des fontaines d'eau dans les maisons à patio- cad des zones sahariennes*. Université Mohamed Khider-Biskra, 134p.
3. **Zerouel Daoud**, 2006. *Impact des gains de chaleur sur la morphologie des bâtiments- cas des climats chauds et arides*. Université Mentouri de Constantine, 190 p.
4. **Labreche Samia**, *Forme architecturale et confort hygrothermique dans les bâtiments éducatifs, cas des infrastructures d'enseignement supérieur en régions*. Université Mohamed Khider – Biskra. 344 p
5. **Badeche Mounira**, 2008. *Impact de la loggia vitrée sur le confort thermique Dans la région de Constantine*. Université Mentouri de Constantine, 302p.
6. **Belkacem Berghout**, 2012 -effet de l'implantation d'un bâtiment collectif sur le confort hygrothermique intérieur- cas de Biskra (Algérie), Université du Québec, 186p.
7. **Caroline Flory-Celini**, 2008, *Modélisation et positionnement de solutions bioclimatiques dans le bâtiment résidentiel existant-* Université Lyon 1 Claude Bernard.france, 212 p.
8. **Medjelekh Dalel**, 2006, *Impact de l'inertie thermique sur le confort hygrothermique et la consommation énergétique du bâtiment, Cas de l'habitation de l'époque coloniale à Guelma-* - Université Mentouri de Constantine, 303p.
9. **Semahi Samir**, 2013, *Contribution méthodologique à la conception des logements à haute performance énergétique (HPE) en Algérie\_ Développement d'une approche de conception dans les zones arides et semi-arides - EPAU 150p.*
10. **Chahrazed Serrab Moussannef**, 2006, *Résorption de l'habitat précaire dans l'agglomération de Annaba(Algérie)- intégration ou épreuve de l'exclusion ?* –Université Mentouri de Constantine, 317p.
11. **Huda Mohammed Hussein Abed**, 2012, *Effect of Building Form on the Thermal Performance of Residential Complexes in the Mediterranean Climate of the Gaza Strip*, Islamic University of Gaza- 153p.
12. **Rahal Samia**, 2011, *L'impact de l'atrium sur le confort thermique dans les bâtiments publics- cas de la maison de culture à Jijel*, Université Mentouri de Constantine, 238p
13. **Solenne Plassart**, 2015, *L'atrium central dans les bâtiments tertiaires contemporains- l'intériorité par l'atrium, usage et ambiances au cœur des bureaux*, Ecole supérieure d'architecture de Nantes, 191p.
14. **Rabah Djedjig**, 2015, *Impact des enveloppes végétales à l'interfaces bâtiment microclimat urbain*, Université de la Rochelle, 171p.
15. **Chabi Mohammed**, 2009, *Etude bioclimatique du logement social- participatifde la vallée de M'Zab- cas de ksar de Tafilelt*, Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou, 301p.

## 2 Ouvrages :

1. **Alain Liébard et André De Herde**, *Traité de d'architecture et d'urbanisme bioclimatique*, Éditions Le Moniteur. 2005.
2. **Brigitte Vu**, *La maison à zéro énergie*, édition : Eyrolles, 2007. 126p.

3. **Clémence Chouvet**, *Les quartiers durables*, Un exemple de démarche intégrée et participative : Simone Schleifer Petites maisons écologiques. Edition : EVERGREEN, 2008
4. **Dominique Gauzin Muller**, *L'architecture écologique*. Edition : Le moniteur, 2001

### 3 Articles :

1. **N. Benradouane et B. Benyoucef**, 2008, La fenêtre et son rôle dans la conception des maisons bioclimatiques) Unité de Recherche de Matériaux et Energies Renouvelables, Université Abou Bekr Belkaïd, B.P. 119, Tlemcen. Revue des Energies Renouvelables CICME'08 Sousse 41 – 46.
2. **Adnan AlAnzi a, Donghyun Seo b, Moncef Krarti**, 2009. Impact of building shape on thermal performance of office buildings in Kuwait... Energy Conversion and Management 50. 822–828
3. **P. Depecker, C. Menezo, J. Virgone, S. Lepers**, 2001, Design of buildings shape and energetic consumption, Building and Environment 36 ,627–635. Centre de Thermique de Lyon. France
4. **Ramzi Ourghi a, Adnan Al-Anzi b, Moncef Krarti**, 2007, A simplified analysis method to predict the impact of shape on annual energy use for office buildings. Energy Conversion and Management 48, 305.
5. **Yael Valerie Perez a,b, Isaac Guedi Capeluto b**, 2009. Climatic considerations in school building design in the hot–humid climate for reducing energy consumption. Applied Energy 86, 340–348
6. **Carlo Ratti, Dana Raydan, Koen Steemers**, 2003, Building form and environmental performance: archetypes, analysis and an arid climate, Energy and Buildings 35, University of Cambridge. UK, 49–59
7. **Belkacem Berghout, Daniel Forgues et Danielle Monfet**, Simulation du confort thermique intérieur pour l'orientation d'un bâtiment collectif à Biskra, Algérie- - École de technologie supérieure, Montréal, Québec.
8. **Abdulbasit Almhafdy\*, Norhati Ibrahim, Sabarinah Sh Ahmad, Josmin Yahya**, 2013, Courtyard Design Variants and Microclimate Performance Procedia - Social and Behavioral Sciences 101. University Teknologi MARA Shah Alam- Malaysia, 170 – 180.
9. **Samir Abdulac**, 2011, les maisons à patio, ICOMOS, Paris 282-305.
10. **Mohd Fadhil Md Din, Hazlini Dzinun, M. Ponraj, Shreeshivadasan Chelliapan, Zainura Zainun Noor, Dilshah Remaz, Kenzo Iwao**, 2012, Investigation of thermal effect on exterior wall surface of building material at urban city area, International journal of energy and environment, Volume 3, Issue 4, 531-540.

### 4 Documents :

1. PDAU (source : DUCH et URBAB)
2. Plan cadastral (la cadastre de Blida)

### 5 Sites :

1. [www.Minergie.fr](http://www.Minergie.fr)



2. [www.encyclopedie-dd.org](http://www.encyclopedie-dd.org).
3. [www.vertigo.revues.org](http://www.vertigo.revues.org).
4. [www.oecd.org](http://www.oecd.org)
5. [www.APRUE.org.dz](http://www.APRUE.org.dz)
6. [www.elsevier.com](http://www.elsevier.com)
7. [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
8. [www.ijee.ieefoundation.org](http://www.ijee.ieefoundation.org)
9. [www.dalipotter.byethost3.com](http://www.dalipotter.byethost3.com)
10. [www.picbleu.fr](http://www.picbleu.fr)
11. [www.Ogp.me](http://www.Ogp.me)
12. [www.techno-science.net](http://www.techno-science.net)
13. [www.energieplus-lesite.be](http://www.energieplus-lesite.be)
14. [www.ADEME.fr](http://www.ADEME.fr)
15. [www.AUDIAR.org](http://www.AUDIAR.org)
16. [www.ADEUS.org](http://www.ADEUS.org)
17. [www.Arcad.ca.fr](http://www.Arcad.ca.fr)
18. [www.Googleearth.com](http://www.Googleearth.com)
19. [www.Cadmapper.com](http://www.Cadmapper.com)
20. [www.Meteoblue.com](http://www.Meteoblue.com)
21. [www.Weatherspark.com](http://www.Weatherspark.com)
22. [www.Guidebatimentdurable-brussels.com](http://www.Guidebatimentdurable-brussels.com)
23. [www.Savoie.gouv.fr](http://www.Savoie.gouv.fr)
24. [www.PATEY.com](http://www.PATEY.com)
25. [www.pascalrousseau-architecte.fr](http://www.pascalrousseau-architecte.fr)
26. [www.preyvilines.com](http://www.preyvilines.com)
27. [www.agglo-gpso.fr](http://www.agglo-gpso.fr)

## **LISTE DE FIGURES :**

### **CHAPITRE 1 : CHAPITRE INTRODUCTIF**

FIG I.1: Consommation d'énergie primaire et finale dans le monde.....	1
FIG I.2: Énergie primaire par habitant dans le monde.....	1
FIG I.3: Énergie finale par secteur en 2004.....	2
FIG I.4: Énergie finale par produit en 2004.....	2
FIG I.5: Répartition de consommation finale par type d'énergie en 2005.....	3
FIG I.6: Consommation d'énergie par secteur d'activité en 2005.....	3
FIG I.7: Schéma de méthodologie du mémoire.....	6

### **CHAPITRE 2: ETAT DE SAVOIR**

FIG II.1 : Étapes de stratégie du chaud.....	9
FIG II.2 : Étapes de stratégie du froid.....	9
FIG II.3 : Les différentes manières d'agir sur le coefficient de la forme.....	12
FIG II.4 : Quelque exemple de matériaux de construction.....	14
FIG II.5 : Absorption des couleurs et la température des parois.....	14
FIG II.6 : Les déperditions thermiques d'un bâtiment chauffé.....	15
FIG II.7 : Toit terrasse et toit en pente.....	16
FIG II.8 : Constitution de la toiture terrasse et de la charpente.....	16
FIG II.9 : Ouvertures de villa Poiana, Palladio, Italie.....	16
FIG II.10 : Illustration de la relation ouverture-position.....	17
FIG II.11 : Comparaison du rôle de protection solaire en hiver et en été.....	18
FIG II.12 : Typologie de protection solaire selon la direction.....	19
FIG II.13 : Typologie de protection solaire selon la position.....	19
FIG II.14 : Typologie de protection solaire selon la mobilité.....	19
FIG II.15 : Absorption du rayonnement de la journée et ré-rayonnement durant la nuit.....	21
FIG II.16 : Exemples de position des patios dans un ensemble bâti.....	21
FIG II.17 : Photos d'atrium moderne.....	22
FIG II.18 : Coupe schématique d'atrium.....	22
FIG II.19 : Loggia fermée/ouverte.....	23
FIG II.20 : Projection cylindrique de la course solaire à Paris.....	25
FIG II.21 : Exemple de présence d'eau dans une maison.....	26
FIG II.22 : Rafraîchissement de l'air circulant par une fontaine.....	27
FIG II.23 : Illustration de la technique roof pond.....	27

FIG II.24 : Types de feuillage.....	28
FIG II.25 : Les effets de la végétation en milieu urbain.....	28
FIG II.26 : Protection végétale par différents types de végétation.....	29
FIG II.27 : Le modèle de base sur Ecotect.....	31
FIG II.28 : Les formes de patio.....	36
FIG II.29 : Les formes de simulations.....	37
FIG II.30 : Classification de performance des dispositifs.....	39
FIG II.31 : Habitation amérindienne.....	39
FIG II.32 : Maison individuel.....	40
FIG II.33 : Habitats collectifs.....	40
FIG II.34 : Exemples de composition de logements.....	40
FIG II.35 : Exemples de formes d'assemblage.....	41
FIG II.36 : Plan de situation du projet.....	43
FIG II.37 : 3D d'une partie de l'opération.....	43
FIG II.38 : Coupe de l'opération est-ouest.....	43
FIG II.39 : Plan de masse de l'opération.....	43
FIG II.40 : Photos de l'opération.....	43
FIG II.41 : Plan de situation du projet.....	44
FIG II.42 : Les typologies de composition du projet.....	44
FIG II.43 : Les plans des appartements du modulodge.....	44
FIG II.44 : Les différentes compositions de logements.....	44
FIG II.45 : Coupe du modulodge .....	44
FIG II.46 : Plan du twinlodge.....	44
FIG II.47 : 3D du twinlodge.....	44
FIG II.48 : Coupe du twinlodge.....	44
FIG II.49 : Plan de l'ecolodge.....	44
FIG II.50 : 3D de l'ecolodge.....	44
FIG II.51 : Coupe de l'ecolodge.....	44
FIG II.52 : Plan de l'I-lodge.....	45
FIG II.53 : Vue du centre de l'I-lodge .....	45
FIG II.54 : Plan de l'I-lodge .....	45

### CHAPITRE 3 : LE PROJET

FIG III.1 : Situation géographique de la wilaya de Blida.....	47
---	----

FIG III.2 : Le grand Blida.....	48
FIG III.3 : Situation de la commune de Ouled Yaich.....	48
FIG III.4 : Situation du POS.....	49
FIG III.5 : Développement du site au cours des années.....	49
FIG III.6 : Accessibilité au site d'intervention.....	50
FIG III.7 : Carte d'environnement immédiat du site d'intervention.....	50
FIG III.8 : Limites du site.....	50
FIG III.9 : Coupe 1.....	51
FIG III.10 : Coupe 2.....	51
FIG III.11 : Coupe 3.....	51
FIG III.12: Courbes de niveaux projetées sur le terrain.....	52
FIG III.13: Température annuelle de la wilaya de Blida.....	52
FIG III.14: Humidité relative de la wilaya de Blida.....	52
FIG III.15 : Moyenne de précipitations annuelles de la wilaya de Blida.....	53
FIG III.16 : Types de précipitation annuelle pour la wilaya de Blida.....	53
FIG III.17: Vitesse moyenne des vents à Blida.....	53
FIG III.18 : La rose des vents de Blida.....	54
FIG III.19 : Courbe de radiations solaires annuelles à Blida.....	54
FIG III.20: Gammes de confort adaptatif selon la température moyenne extérieure mensuelle.....	55
FIG III.21 : Diagramme psychrométrique de Szokolay pour l'hiver réalisé par Ecotect.....	56
FIG III.22: Diagramme psychrométrique de Szokolay pour l'été réalisé par Ecotect.....	57
FIG III.23 : Diagramme psychrométrique de Szokolay pour printemps réalisé par Ecotect...	57
FIG III.24: Diagramme psychrométrique de Szokolay pour l'automne réalisé par Ecotect....	58
FIG III.25 : Graphe des besoins en chauffage et en climatisation du projet.....	75
FIG III.26: Énergie produite par les PV.....	76

## **LISTE DES TABLEAUX :**

### **Chapitre 2 :**

Tableau 1: Références bibliographiques de l'impact de la forme du bâtiment sur la consommation énergétique .....	13
Tableau 2: Caractéristiques de quelques matériaux .....	14
Tableau 3: Références bibliographiques de l'impact des matériaux de construction sur la consommation énergétique .....	15
Tableau 4: Références bibliographiques de l'impact de la toiture sur la consommation énergétique .....	16
Tableau 5: Références bibliographiques de l'impact des ouvertures sur la consommation énergétique .....	18
Tableau 6: Références bibliographiques de l'impact de la protection solaire sur la consommation énergétique du bâtiment .....	20
Tableau 7: Références bibliographiques de l'impact du patio sur la consommation énergétique du bâtiment .....	21
Tableau 8: Références bibliographiques de l'impact des loggias sur la consommation énergétique .....	24
Tableau 9: Références bibliographiques de l'impact de l'orientation du bâtiment sur sa consommation énergétique .....	25
Tableau 10: Références bibliographiques de l'impact de l'emploi d'une source d'eau dans un bâtiment sur sa consommation énergétique .....	27
Tableau 11: Références bibliographiques de l'impact de la végétation sur la consommation énergétique d'un bâtiment .....	29
Tableau 12: Consommation énergétique du modèle avec changement de l'orientation calculée par simulation sur Ecotect .....	31
Tableau 13: Consommation énergétique du modèle avec changement du taux de vitrage calculée par simulation sur Ecotect .....	33
Tableau 14: Consommation énergétique du modèle avec changement du type de vitrage calculée par simulation sur Ecotect .....	33
Tableau 15: Consommation énergétique du modèle avec changement de la dimension des protections solaires calculée par simulation sur Ecotect .....	34
Tableau 16: Consommation énergétique du modèle avec changement des matériaux calculée par simulation sur Ecotect .....	35
Tableau 17: Consommation énergétique du modèle avec changement de l'épaisseur de l'isolation calculée par simulation sur Ecotect .....	36
Tableau 18: Consommation énergétique du modèle avec changement de l'atrium calculée par simulation sur Ecotect .....	36
Tableau 19: Consommation énergétique du modèle avec changement de sa forme calculée par simulation sur Ecotect .....	37
Tableau 20: consommation énergétique des meilleures configurations pour chaque dispositif...	38

**Chapitre 3**

Tableau 1: les températures moyennes annuelles .....	55
Tableau 2: calcul de confort thermique d'hiver et d'été à Blida .....	55
Tableau 3 : résultats des simulations des PV .....	76
Tableau 4 : calcul des fraction de production pour chaque mois .....	77

# ANNEXES

honey :

ion	
	Blida
	2.81
	36.47
	212

ion														
	Jan	Fév	Mar	avr	mai	juin	juil	aou	sep	oct	nov	déc		
	16	16,4	19,2	20,9	25	28,1	29,9	30,2	25,9	27,4	21,8	16,2		
	7,3	7	8,2	12	14	17,7	22,3	22,6	18,9	15,4	20,9	14,9	AMR (T max-T min)	23,2
	11,1	11,2	13,2	16	19	22,3	25,7	26,1	22,9	20,4	15,4	12	AMT (T max + T min)/2	18,6

es d'humidité	
été	Humidité relative
	H < 30 %
	H : 30-50%
	H : 50-70%
	H > 70%

idité relative, précipitation et vent

	Jan	Fév	Mar	avr	mai	juin	juil	aou	sep	oct	nov	déc		
	71	70	65	62	57	50	48	48	56	59	67	73		
	61	57	51	50	47	48	37	37	47	50	58	62		
le	66	63,5	58	56	52	49	42,5	42,5	51,5	54,5	62,5	67,5		
té	3	3	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3	Total	3
m)	80	55	58	42	47	3	3	10	30	40	90	90		5
/s)														

s de confort

pe d'humidité	AMT > 20°C		AMT : 15-20 °C		AMT < 15°C	
	jour	nuît	jour	nuît	jour	nuît
1	26-34	17-25	23-32	14-23	21-30	12_21
2	25-31	17-24	22-30	14-22	20-27	12_20
3	23-29	17-23	21-28	14-21	19-26	12_19
4	22-27	17-21	20-25	14-20	18-24	12_18

ostique

	Jan	Fév	Mar	avr	mai	juin	juil	aou	sep	oct	nov	déc
	3	3	3	3	3	2	2	2	3	3	3	
	16	16,4	19,2	20,9	25	28,1	29,9	30,2	25,9	27,4	21,8	1
ax	28	28	28	28	28	30	30	30	28	28	28	
in	21	21	21	21	21	22	22	22	21	21	21	
	7,3	7	8,2	12	14	17,7	22,3	22,6	18,9	15,4	20,9	1
Max	21	21	21	21	21	22	22	22	21	21	21	
Min	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
jour	C	C	C	C	O	O	O	H	O	O	O	C
nuît	C	C	C	C	O	O	H	H	O	O	O	O
	C: trop froid			O: confort			H : trop chaud					

teurs

	Jan	Fév	Mar	avr	mai	juin	juil	aou	sep	oct	nov	déc
l'aire essentiel												
l'aire désirable												
ntre la pluie												
mique nécessaire												
désirable												
froid												

Confort thermique		Précipitation	G. d'humidité	AMR
Jour	Nuit			
H			4	
H			2,3	< 10°
O			4	
		+ 200 (mm)		
			1,2,3	> 10°
	H		1,2	
H	O		1,2	> 10°



**Table de Mahoney : Recommandations**

## 1. Plan de masse :

0	0	0	12	2	5
---	---	---	----	---	---

H1	H2	H3	A1	A2	A3	
			0-10		5-12	Bâtiment orienté suivant un axe longitudinal est-ouest afin de diminuer l'exposition au soleil
			11 ou 12		0-4	Plan compacte avec cours intérieurs

## 2. Espacement entre bâtiments :

11 ou 12						Grands espacements pour favoriser la pénétration du vent
2-10						Comme ci-dessus mais avec protection contre vent chaud/ froid
0 ou 1						Plan compacte

## 3. Circulation d'air :

3-12						Bâtiments à simple orientation. Dispositions permettant une circulation d'air permanente
1 ou 2	2-12		0-5			Bâtiment à double orientation permettant une circulation d'air permanente
0	0 ou 1					Circulation d'air inutile

## 4. Dimensions des ouvertures :

			0 ou 1		0	Grandes, 40 à 80% des façades nord et sud
					1-12	Moyennes, 25 à 40 % de la surface des murs
			2-5			
			6-10			Intermédiaires, 20 à 35 % de la surface des murs.
			11 ou 12		0-3	Petites, 15 à 25% de la surface des murs
					4-12	Moyennes, 25 à 40% de la surface des murs

## 5. Position des ouvertures :

3-12						Ouvertures dans les murs nord et sud, à hauteur d'homme du côté exposé au vent
1 ou 2	2-12		0-5			Comme ci-dessus, mais y compris ouvertures pratiquées dans les murs intérieurs.
			6-12			
0	0 ou 1					

## 6. Protection des ouvertures :

				0-2	Se protéger de l'ensoleillement direct
		2-12			Prévoir une protection contre la pluie

## 7. Murs et planchers :

			0-2		Construction légère, faible inertie thermique
			3-12		Construction massive, décalage horaire supérieur à 8 heures.

## 8. Toiture :

10-12			0-2		Constructions légères, couverture à revêtements réfléchissants et vide d'air
			3-12		Légère et bien isolée
0-9			0-5		Construction massive, décalage horaire supérieur à 8 heures.
			6-12		

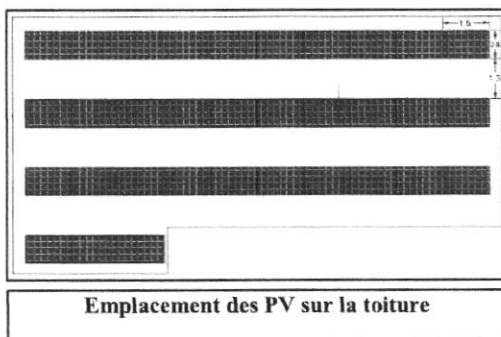
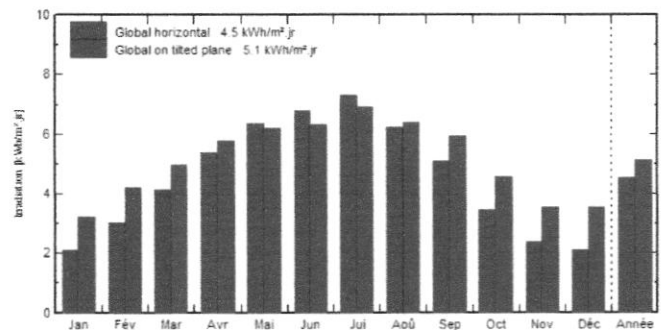
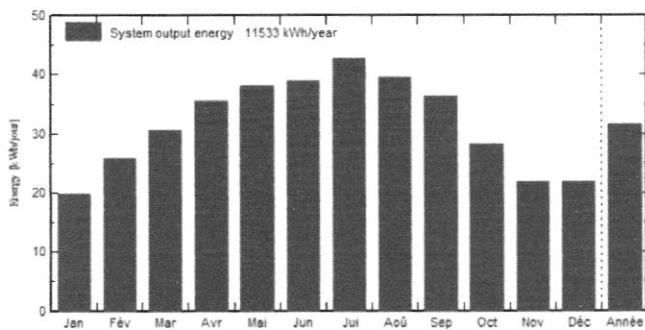
## 9. Espaces extérieurs :

				1-12	Espacement pour le sommeil en plein air
		1-12			Drainage approprié des eaux de pluie
		3-12			

## Calculs des panneaux photovoltaïques :

Source : logiciel « pvsyst 6.0 »

Mois	Global horizontal	Collective Plane	System output	System output
	kWh/m <sup>2</sup> . jr	kWh/m <sup>2</sup> . jr	kWh/jour	kWh
Janvier	2.09	3.2	19.79	613
Février	3.02	4.18	25.83	723
Mars	4.1	4.95	30.55	947
Avril	5.35	5.73	35.42	1063
Mai	6.33	6.17	38.13	1182
Juin	6.79	6.3	38.9	1167
Juillet	7.32	6.9	42.62	1321
Aout	6.21	6.4	39.51	1225
Septembre	5.08	5.89	36.4	1092
Octobre	3.45	4.54	28.07	870
Novembre	2.38	3.54	21.86	656
Décembre	2.11	3.52	21.73	674
<b>Total</b>	<b>4.53</b>	<b>5.12</b>	<b>31.6</b>	<b>11533</b>



Results

Input Data: Blida, Plan: inclination 30°, azimuth 0°

Parameters: Area 49.0 m<sup>2</sup>, Module Cost 104.30 DZD/Wp, Technology Monocrystalline

Results: Nominal power 7.3 kW, Annual Yield 11.5 MWh/yr, Investment 2789493 DZD, Energy cost 24.33 DZD/kWh

Economic gross evaluation [excluding taxes and subsidies]:

Module cost	766805 DZD
Supports cost	766805 DZD
Investes and wiring	191651 DZD
Transport/Mounting	106432 DZD
<b>Total investment</b>	<b>2789493 DZD</b>
Annuités	223836 DZD/yr
Maintenance costs	56780 DZD/yr
<b>Total Yearly cost</b>	<b>280617 DZD/yr</b>
<b>Energy cost</b>	<b>24.33 DZD/kWh</b>

Currency: Algérie DZD

Loan: Duration 20 years, Rate 5.0 %, Ann. factor: 0.080

Buttons: Load Project, Save, Print, Cancel, OK

**Calcul du coût du système des PV au long de 20 ans**

S

STATION DE TRAITEMENT D'EAU 8

7 COLLECTE ET GESTION DES DECHETS

6

3

3

9

VOIE MECANIQUE

4

2

3

VOIE MECANIQUE

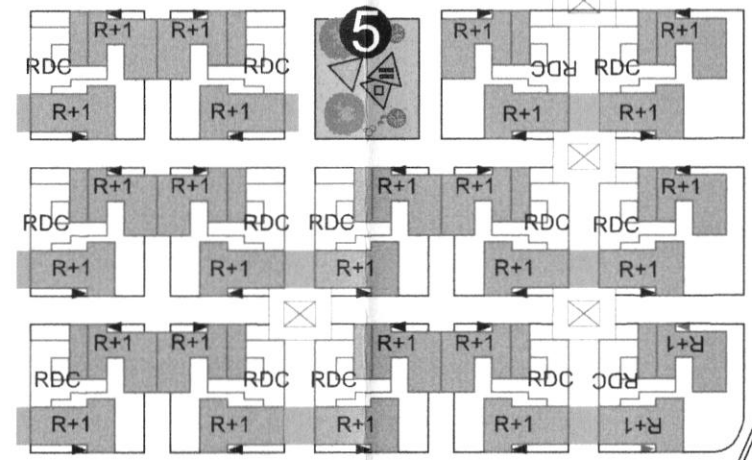
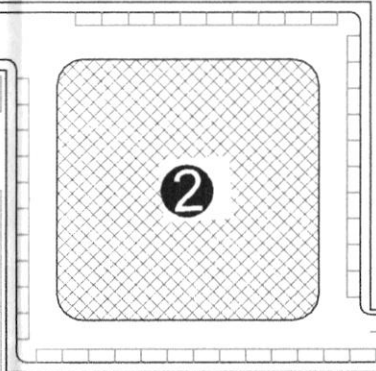
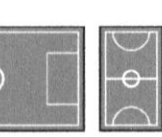
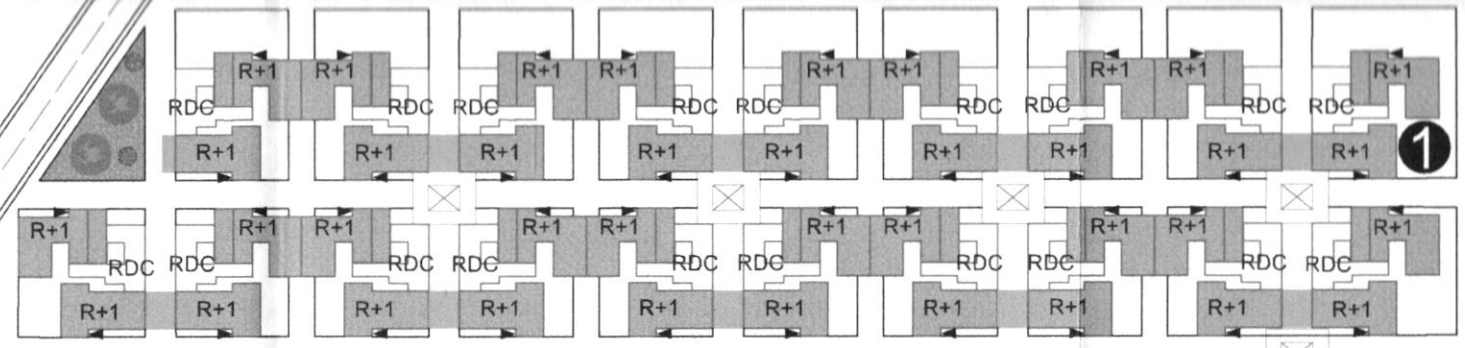
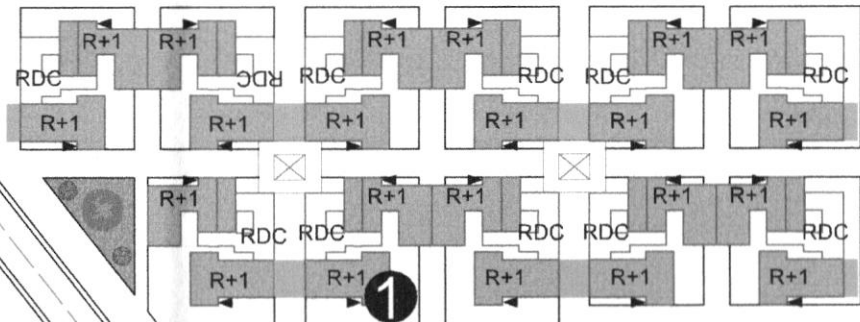
4

Accès

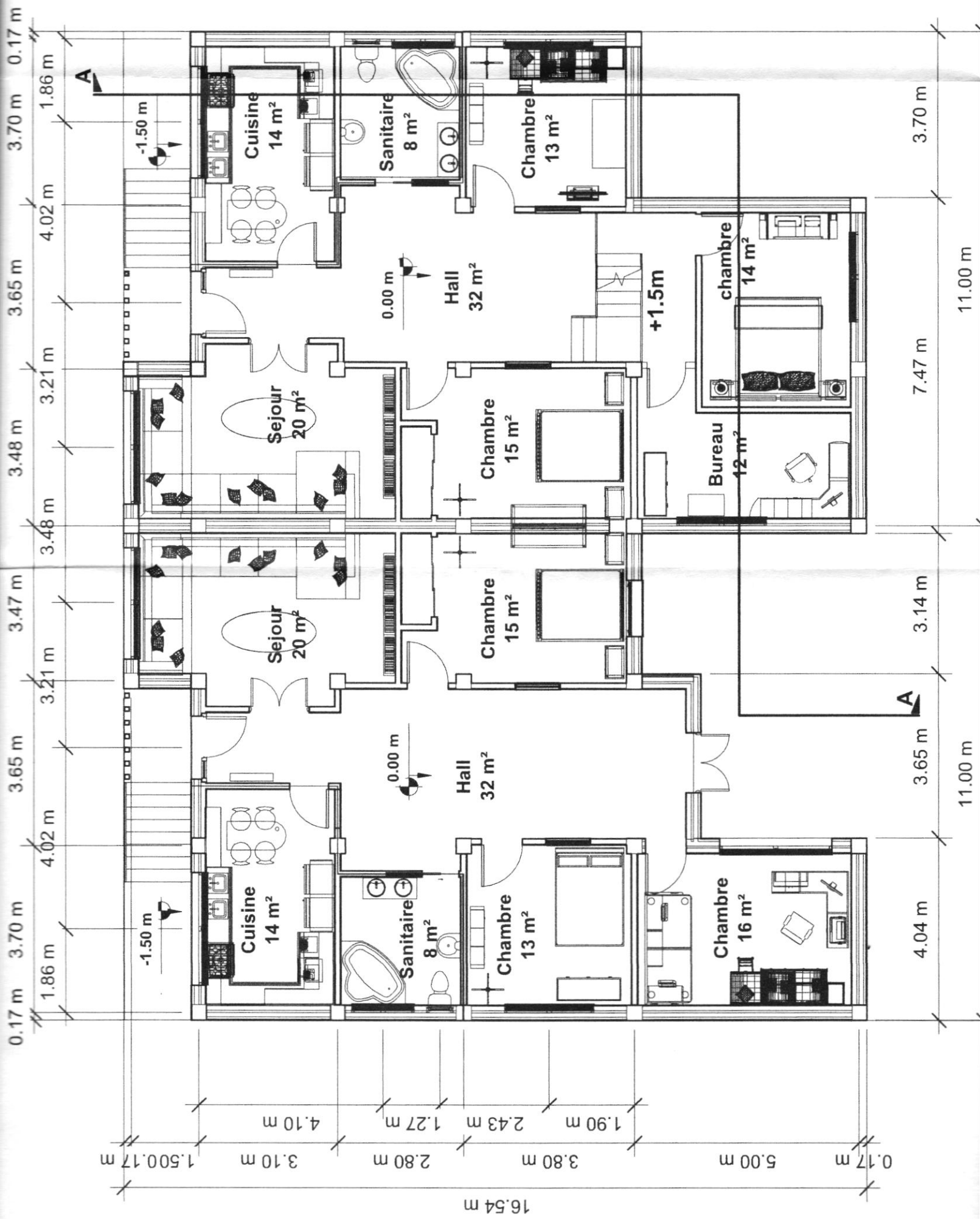
9

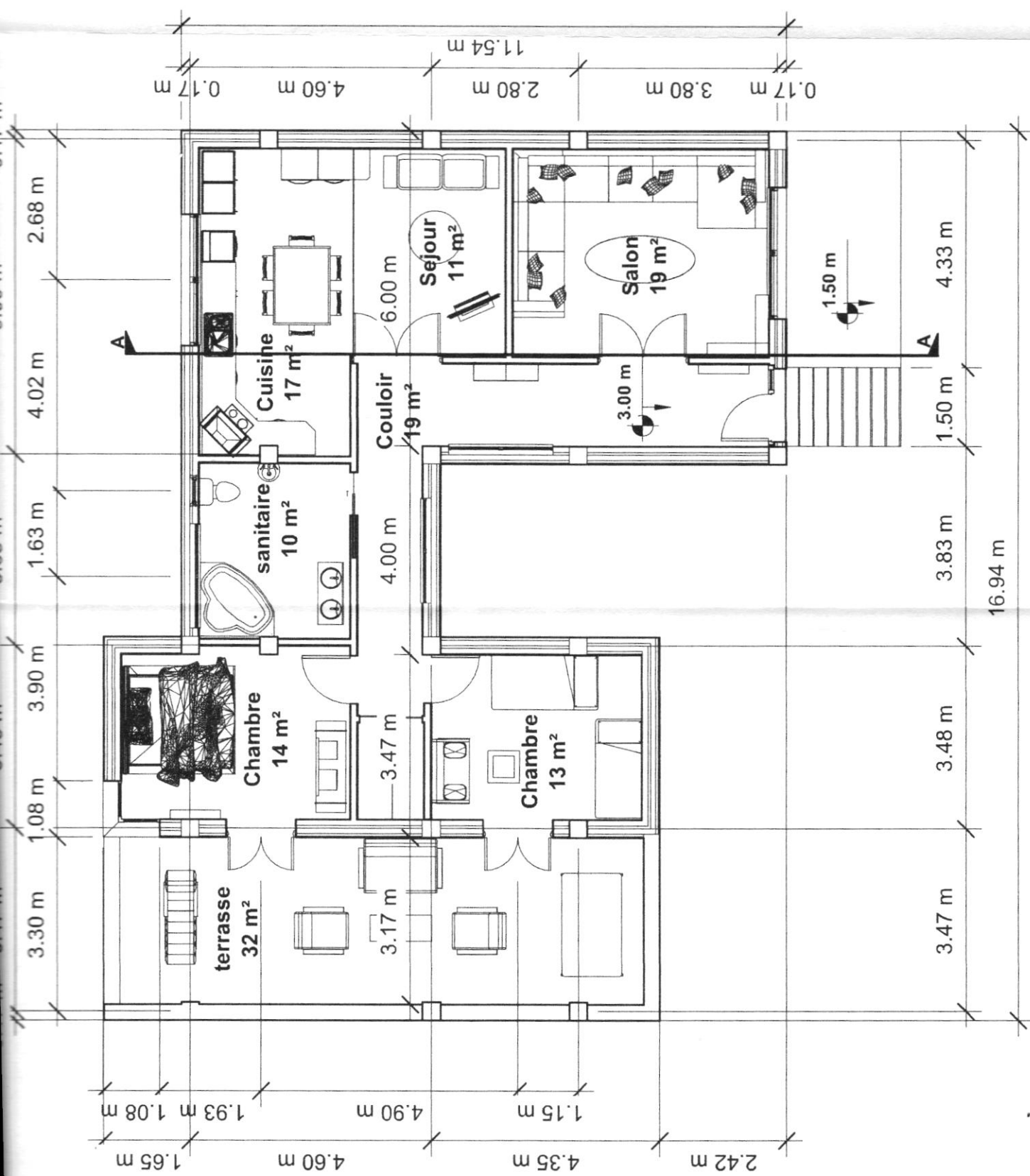
5

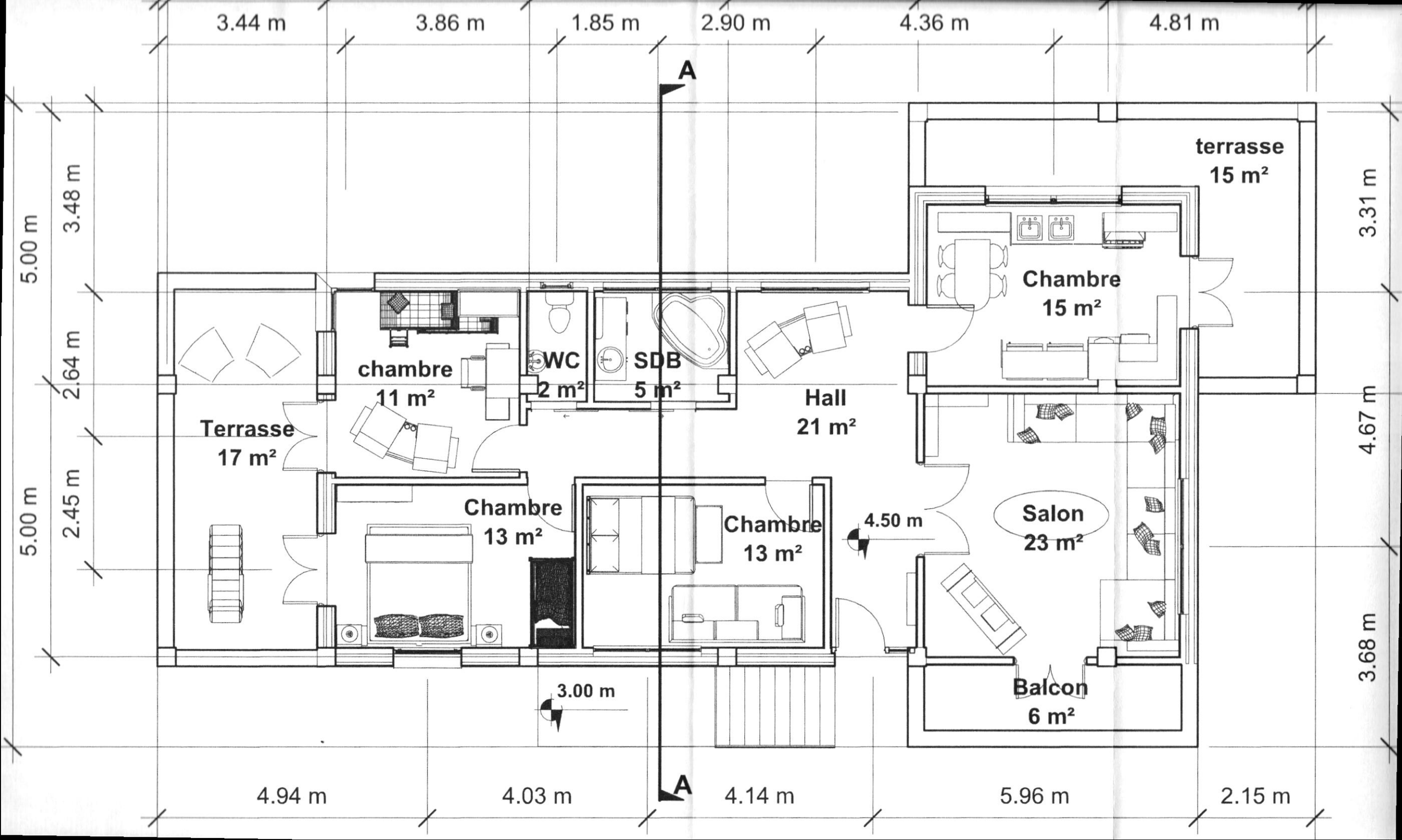
VOIE MECANIQUE

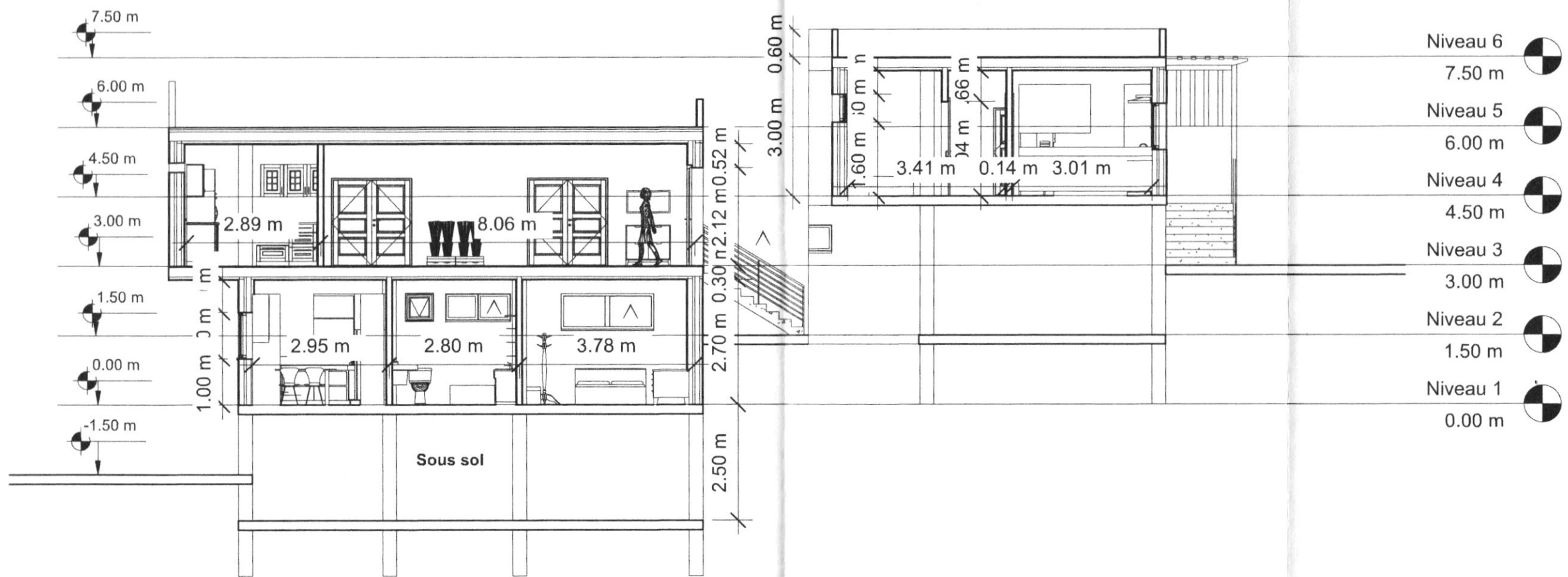


**LEGENDE :**  
 1 Maisons semi collectifs    5 Air de jeux









- Niveau 6 7.50 m
- Niveau 5 6.00 m
- Niveau 4 4.50 m
- Niveau 3 3.00 m
- Niveau 2 1.50 m
- Niveau 1 0.00 m

CoupeA-A

Echelle1/100



