



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
People's Democratic Republic of Algeria  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministry of Higher Education and Scientific Research  
جامعة عبد الحميد ابن باديس - مستغانم  
Abdelhamid Ibn Badis University of Mostaganem  
كلية العلوم والتكنولوجيا  
Faculty of Science and Technology  
Department of Architecture



N° ordre / ...../ Dept. Arch .....

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DE

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Architecture, Urbanisme et Métiers de la Ville

Spécialité : Architecture

Option : Habitat et Politique de la Ville

Thème

**Le SMART HOUSING : ébauche d'un habitat intelligent a  
salamandre Mostaganem**

Présenté par :

- ❖ Bouzid Hadja yamina
- ❖ Maiz ibtissem
- ❖ ENCADRANT : M. Madjid CHACHOUR
- ❖ CO-ENCADRANT: M. Abdellah BENZIDANE

Soutenu le .... /Juillet / 2021 devant le jury composé de :

- ❖ PRÉSIDENT : M. Ahmed BERRAS
- ❖ EXAMINATEUR : M. Nazih CHENAFI

ANNEE UNIVERSITAIRE

2020-2021

# Remerciement

En tout premier lieu, nous remercions le bon dieu, le tout puissant pour le *courage, la force et la volonté qu'il nous a accordé pour achever ce mémoire.* Nous tenons à exprimer toute notre reconnaissance à notre directeur de mémoire M. CHACHOUR, pour son aide si précieuse, ses encouragements, son soutien *moral, sa patience et surtout ses orientations et l'intérêt qu'il nous a accordé tout au long de l'élaboration de ce travail. Qu'il trouve ici l'expression de nous* reconnaissance et de nos profondes gratitude. Encore merci. Nous remercions également aux membres du jury qui ont bien voulu nous honorer de leur *présence, afin d'évaluer ce travail. Nos remerciements sincères vont également à* toute personne contribuant de près ou de loin à l'élaboration de ce travail. Enfin, Nous souhaitons remercier nos familles, nos proches et toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de notre travail.

# Dédicace

- ❖ Au nom du dieu, C'est avec gratitude et développement total que je tiens à dédier ce travail
- ❖ A ma chère maman, tu m'as comblé avec ta tendresse et affection tout au long de mon parcours, tu m'as toujours encouragé et soutenu, merci pour ton amour et merci d'être Toujours là pour moi.
- ❖ A l'homme de ma vie, mon cher père Bouzid Kaddour, pour son sacrifice et son amour, tu es mon modèle, Qu'Allah te garde pour moi.
- ❖ A mon cher frère Abdelmalek, tu as été toujours là pour moi.
- ❖ A mes chères tantes et cousins et cousines, pour son amour et son soutien. A mon binôme Maiz ibtissem, ainsi que la famille Brahim et Bridja.
- ❖ A notre encadreur Mr Chachour, Merci beaucoup pour tous vos conseils et votre soutien.
- ❖ A Mr Chenafa abdelwahab et sa sœur chenafa yasmine et toute la famille chenafa

BOUZID HADJA YAMINA

- ❖ A ma chère maman, pour tous leurs sacrifices, son amour, sa tendresse, soutien et prières tout au long de mes études,
- ❖ A mon cher binôme mina pour son encouragement permanent, et son outien moral pendant les 4ans A Artgerian pour son soutien moral durant toute cette année
- ❖ A mes cousines et ma meilleure amie B.hadjer pour leur appui et leur encouragement, Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infailible, Merci d'être toujours là pour moi.

MAIZ I BTISSEM

# Table des matières

1	INTRODUCTION .....	1
2	PROBLÉMATIQUE .....	4
3	HYPOTHÈSES .....	7
4	Objectifs .....	7
	<b>5-Chapitre 01 : CONCEPTS LIE AU THEME .....</b>	<b>9</b>
5.1	Habitat : .....	10
5.2	Habitation .....	11
5.3	Le logement .....	11
5.4	PATRIMOINE : .....	12
5.5	Identité .....	12
5.6	Types d'identités .....	12
5.6.1	L'identité personnelle .....	13
5.6.2	L'identité sociale. ....	13
5.6.3	L'identité culturelle .....	13
5.6.4	Identité architecturale . ....	13
5.7	TRADITION : .....	13
5.8	L'architecture traditionnelle : .....	13
5.9	L'habitat traditionnel : .....	14
5.10	L'architecture vernaculaire : .....	14
5.11	Développement durable : .....	15
5.11.1	Le développement durable, un appel à la complexité .....	16
5.11.2	Comment le développement durable a pris de l'importance ? .....	17
5.11.3	Développement durable : la transition écologique et solidaire des sociétés .....	18
5.12	Smart Growth et nouvel urbanisme : définitions et origines .....	18
5.13	Smart house : .....	20
5.14	Technique de bâtiment « intelligent » : .....	21
5.14.1	Thermique .....	21
5.14.2	Technique d'éclairage .....	22
5.15	Habitat écologique : .....	22
5.15.1	Les caractéristiques d'une maison écologique .....	23

5.16	Efficacité énergétique : .....	23
5.16.1	Démarches effectuées par l'Algérie : .....	24
5.17	Logement durable .....	25
<b>6-</b>	<b>Deuxième Chapitre</b> .....	<b>26</b>
6.1	La qualité Architecturale : .....	27
6.1.1	Evaluer la qualité architecturale : .....	28
6.1.2	Evaluation de la qualité architecturale d'une œuvre, un équipement ou d'un bâtiment	28
6.1.3	Récapitulation de la qualité architecturale d'une œuvre : .....	29
6.2	L'architecture en Algérie .....	31
6.2.1	L'architecture traditionnelle : .....	31
6.2.2	L'architecture postindépendance : .....	31
6.2.3	ARCHITECTURE TRADITIONNELLE ET MODE DE VIE CONTEMPORAIN ....	34
6.2.4	Habitat traditionnelle .....	35
6.2.5	FORME ET DIVERSITE DE L'HABITAT TRADITIONNEL EN ALGERIE : .....	36
6.2.6	Analyse architecturale de la maison « casbah d'Alger » : .....	38
6.2.7	Les qualités architecturales .....	38
7	CARACTERISTIQUES DE L'HABITAT TRADITIONNEL EN ALGERIE : Casbah d'Alger	39
7.1	Les éléments de composition typologiques : .....	39
7.1.1	La maison comme unité du cadre bâti : .....	39
7.1.2	La driba est un aménagement de la skiffa, seuil de la maison : .....	40
7.1.3	La skiffa, ou le seuil préservant l'intimité .....	40
7.1.4	Le patio, cour ou la centralité par excellence : .....	41
7.1.5	Le S'hin, un espace servant .....	44
7.1.6	Le kbou, une excroissance judicieuse et intelligente .....	45
7.1.7	La terrasse : Stah, ou le reflet d'un espace féminin : .....	45
7.2	Echelle architecturale .....	48
7.2.1	Les ouvertures .....	48
7.2.2	L'Iwan, une position intermédiaire de transit pour améliorer la ventilation : .....	48
7.2.3	Le West eddar : Ingénieux système de ventilation naturelle .....	49
7.3	La présence d'eau source de fraîcheur La casbah d'Alger .....	50
7.4	L'échelle architectonique .....	51
7.4.1	Les chapiteaux et les colonnes : .....	51
7.4.2	Les Portes Extérieures .....	52
7.4.3	Les Arcs .....	52
7.5	L'enveloppe .....	52
7.6	Le plan .....	52

7.7	La configuration morphique .....	53
<b>8</b>	<b>- TROISIEME CHAPITRE .....</b>	<b>54</b>
8.1	LES MATERIAUX TRADITIONNELS : .....	55
8.1.1	Matières minérale : .....	56
8.1.2	Matières végétales : .....	56
8.1.3	Matières animales .....	57
8.2	Technique de construction : .....	57
8.2.1	La ventilation naturelle .....	57
8.2.2	Protection solaire protection des façades .....	60
8.2.3	Protection des toitures .....	60
8.2.4	Protection des espaces d'activités .....	60
8.2.5	Protection des rues .....	60
8.2.6	Le patio .....	60
<b>9</b>	<b>- Quatrième chapitre .....</b>	<b>63</b>
9.1	Intégrer la biodiversité dans l'urbanisme et le bâtiment .....	64
9.2	Identifier et prévenir les pollutions .....	65
9.3	Prévoir et organiser la résilience .....	65
9.4	Développer le rôle et la responsabilité des habitantes .....	65
9.5	Que signifie « plus de qualité de vie » ? .....	65
9.6	Le concept de qualité du logement : .....	66
9.7	Les attentes des usagers : .....	67
9.8	Efficacité énergétique dans le bâtiment : .....	67
9.8.1	Maison passive : .....	68
9.8.2	Bâtiment basse énergie : .....	68
9.8.3	Bâtiment très basse énergie : .....	68
9.8.4	Bâtiment à énergie zéro : .....	68
9.8.5	Bâtiment à énergie positive : .....	68
9.9	Management de l'énergie dans le secteur bâtiment-la démarche HQE .....	68
9.9.1	Haute Qualité Environnementale (HQE) : .....	69
9.9.2	Les labels de performance énergétique : .....	70
9.9.3	Labels Energétique et bâtiment basse consommation énergétique BBC 2005 : .....	72
9.10	Le problème du manque de sensualité : .....	72
9.11	Faire les bonnes choses-ou bien faire les choses ? .....	73
9.12	Objectif : .....	74
9.13	Espace urbain et infrastructures : .....	74
9.13.1	Utilisation des surfaces .....	75
9.13.2	Microclimat : .....	75

9.13.3	Exposition au soleil .....	75
9.13.4	L'eau comme régulateur de microclimat .....	75
9.13.5	Sol .....	76
9.13.6	Exposition au vent .....	76
9.14	Conception volumétrique .....	76
9.14.1	Zonage en plan .....	76
9.14.2	Zonage concentrique .....	77
9.14.3	Zonage linéaire .....	77
9.14.4	Zonage par étage .....	77
<b>10-Cinquième chapitre</b>	.....	<b>79</b>
10.1	Facteurs déterminants pour la conception.....	80
10.1.1	Utilisation .....	82
10.2	Le but : .....	83
10.3	Aspects climatique .....	84
10.4	Construction .....	84
10.5	Enveloppe de bâtiments efficaces en énergie .....	84
10.6	Objectif de l'enveloppe .....	86
10.6.1	Capter et conserver la chaleur.....	87
10.6.2	Optimisation des surfaces et géométrie de l'enveloppe .....	88
10.6.3	Zonage thermique .....	88
10.6.4	Isolation thermique des parties opaques .....	88
10.6.5	Isolation thermique des parties transparentes .....	89
10.6.6	Utilisation passive du rayonnement solaire .....	90
10.6.7	Minimisation des déperditions par ventilation .....	90
10.7	Enveloppes de bâtiment solaires thermique actives .....	91
10.7.1	Façades solaires .....	91
10.7.2	Eviter les surchauffes .....	92
10.7.3	Réduction des transmissions thermique .....	93
10.7.4	Etapes à respecter pour diminuer les pertes par transmission .....	93
10.7.5	Caractéristiques des murs pleins .....	95
10.7.6	Réduction du rayonnement solaire .....	100
10.7.7	Ventilation décentralisé .....	100
10.7.8	Ventilation naturelle .....	100
10.7.9	Utiliser la lumière du jour .....	101
10.7.10	Produire de l'électricité .....	102
<b>11-Le sixième chapitre : LES MATERIAUX</b>	.....	<b>103</b>
11.1	Matériau et énergie.....	105

11.2	Flux thermique et matériaux isolants :.....	106
11.2.1	Conductivité thermique .....	106
11.2.2	Transmission .....	106
11.2.3	Evapo-condensation .....	106
11.2.4	Convection .....	107
11.2.5	Rayonnement thermique .....	107
11.2.6	Système de gains solaires .....	107
11.2.7	Vitrage .....	108
11.2.8	Verres à orientation de lumière.....	109
11.2.9	Verres de protection solaire .....	110
11.2.10	Vitrages adaptatifs .....	110
11.2.11	Capacité de sorption .....	110
11.3	Energie liée.....	111
11.4	Energie grise :.....	111
11.5	Contenu en énergie primaire des éléments de construction .....	111
11.6	Groupe de composants de construction : .....	112
11.7	Contenu en énergie primaire dans le cycle de vie .....	112
11.8	Durabilité :.....	113
11.9	Matériaux dans le cycle de vie :.....	113
11.9.1	Consommation des ressources : .....	113
11.9.2	Analyse du cycle de vie : .....	114
11.10	Matériau et fabrication.....	115
11.10.1	Modes de construction .....	115
11.10.2	Processus de construction et traitement .....	115
11.10.3	Matériau et utilisation du bâtiment .....	116
11.10.4	.....	117
<b>12-SEPTIEME CHAPITRE : Etude des cas similaires</b>	.....	<b>118</b>
12.1	Masdar.....	118
	Masdar City, rêves et mirages d'une ville « verte » au milieu du désert.....	119
12.1.1	Présentation de la ville.....	120
12.1.2	Le contexte de l'opération .....	120
12.1.3	Contexte et justification .....	121
12.1.4	Problématique de la durabilité urbaine .....	121
12.1.5	Stratégies d'implantation .....	122
12.1.6	Principes fondateurs .....	124
12.1.7	Conclusion.....	130
12.2	Une forêt dans le ciel de Milan : Deux tours et un hectare de végétation .....	131

12.2.1	Présentation .....	131
12.2.2	Objectif .....	132
12.2.3	Description du projet .....	132
12.2.4	Structure .....	133
12.2.5	Végétation .....	135
12.2.6	Avantages des murs végétaux .....	136
12.2.7	Conclusion.....	139
12.2.8	Pourquoi installer un mur végétal extérieur ? .....	141
12.2.9	Arbre béton .....	142
12.2.10	Réalisation d'un balcon type .....	142
12.2.11	Végétation par balcon .....	143
<b>13-HUITIEME CHAPITRE : L'environnement immédiat de l'aire d'étude .....</b>		<b>144</b>
<b>14-Le projet.....</b>		<b>148</b>
14.1	L'air d'étude :.....	149
14.2	Climatologie :.....	151
14.3	La première action : A l'échelle du site .....	152
14.4	La deuxième action : .....	152
14.5	Troisième action : .....	153
14.6	Quatrième action : .....	153
14.7	Cinquième action :.....	162
14.7.1	A l'échelle du projet : L'habitat collectif.....	162
14.8	Sixième action : .....	170
14.8.1	Isolation thermique des parties .....	170
14.8.2	Type de mur .....	172
14.8.3	Les isolants utilisés .....	174
14.8.4	Détail des matériaux isolants .....	175
14.8.5	Le vitrage .....	176
14.8.6	Protection solaire .....	178
14.8.7	Les toitures .....	179

# RESUME

- Le secteur du bâtiment évolue vers des constructions dites à « énergie positive ». Ces nouveaux enjeux imposent l'intégration de nouvelles composantes aux aspects architecturaux et techniques, ainsi qu'une rupture dans les modes de conception et d'évaluation d'un projet. Mais la recherche de la performance énergétique dépend d'instruments numériques de mesure qui ne sont parfois pas adaptés à la démarche de conception des architectes, ce qui se traduit par la difficulté de mettre en cohérence le projet architectural et les objectifs de performance énergétique.
- L'étude du processus de conception permet d'évaluer l'impact de la composante énergie et son importance dans les phases initiales dans la démarche du concepteur. L'analyse systémique des aspects énergétiques montre l'interrelation entre les problématiques générales et les différents choix de conception. La formulation d'une stratégie de conception à travers un outil méthodologique, nous permet de proposer une démarche d'optimisation de la performance énergétique basée sur la structure morphologique du bâtiment. Cette approche ouvre de nouvelles perspectives méthodologiques dans la conception de bâtiments à énergie positive. La complexité des relations entre l'énergie, la morphologie des bâtiments et les outils numériques seraient en train de modifier le processus de conception en architecture et la future organisation des ensembles urbains.

La qualité de l'habitat a un impact avéré sur la qualité de vie et le bien-être de la population concernée, le contenant (bâtiments...) et le contenu (personne, famille, groupes humains...) sont indissociables.

- يتطور قطاع البناء نحو ما يسمى بـ"الطاقة الإيجابية". تتطلب هذه التحديات الجديدة تكامل مكونات جديدة في الجوانب المعمارية والتقنية، وكذلك استراحة في طرق تصميم وتقييم المشروع. لكن البحث عن أداء الطاقة يعتمد على أدوات القياس الرقمية التي لا تتناسب أحياناً مع نهج تصميم المهندسين المعماريين، مما يؤدي إلى صعوبة موازنة المشروع المعماري وأهداف أداء الطاقة.
- تتيح دراسة عملية التصميم تقييم تأثير مكون الطاقة وأهميته في المراحل الأولية في نهج المصمم. يُظهر التحليل المنهجي لجوانب الطاقة العلاقة المتبادلة بين القضايا العامة وخيارات التصميم المختلفة. تسمح لنا صياغة استراتيجية التصميم من خلال أداة منهجية باقتراح نهج لتحسين أداء الطاقة بناءً على البنية المورفولوجيا للمبنى. يفتح هذا النهج آفاقاً منهجية جديدة في تصميم مباني الطاقة الإيجابية. يقال إن تعقيد العلاقات بين الطاقة ومورفولوجيا المباني والأدوات الرقمية يغير عملية التصميم في الهندسة المعمارية والتنظيم المستقبلي للمجمعات الحضرية.
- جودة الموائل لها تأثير مثبت على نوعية الحياة ورفاهية السكان المعنيين، الحاوية (المباني، إلخ) والمحتوى (الشخص، الأسرة، المجموعات البشرية، إلخ) لا ينفصلان.

The building sector is evolving towards so-called "positive energy" constructions. These new challenges require the integration of new components in architectural and technical aspects, as well as a break in the design and evaluation methods of a project. But the search for energy performance depends on digital measuring instruments which are sometimes not suited to the architects' design approach, which results in the difficulty of aligning the architectural project and the energy performance objectives.

The study of the design process makes it possible to assess the impact of the energy component and its importance in the initial phases in the designer's approach. The systemic analysis of energy aspects shows the interrelation between general issues and the different design choices. The formulation of a design strategy through a methodological tool allows us to propose an approach for optimizing energy performance based on the morphological structure of the building. This approach opens up new

methodological perspectives in the design of positive energy buildings. The complexity of the relationships between energy, the morphology of buildings and digital tools are said to be changing the design process in architecture and the future organization of urban complexes.

The quality of the habitat has a proven impact on the quality of life and well-being of the population concerned, the container (buildings, etc.) and the content (person, family, human groups, etc.) are inseparable.

## Introduction :

Le logement, facteur d'intégration et de reconnaissance sociale, est sans conteste le besoin social le plus sensible et le plus porteur. Il joue un rôle économique non négligeable puisqu'il constitue la forme la plus élémentaire d'investissement des ménages. Le secteur de l'habitat a toujours été un secteur prisé des investisseurs mais un secteur stratégique pour les Etats et les gouvernements car en cas d'insatisfaction de ce besoin apparaissent des germes d'une explosion sociale. A l'inverse, sa satisfaction peut s'avérer comme un excellent stimulant pour la croissance économique et l'amélioration des états de mal vie des populations. D'ailleurs, ce secteur, qui constitue une préoccupation majeure à travers sa triple dimension économique, financière et sociale, prend une place importante dans les programmes de chaque Etat.



Figure 1 schéma de la production de l'habitat en Algérie

La production de l'espace de l'habitat a fait l'objet de plusieurs programmes, avec une prise en charge presque totale de l'Etat jusqu'en 1985. L'initiative privée se limitait à l'auto-construction et à de rares opérations de promotion immobilière. Ce modèle s'est soldé par la prolifération des grands ensembles. L'évolution du secteur de l'habitat en Algérie reste incontestablement marquée par l'histoire du pays. Celui-ci dispose d'un patrimoine ancien et de réalisations nouvelles constructions, à mettre principalement à l'actif de l'Etat. Le secteur de l'habitat est en crise perpétuelle dans notre pays.

L'habitat constituant un domaine intégrant un grand nombre d'indicateurs politiques, économiques, sociaux, culturels et techniques, il en découle que la détermination de normes pour la définition d'une politique d'habitat susceptible de donner lieu à des analyses comparatives objectives, va poser des problèmes d'une grande complexité. Il est sans doute l'une des priorités majeures des politiques et il reste l'élément primordial pour une relance de l'activité économique d'une nation.

Architecture sans architecte, la construction traditionnelle dépend de l'environnement par les matériaux de construction et l'homme par la maîtrise des techniques de mise en œuvre.



L'habitat est adapté au site par des solutions architecturales adaptées aux contraintes physiques et au climat, cet équilibre entre l'homme et son environnement peut être s'inscrire parmi les principes de développement durable.

L'architecture algérienne est intéressante et diverse. Le pays a presque toujours été un carrefour entre l'est et l'ouest, il a donc vu beaucoup d'influences culturelles et architecturales différentes au cours des années. Dans les temps anciens, la position stratégique de l'Algérie signifiait que les grandes puissances militaires de l'époque feraient tout leur possible pour en prendre le contrôle. En conséquence, l'Algérie a vu l'invasion phénicienne, romaine, byzantine, arabe, turque et française, chacune laissant son influence distinctive sur le pays et ses maisons. À chaque conquête, de nouveaux bâtiments ont été construits et des changements ont été faits au gouvernement. Bien que toutes ces cultures anciennes n'aient pas une influence significative sur les **maisons en Algérie** aujourd'hui, il y en a quelques-unes qui ont des traits significatifs à ces passages. La plus notable est celle des invasions arabes qui a peut-être eu l'effet le plus durable et le plus étendu. Il y a cependant des signes d'autres cultures dans tout le pays : découvrez ces signes à travers les **maisons algériennes**, qu'elles soient traditionnelles ou modernes. L'Algérie est l'un des pays connus par son patrimoine riche qu'elle a hérité par les différentes civilisations qui se sont succédé de la préhistoire à nos jours : 714 années carthaginoises, 584 ans romains, 100 ans vandales, 112 ans byzantins, 865 ans arabes, 315 ans turcs et 131 années françaises.

L'architecture dite traditionnelle est conçue par l'utilisateur lui-même par une parfaite intégration et harmonie avec le site, malgré le manque des moyens : matériaux de construction locaux, manque de la technique et la technologie d'aujourd'hui, l'architecture traditionnelle a laissé un cachet spécifique de chaque région, qui a transmis un message culturel de la population vécue dans la région à travers des siècles, qui suscite les historiens. L'Algérie est l'un des pays connus par son patrimoine riche qu'elle a hérité par les différentes civilisations qui se sont succédé de la préhistoire à nos jours : 714 années carthaginoises, 584 ans romains, 100 ans vandales, 112 ans byzantins, 865 ans arabes, 315 ans turcs et 131 années françaises.

Fidel Castro dit: " An important biological species is in danger of disappearing due to the fast and progressive destruction of its natural living conditions: mankind<sup>1</sup>

Ce discours est indicatif des préoccupations des participants au Sommet. Effectivement, l'idée principale est que la détérioration de l'environnement, à cause de l'activité humaine, va dégrader les conditions de vie des sociétés humaines, présentes et futures.

Le développement durable est un mode de développement qui répond aux besoins des générations présentes sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs.<sup>2</sup> L'avenir de l'habitat est à la croisée d'enjeux humains, sociétaux et planétaires. Comment assurer un logement sain et confortable à une population toujours croissante tout en préservant la planète ? Les défis sont urgents à relever : réchauffement climatique, épuisement des ressources, crise énergétique, extension des villes, inégalités croissantes

---

<sup>1</sup> Castro, F., speeches at the Rio Summit, 12th June 1992, disponible en ligne

<sup>2</sup> Rapport Brundtland, 1987



et, notamment pour l'Europe, vieillissement de la population... De nombreuses initiatives émergent, donnant un aspect séduisant aux transformations en cours. Penser l'habitat n'est plus l'apanage des seuls spécialistes mais concerne chacun de nous, dans ses choix de consommateur et de citoyen. Des solutions techniques existent, mais, surtout, une notion s'impose : le partage. Cette exposition ne donnera pas de solution immédiate à votre problème de chauffage. Elle ne vous guidera pas dans votre choix d'un logement, neuf ou ancien. Elle pointe les paradoxes de nos modes de vies, elle livre des pistes utiles, elle nous révèle le lien intime qui unit l'habitat à la société.

La construction durable vise principalement la planification et la mise en œuvre d'un bâtiment dont les caractéristiques sont conformes au principe du développement durable. L'objectif est de minimiser la consommation d'énergie et de ressources. Pour atteindre cet objectif, toutes les phases du cycle de vie d'un bâtiment doivent être prises en compte. Il est également important d'optimiser tous les facteurs d'influence sur le cycle de vie. Cela concerne le processus d'extraction des matières premières, de construction et de démantèlement.

Les facteurs suivants doivent entrer en ligne de compte dans la construction de maisons durables :

- Réduction de la consommation d'énergie
- Réduction de la consommation des ressources d'exploitation
- Optimisation des coûts de transport des matériaux
- Le retour en toute sécurité de tous les matériaux utilisés
- Possibilité de réutilisation
- Préservation des espaces naturels (grâce à une construction peu encombrante)

Le secteur du bâtiment est le premier consommateur d'énergie et deuxième émetteur de gaz à effet de serre, il présente donc des potentialités élevées d'économie. En Algérie, la consommation d'énergie finale au cours des dernières années, n'a cessé de progresser en raison de l'augmentation de la demande en énergie liée principalement au développement économique et à l'évolution du niveau de vie des Algériens. Notre pays connaît depuis bientôt une décennie un développement intense et soutenu des secteurs du bâtiment et de la construction. Que ce soient pour les grands projets de l'Etat (1 million de logements sociaux, équipements socio-éducatifs, administratifs, ...) ou les grands projets immobiliers (résidentiels, tertiaires) et touristiques initiés par les promoteurs privés et publics, les exigences et normes internationales en matière de performances énergétiques et environnementales des constructions ne sont pas encore suffisamment intégrées aux processus de conception et de construction, ce qui a justement poussé les pouvoirs publics à la recherche de la meilleure efficacité dans le bâtiment et ce à travers plusieurs projets visant l'amélioration du confort thermique dans les logements et la réduction de la consommation énergétique pour le chauffage et la climatisation.<sup>3</sup>

Cependant, il reste encore beaucoup à faire. De nombreux bâtiments ne peuvent être considérés comme durables car leurs impacts sont trop grands et leurs avantages trop

---

<sup>3</sup> Sabrina SAMI-MECHERI

minimes. Il existe de nombreux exemples de bonnes pratiques mais les changements sont trop lents pour entraîner une transformation globale du marché.

## PROBLÉMATIQUE

Les villes algériennes connaissent aujourd'hui une perte d'identité.



Figure 2 schéma d'illustration sur la forme d'habitat dans le territoire algérien

L'Algérie indépendante a hérité d'une situation : une armature urbaine incomplète et dysfonctionnelle, après quelque années d'hésitations, L'Algérie s'est mise à planifier et, ainsi, à établir des priorités : d'abord l'instrument de gestion du territoire ; les plans de développement qui vont donner la priorité au secteur productif. Et à partir de là, nous posons les questions ; **Qu'en est-il de l'habitat ! mais un tel scénario peut-il produire une architecture capable de répondre à l'attentes de la société !**

D'ailleurs, y va-t-il un consensus de social sur la ville et sur l'architecture dans l'Algérie. Terrible question dont la réponse nécessite beaucoup de recherche et débats, cependant comme esquisse de réponse, remarquons que trois décennies après la révolution Algérienne comme véritable mouvement de rupture avec la tradition essentiellement rurale ( la révolution algérienne est un fait de ville, un fait urbain), il semble qu'une certaine forme d'inertie qu'on pourrait qualifier de fait culturel subsiste



encore ; un exemple significatif peut faire comprendre cette situation, c'est la coexistence d'un balcon comme élément de représentation de l'individu en rupture avec le code communautaire et sur le balcon un cactus.

Nous voyons là qu'il y a des changements et des permanences, une ouverture et un refus d'une rupture totale. Par la production de signes et de symboles, par la référence directe à une certaine architecture, il y a expression d'une véritable demande sociale d'architecture qui fait que la maison dépasse largement le cadre de l'abri, cette demande s'exprime par le refus des grands ensembles et l'attrait de la maison individuelle comme lieu de participation et même de décision autonome. Changement aussi dans l'attitude des architectes et c'est peut-être le plus spectaculaire dans la mesure.

Maintenant, Non seulement l'architecture est la préoccupation de tous (ou presque) mais la question fondamentale qui préoccupe les architectes est de savoir **quelle ville et quelle architecture produire !**

En effet, depuis la sentence de Mondrian lorsqu'il affirme « **de nos jours dans l'œuvre d'art, il faut tacher d'exprimer seulement ce qui est essentiel, et de l'homme uniquement ce qui est universel** »<sup>4</sup>. Et Louis Sullivan « **la forme suit la fonction : c'est la loi** »<sup>5</sup>. Mies Van Der Rohe « **moins c'est plus** »<sup>6</sup> en passant par « **l'ornement est un crime** »<sup>7</sup> d'Adolph loos, depuis donc ce véritable consensus philosophique ou idéologique l'architecture n'a pas fini de s'appauvrir et de perdre son sens. Le Corbusier qui connaît très bien Mondrian va donner des règles pratiques à la sentence de celui-ci, il commencera par affirmer « **qu'en vérité les besoins de l'homme sont les mêmes partout** », et puis, pour que son affirmation soit vraie, il va réduire toute la complexité de la ville et donc de la vie à quatre fonctions : habiter-travailler – se recréer le corps et l'esprit et circuler. De plus, par un souci de clarté, ces fonctions doivent être rigoureusement séparées. Elles ne seront reliées que par la circulation.

En reconnaissant les immenses progrès apportés par le mouvement moderne à l'habiter surtout du point de vue de l'hygiène, il faut reconnaître aussi que l'habitat est devenu de **la mise en boîte** et l'architecture l'**art de l'emballage** et ce, du fait, livrée aux mécanismes du capital international. Ainsi, l'architecture déracinée, délocalisée du point de vue de son rapport au site et de ses références historiques, en voulant être de partout, est devenue une architecture de nulle part.

En Algérie, si nous regardons nos périphéries, que ce soit au Nord ou au sud, à l'est ou à l'ouest. Nous pouvons affirmer que nous avons réalisé notre unité nationale. En effet, en traversant le territoire national, on n'a aucune impression d'avoir voyagé.

Tout le paysage urbain est le même partout à l'exception des anciennes médinas et des centres du 19ème siècle et début du 20ème siècle.

L'Algérie d'aujourd'hui est une Algérie adulte, elle se pose des problèmes d'identité ou de projet de société, la question qui se pose :

---

<sup>4</sup> Piet cornelis Mondrian

<sup>5</sup> Louis Sullivan : Architecte moderne

<sup>6</sup> Mies van der rohe : Architecte moderne

<sup>7</sup> Adolf loos 1908

- Vers quelle architecture !
- Pourquoi on arrive à une mauvaise qualité d'habitat !
- Est-ce que les problèmes posés sont dus au concept ou à la qualité !
- On se pose aussi la question pourquoi on a proposé plus de collectif qu'aux individuel ? Pourquoi ne pas utiliser les techniques et les matériaux de construction locaux ?

Pour comprendre la situation à laquelle on fait face et prévoir l'avenir il faut revenir à l'Histoire. Les modes d'appropriation de l'espace habité (qui est en relation avec les typologies d'habitat ainsi que l'évolution socioéconomique et socioculturelle de la famille algérienne) ont des incidences importantes sur l'espace bâti. L'habitation a connu à travers l'histoire de multiples transformations dictées par plusieurs facteurs endogènes et exogènes que les situations socioéconomiques et politiques ont influés. En Algérie et après des phases successives de domination, l'architecture de l'habitat postcolonial est plus empruntée de l'architecture fonctionnaliste du XXème siècle que de l'architecture traditionnelle, les modèles occidentaux gagnent du terrain et la pratique de l'habiter s'internationalise en même temps que les modes de vie, les besoins et les aspirations d'une société en mutation.

Actuellement l'Algérie vit un changement radical, ou le logement est inscrit pour la première fois au premier rang des priorités de l'état. A cet effet, les pouvoirs publics mettent en place des moyens exceptionnels, ce sont les nouveaux moyens « législatif, institutionnels et financiers ».

La nouvelle politique appliquée aujourd'hui, vise un objectif essentiel celui de :

- Loger le maximum de la population.
- Atténuer la tension autour de la demande.

C'est-à-dire, elle se base sur la construction des logements en quantités très importantes au détriment de la qualité architecturale du cadre bâti. Cette notion de la qualité architecturale du cadre bâti est un problème souvent évoqué mais le plus souvent trop brièvement pour l'être d'une façon significative.

La question qui se pose est : Pourquoi on arrive toujours à une mauvaise qualité architecturale identique et uniforme dans sa médiocrité ?

Face aux immenses besoins de la population en matière de logement, et face à la situation économique nationale ; l'Algérie ne pourra pas continuer à produire l'espace avec les anciennes méthodes.

Pour qu'un bâtiment soit respectueux de l'environnement et économe en énergie, plusieurs questions doivent être prises en compte. Quels sont les matériaux de construction à utiliser ? Comment produire de l'électricité de manière durable ? Quelle est la meilleure façon d'utiliser l'eau ? Comment le bâtiment reste-t-il chaud sans avoir à chauffer trop ?

# HYPOTHÈSES

« **Orient quel est ton Occident** » René Habachi

Aujourd'hui, un simple regard sur nos villes et leurs périphéries permet de constater avec peu d'incertitudes que si la construction va bien, l'architecture va mal.

- ✚ L'influence de la civilisation occidentale, la disponibilité des matériaux nouveaux et le manque de sensibilisation de la valeur du patrimoine architectural sont parmi les causes de l'abondance de l'habitat traditionnel
- ✚ Les comportements, le mode de vie, les problèmes et dysfonctionnements urbains se manifestent tous plus profondément à cette échelle. A cette échelle les questions de la mise en application des principes de la durabilité urbaine s'avèrent plus abordables car c'est une échelle d'intervention efficace pour traiter de certains problèmes sociaux, écologiques ou pour la mise en œuvre d'une démarche participative.
- ✚ Le concept d'habiter pose problème, car il peut être utilisé de multiples manières en sciences humaines et sociales. Différentes traditions phénoménologiques, anthropologiques, sociologiques et géographiques proposent des perspectives différentes.
- ✚ La nature et le mode de vie jouent un rôle important dans la création de cet espace vécu.

## Objectifs

Cette recherche porte un regard privilégiant sur la complexité de l'habiter à travers l'étude des interactions susceptibles d'exister entre deux éléments principaux : les pratiques sociales des habitants et les configurations spatiales d'habitat.

Imaginez : dans quelques années, vous pourriez habiter dans un immeuble traditionnel modernisé respectueuse de l'environnement alimenté par les énergies solaire et éolienne, à la température régulée grâce à des murs végétaux. Vos consommations électriques seraient optimisées en fonction de votre présence au domicile et réglables à distance depuis votre smartphone.

Notre objectif est rassemblé le traditionnel, contemporaine et intelligence pour crée une habitation une triple fusion qui va réunir la tradition de notre société algérienne la civilisation architecturale et la modernité.

**« Quand on parle de smart housing, il faut insister sur le fait qu'on construit d'abord pour les habitants et non pas pour se faire plaisir. On ne fait pas une ville assistée par ordinateur mais on met en place des outils qui permettront d'être plus efficaces et de faciliter la vie des citoyens. Je crois qu'il faut répéter ça en permanence : the smart house n'est pas une vision technique mais un lieu de vie »**

Notre objectif est de faire revivre nos principes de construction de différentes manières, mais dans le cadre du respect social économique et culturel et de ses réserves, c'est pourquoi nous avons choisi ce thème :

1. Revalorisation du patrimoine architectural à travers une étude analytique de l'habitat traditionnel.

- 
2. Rassembler les citoyens qui souhaitent s'engager dans une action visant à améliorer leur quotidien et faire ressortir 3 grands défis : social, économique et écologique.
  3. Créer des logements durables pour donner une nouvelle vision
  4. Créer un espace habité qui offrira aux habitants une atmosphère favorable (modernité, traditionnel et technologie)
  5. Confort hygrothermique.
  6. Confort acoustique.
  7. Confort visuel.
  8. Confort olfactif
  9. Gestion de l'énergie.
  10. Gestion de l'eau.
  11. Gestion des déchets d'activités.
  12. Maintenance pérennité des performances environnementales
  13. Qualité sanitaire des espaces.
  14. Qualité sanitaire de l'air.
  15. Qualité sanitaire de l'eau.
  16. Optimisation de la gestion des ressources naturelles et de l'énergie ;
  17. Meilleure gestion de vos déchets ;
  18. Amélioration de la qualité de l'air notamment via une optimisation de la mobilité au sein de votre commune ;
  19. Diminution de votre impact environnemental grâce, entre autres, à l'optimisation énergétique et l'utilisation de nouveaux matériaux pour la rénovation et/ou la construction de bâtiments
  20. Créer un environnement intérieur satisfaisant



# **Chapitre 01**

**Définition des concepts lie au thème**



Ce chapitre est consacré au cadrage du fondement théorique des concepts, ainsi que le rôle & valeurs de l'habitat traditionnel et leurs Modes de construction. Notre but n'est pas de rechercher derrière les termes et leurs étymologies, mais plutôt chercher dans le bâti en lui-même qui appartient à un passé lointain et qui représente un mode socioéconomique particulier.

« Il est impossible de parler d'une tradition immuable, à laquelle obéiraient l'homme et l'artisan. La tradition n'est qu'un cadre général d'habitudes de pensée et d'action, souvent implicite, inexprimé et non conscient, à l'intérieur duquel l'homme vivra avec une large part de liberté dans le détail. » (Bernard Dupaigne, 1978)

L'architecture dite traditionnelle est conçue par l'utilisateur lui-même par une parfaite intégration et harmonie avec le site, malgré le manque des moyens : matériaux de construction locaux, manque de la technique et la technologie d'aujourd'hui, l'architecture traditionnelle a laissé un cachet spécifique de chaque région, qui a transmis un message culturel de la population vécue dans la région à travers des siècles, qui suscite les historiens.

L'Algérie est l'un des pays connus par son patrimoine riche qu'elle a hérité par les différentes civilisations qui se sont succédé de la préhistoire à nos jours : 714 années carthaginoises, 584 ans romains, 100 ans vandales, 112 ans byzantins, 865 ans arabes, 315 ans turcs et 131 années françaises. On peut citer : Djemila, Timgad, Tipasa, la Casbah d'Alger, Qalaa Beni Hammad qui sont classés au patrimoine Mondial.

L'Algérie est ainsi connue par les constructions traditionnelles conçues par sa propre population qui se varie d'une région à l'autre selon plusieurs facteurs, qui ont joué un rôle important pour donner un cachet architectural spécial d'une région, parmi ces facteurs on peut citer : le climat, le site, les matériaux de constructions locaux, besoin de défense, ressources et activités, pour répondre aux exigences de l'être humain et assurer son confort avec des moyens minimes.

## 4.1 Habitat :

« L'être s'affirme par la présence avant de s'affirmer par l'action » (M. Le Lannou 1949). Le dictionnaire Robert (2001) définit l'habitat comme « un milieu géographique propre à la vie d'une espèce animale ou végétale ».

Le terme habitat signifie quelque chose de plus que d'avoir un toit et quelques mètres carrés à sa disposition, d'abord, il signifie rencontre d'autres êtres humains pour expérimenté la vie comme une multitude de possibilités, ensuite il signifie se mettre d'accord avec certains d'entre eux, c'est à-dire accepter certaines valeurs communes. Enfin il signifie être soi-même, c'est à dire accepter son petit mode personne. « L'espace habité n'est donc ni neutre ni homogène, il possède des significations qui sont liés à l'ensemble de l'existence de l'habitant »

**E. Viollet le duc :** S'il est une œuvre humaine qui donne l'état d'une civilisation c'est, à coup sûr, l'habitation : les goûts, les habitudes, les mœurs de l'homme se trahissent dans la maison qu'il se fait et où demeure avec sa famille.

## 4.2 Habitation

L'Habitation désigne simplement la maison ou le logement de point de vue de l'agencement des pièces les unes par rapport aux autres et de la distribution de l'espace (Cour, couloir,)

La notion de la qualité de l'habitat est donc englobante. Elle rassemble tous les attributs du logement, situés dans son environnement, sans se limiter à des exigences minimales. Parler de la qualité de l'habitat implique une analyse des facteurs suivants :

- **Salubrité** : La salubrité englobe la protection contre l'humidité, les infiltrations, les radiations, les substances et les organismes polluants ou dangereux ainsi que la présence et le bon fonctionnement des équipements sanitaires : eau fournie et évacuée de façon sûre et sanitaire, disposition sanitaire des déchets.
- **Stabilité** : La stabilité de l'habitat découle du bon état de ses éléments structuraux tels que les matériaux de murs, de la toiture et du pavement.
- **Sécurité** : La sécurité de l'habitat implique la prévention des accidents dans les usages courants et la protection contre les intrusions et les sinistres.
- **Confort** : Le confort est fondé sur la tranquillité (insonorisation intérieure et extérieure), la luminosité (ensoleillement et éclairage), l'ambiance « climatique » adéquate, la présence et le bon fonctionnement des équipements mécaniques et électriques et l'existence d'un espace extérieur privatif.
- **Durabilité et flexibilité** : Ils permettent le maintien de la valeur d'usage dans le temps, l'économie de l'énergie et l'adaptation du logement aux changements de vie. Bonne apparence : Elle implique l'attrait, la qualité du design et la personnalisation du logement.
- **Bonne apparence** : Elle implique l'attrait, la qualité du design et la personnalisation du logement.

## 4.3 Le logement

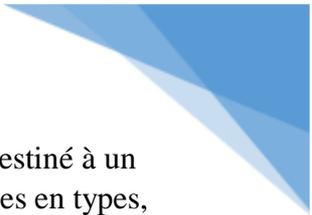
Toujours selon le dictionnaire de l'Académie, le terme logement est beaucoup plus ancien que le précédent et dérivé, au XIII<sup>e</sup> siècle, du verbe « loger ». Le mot logement désigne donc d'abord l'action de loger une ou plusieurs personnes, avant d'être la partie d'une maison ou d'un immeuble où l'on habite. Le terme d'habitation a par ailleurs l'antériorité, puisqu'il serait né au XII<sup>e</sup> siècle. Il s'agit là encore de l'action d'habiter (par exemple taxe d'habitation, locaux d'habitation), devenu synonyme de maison, de lieu où l'on habite, partant de logement.

Dans la définition cadre que donne l'INSEE<sup>8</sup>, « un logement est défini du point de vue de son utilisation. C'est un local utilisé pour l'habitation :

- Séparé, c'est-à-dire complètement fermé par des murs et cloisons, sans communication avec un autre local si ce n'est par les parties communes de l'immeuble (couloir, escalier, vestibule...)
- Indépendant, à savoir ayant une entrée d'où l'on a directement accès sur l'extérieur ou les parties communes de l'immeuble, sans devoir traverser un autre local.

---

<sup>8</sup> INSEE, site internet, définitions des concepts



On le voit à travers cette définition, le logement est à la fois un bien, un produit destiné à un usage et une catégorie administrative : les logements sont dénombrables, classables en types, soumis à des règles et à des normes qui régissent leurs surfaces, les techniques de construction, les matériaux utilisables, les catégories d'occupantes etc. Les grandes sous catégories statistiques renvoient à des caractéristiques physiques (logement individuel, logement collectif), à des objectifs sociaux (logement du secteur social, logement conventionné), à des situations spécifiques qu'il faut appréhender (logement occasionnel, logement vacant), à des étapes de la réalisation (logement autorisé, logement commencé).

Au total, le logement est un produit par essence dénombrable, dont l'offre, insuffisante dans certaines zones géographiques, doit permettre de répondre à des demandes individuelles très différentes les unes des autres. Sa comptabilisation est donc essentielle et fait l'objet d'un souci constant de perfectionnement.<sup>9</sup>

#### **4.4 PATRIMOINE :**

*"Les hommes oublient plus facilement la mort de leur père que la perte de leur patrimoine."*  
(Nicolas Machiavel - Le prince)

Le mot patrimoine vient du vocabulaire du droit. C'est à l'origine un synonyme du mot propriété : le patrimoine d'une personne est tout ce qu'elle possède. Mais dans le langage courant, le patrimoine n'est pas n'importe quelle propriété : c'est d'abord celle que l'on reçoit de ses parents et que l'on transmet à ses enfants. Dans patrimoine, en effet, on trouve le mot latin pater qui veut dire « père ». Le patrimoine est donc d'abord un héritage, un dépôt que l'on a reçu de ses ancêtres et que l'on doit conserver et enrichir pour ses descendants. On est donc responsable du patrimoine que l'on a reçu : si on le détruit, on prive ses descendants de ce à quoi ils ont droit.

#### **4.5 Identité**

L'identité est un terme polysémique. Selon le dictionnaire Petit Robert, l'identité est un, caractère de ce qui est identique, l'unité, caractère de ce qui est UN, la permanence, caractère de ce qui reste identique à soi-même, la reconnaissance et l'individualisation, le fait pour une personne d'être tel individu et de pouvoir également être reconnue pour telle sans nulle confusion grâce aux éléments qui l'individualisent. Selon l'architecte Charles Correa, l'identité s'agit d'un processus, et non un objet trouvé. Il peut être comparé à la trace laissée par la civilisation comme il se déplace à travers l'histoire. Le sentier est la culture, ou de l'identité, de cette civilisation.<sup>10</sup>

#### **4.6 Types d'identités**

L'identité se décompose en trois types : personnel, social et culturel.

---

<sup>9</sup> Inspection générale de l'INSEE, CGEDD, rapport sur l'organisation du service statistique dans le domaine du logement,

<sup>10</sup> Tiar, I. (2014). Architecture climatique et son apport aux identités régionales, mémoire pour l'obtention du diplôme de master, université Mohamed Kheider, Biskra, Page 66.

- 4.6.1 **L'identité personnelle** : est subjective, elle renvoie le sujet à ce qu'il a d'unique, à son individualité, elle englobe des notions comme la conscience de soi et la représentation de soi.
- 4.6.2 **L'identité sociale** : objective souvent prescrite. Elle englobe tout ce qui permet d'identifier le sujet de l'extérieur.
- 4.6.3 **L'identité culturelle** : elle renvoie aux descripteurs identitaires liés aux valeurs et aux codes auxquels tiennent où se revendiquent les individus aux représentations, sur ce que sont et doivent être les choses donc plus globalement la question du sens. L'appartenance à une culture se traduit par l'adhésion aux normes et des valeurs de cette culture.
- 4.6.4 **Identité architecturale** : L'importance de l'architecture à mettre en évidence sur l'identité de la communauté, ils reflétaient dans l'architecture prévalent dans le pays où la ville, à travers des entités physiques liées temporellement et spatialement. L'identité architecturale peut être définie comme un engagement conscient pour découvrir les réponses uniques d'une tradition particulière aux arrangements spatiaux, le lieu et le climat et d'extérioriser par la suite ses identités établies et symboliques dans des formes créatives.

## 4.7 TRADITION :

Selon G. Lenclud, les termes de tradition et de société traditionnelle sont associés à la pratique de l'ethnologie qui cherche dans les formes traditionnelles de la vie sociale. En Ethnologie, le terme "traditionnel" contribue à la consolidation d'un cadre de référence intellectuelle constitué par un système d'oppositions binaires (tradition/changement, société, traditionnelle/société moderne).<sup>11</sup>

CH. Norberg-Schulz souligne que « le terme tradition indique qu'une figure continue de représenter quelque chose de génération en génération »<sup>12</sup>

Le terme "tradition" vient du latin "traditio" qui désigne non pas une chose transmise mais l'acte de transmettre. Dans des travaux récents, la notion de tradition pour l'Ethnologie, n'est pas en divergence avec la signification courante du terme « tradition », mais se confond assez généralement avec elle dans le sens d'une culture particulière. Cette culture se situe dans un cadre culturel spécifique à une période d'histoire définie et s'abolit dans un présent nouveau.

## 4.8 L'architecture traditionnelle :

Le mot tradition –rappelle Adorno- vient du verbe latin tradere « remettre, transmettre ». Il s'agit ici du lieu entre les générations, le fait de transmettre, d'un membre à un autre, un héritage, y compris, bien entendu, la tradition artisanale.

De point de vue architectural, l'architecture traditionnelle, indépendamment des pays et des époques, représente l'ensemble des édifices conçus par des cultures artisanales et artistiques. Ces cultures sont fondées sur des modes de production individuels et autonomes, en contraste avec les modes de production industriels. C'est une architecture qui emploie des ressources (matériaux) extraits ou produits localement, pour des raisons culturelles et économiques, elle

<sup>11</sup> G. Lenclud : La tradition n'est plus ce qu'elle était.... Revue terrain N° 9, octobre 1987), PP.110-123.

<sup>12</sup> CH. Norberg-Schulz : L'Art du lieu, Architecture et paysage, permanence et mutations. Edit. Le Moniteur 1997. P.201.

évolue très lentement d'où l'idée, évidemment fautive, que l'architecture traditionnelle est immuable et intemporelle.<sup>13</sup>

## 4.9 L'habitat traditionnel :

Compose la plus grande partie de l'environnement bâti de l'homme, l'analyse de la conception et de l'utilisation de cet habitat font apparaître pleinement toutes les richesses. La somme extraordinaire de connaissances techniques (particulièrement en termes d'économie d'énergie et de matériaux) de possibilité d'adaptation contenue dans l'habitat traditionnel fait partie du patrimoine humain.<sup>14</sup>

## 4.10 L'architecture vernaculaire :

Dans une acception générale, selon les auteurs, le "vernaculaire" fait allusion à plusieurs significations ; rustique<sup>15</sup>, populaire<sup>16</sup>, indigène, tribal et folklorique<sup>17</sup>, il est aussi synonyme de "spontané, rural et primitif ou même anonyme"<sup>18</sup>.

En architecture, selon Jean Paul LOUBES, le vernaculaire est désigné généralement pour signifier des architectures liées à "un territoire, à un groupe ethnique"<sup>19</sup> faites par un artisan et non par un professionnel "architecte" c'est pourquoi Bernard RUDOLFSKY la qualifie d'une architecture sans architectes. De ce côté, il y a probablement une entente sur le sens général mais en terme d'application cela s'avère plus compliqué car l'architecture vernaculaire est différente d'un pays à un autre.

Ce qui a emmené, en 1978, ICOMOS à demander de chaque pays de donner sa définition du "vernaculaire"<sup>20</sup>. Le régionalisme de ces architectures et le vaste champ de recherche à couvrir, explique la complexité de donner une définition déterminée<sup>21</sup>.

Étymologiquement, le vernaculaire vient du mot latin vernaculus qui signifie indigène ou domestique, verna signifie un esclave né dans la maison, Ce nom donne ensuite lieu au XVI<sup>e</sup> siècle, à l'adjectif français vernacule qui détermine la langue familière ou plutôt courante et un peu vulgaire (par opposition au latin et ou noble), pour adopter plus tard le sens du latin vernaculus et caractérise ce qui est propre à un pays, ce qui est indigène. En constatant qu'en langue française le vernaculaire n'a pas désigné dès le début un type de bâtiment ou d'architecture, contrairement à l'anglais, mais il est, plutôt, utilisé comme qualificatif d'un lieu,

---

<sup>13</sup> Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de master en Architecture, Présenté par Mr : TIFFRENT Fayçal 2015/2016

<sup>14</sup> Akchiche. Z. (2011). Étude de comportement d'une cheminée solaire en vue de l'isolation thermique, Mémoire Présenté pour l'obtention du diplôme de Magister, université kasdi Merbah Ouargla. Page 21.

<sup>15</sup> John BRINCKRHOFF JAQCKSON, à la découverte du paysage vernaculaire, Arles, Éd. Acte du Sud, 2003, p. 175.

<sup>16</sup> Du faite de l'origine sociale de leurs bâtisseurs et utilisateurs petit peuple des campagnes et des villes.

<sup>17</sup> Paul OLIVIER, Encyclopedia of vernacular architecture of the world, Tome1, New York, Éd. Cambridge University Press, 1997

<sup>18</sup> Silvio GUINDANI et Ulrich DOEPPER, architecture vernaculaire, territoire, habitat et activités productives, Lausanne, Presses

<sup>19</sup> Jean Paul LOUBES, Traité de l'architecture sauvage : manifeste pour une architecture située, Paris, Éd. Le Sextant, 2010, p. 39.

<sup>20</sup> Eric MERCIER, l'architecture vernaculaire en Angleterre, ICOMOS, 1979.

<sup>21</sup> La notion de l'architecture vernaculaire est apparue en France dès les années 1970 avec un net écart par rapport aux britanniques et aux américains, pour se consacrer plutôt sur un champ bien fixé qui est les architectures rurales ou paysannes.

d'un pays (indigène) d'une personne (esclave) pour désigner quelque chose de familier, de profane.



Figure 3 Éléments de l'architecture vernaculaire. Source : Rapport réalisé par NOMADEIS, Bâti vernaculaire et développement urbain durable, Mai 2012, p. 8.

## 4.11 Développement durable :

**Le développement durable est l'idée que les sociétés humaines doivent vivre et répondre à leurs besoins sans compromettre la capacité des générations futures à répondre à leurs propres besoins.**

Concrètement, le développement durable est une façon d'organiser la société de manière à lui permettre d'exister sur le long terme. Cela implique de prendre en compte à la fois les impératifs présents mais aussi ceux du futur, comme la préservation de l'environnement et des ressources naturelles ou l'équité sociale et économique.

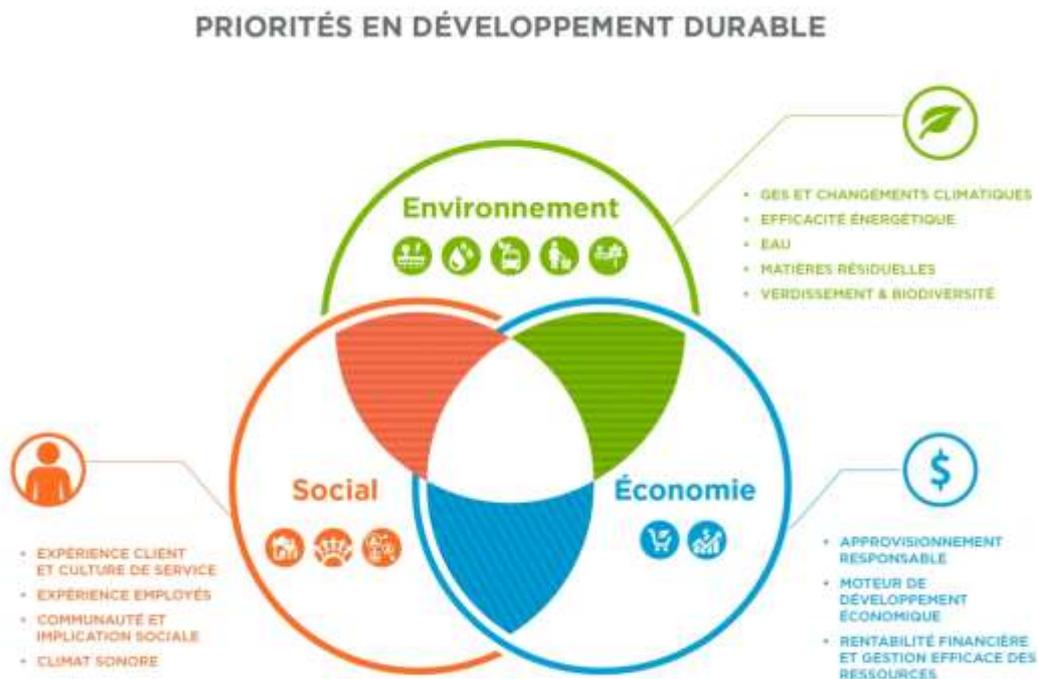


Figure 4: les piliers du développement durable



Contrairement au développement économique, le développement durable est un développement qui prend en compte trois dimensions : économique, environnementale et sociale. Les trois piliers du développement durable qui sont traditionnellement utilisés pour le définir sont donc : l'économie, le social et l'environnement. La particularité du développement durable est de se situer au carrefour de ces 3 piliers.

Bien que maintenant généralisé, le développement durable reste un principe compliqué à opérationnaliser. Mancebo (2010 : 60-61) effectue un retour critique sur les derniers trente ans de réflexions et d'actions mondiales. Il constate :

- Que « les préoccupations du développement durable sont bien antérieures au terme lui-même »
- Que « le développement durable est devenu un principe récurrent qui (...) a subi une forte perte de sens » ce qui à travers ses différentes manipulations et appropriations, a entraîné une certaine « récupération des idées au service d'intérêts plus ou moins avouables »,
- Que le développement durable « peut devenir l'instrument de groupes d'acteurs au service d'enjeux forts éloignés des objectifs initiaux » surtout si appliqué sous forme de « politiques rigides »
- Ainsi que la difficulté presque insurmontable d'articuler les « différentes échelles de l'action entre elles et l'intégration des impératifs du développement durable aux espaces locaux ».

#### **4.11.1 Le développement durable, un appel à la complexité**

D'un point de vue plus théorique, Longet (2006) présente le développement durable comme l'illustration d'un changement de regard sur le monde, passant d'un mode de penser simplificateur, dominateur et technocentriste vers une acceptation de la complexité et de l'incertitude. En effet, les crises sont bien souvent le produit de facteurs considérés comme des externalités ou simplement imprévisibles, révélant que le problème initial n'a peut-être pas été considéré dans sa globalité.

Longet souligne que le développement durable sous-tend plusieurs nouvelles approches, dont une compréhension systémique complexe de la réalité.

- ✚ « Une compréhension du réel à travers la systémique, ce qui signifie dépasser l'illusion des notions simples pour saisir des relations compliquées, subtiles et parfois paradoxales, passer de l'univoque et du linéaire au complexe. Telle est peut-être la démarche la plus importante à accomplir, intellectuellement, en termes de perception. On réunifie le réel, dans le respect de la pluralité des représentations. (...) On s'est donc mis à retravailler sur les liens. Le développement durable, c'est par essence, l'art de surmonter les séparations, de construire de la cohérence. » (Longet, 2006 : 17)
- ✚ Longet inscrit ainsi le développement durable comme le fruit de l'évolution des mentalités scientifiques qui depuis des décennies délaissent les approches positivistes pour s'intéresser aux phénomènes dans leur globalité et leurs incertitudes. Les théories de l'information, des systèmes et de la cybernétique, émergées dans les années 1940-50, ont amené cette idée de ne plus seulement regarder des objets isolés, mais



d'étudier les dynamiques des interactions entre eux (Durand, 2008 : 31-47). Le regard se déplace de l'élément vers les dynamiques et l'organisation des systèmes.

#### **4.11.2 Comment le développement durable a pris de l'importance ?**

Si le développement durable était une idée relativement peu connue jusqu'à la seconde moitié du 20<sup>ème</sup> siècle, elle a rapidement pris de l'importance face à la multiplication de ces crises écologiques et de leurs conséquences sur les sociétés humaines. Au fur et à mesure de l'avancée des connaissances scientifiques sur des enjeux comme la couche d'ozone, le réchauffement climatique ou la disparition de la biodiversité, la communauté internationale a pris conscience de la nécessité de trouver un modèle économique susceptible de permettre d'assurer nos besoins sans détruire notre écosystème.

À l'origine, le développement durable est un développement qui respecte à la fois les besoins économiques, les besoins sociaux et l'environnement. Mais au fur et à mesure du développement de ce concept, d'autres dimensions s'y sont ajoutées. En particulier, le développement durable s'accompagne désormais souvent d'une réflexion sur l'échelle géographique : ce qui est un développement durable à l'échelle locale peut ne pas l'être à l'échelle mondiale et inversement. D'autre part, la définition du développement durable prend également de plus en plus souvent une dimension politique (quel système permet la meilleure liberté politique ?) ainsi qu'une dimension éthique et morale.

Pour certains penseurs, la notion de développement durable est en elle-même biaisée parce qu'elle se base sur le concept de "développement", lui-même sujet à caution. Gilbert Rist par exemple, considère que la notion de développement est un ethnocentrisme et une croyance occidentale.<sup>22</sup>

Selon lui, lorsque l'on parle de "développement" (comme lorsqu'on évoque les "pays en développement") on présuppose qu'il existe une forme de développement universellement souhaitable. En somme, on part du principe que la société occidentale, société de consommation, société étatique, industrielle et politique est la forme de société vers laquelle il faut idéalement tendre.

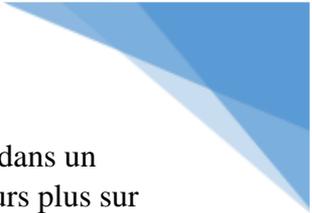
Or il existe d'autres formes de sociétés dans le monde, qui ont vécu des formes de développement différentes : des sociétés agraires basées sur une agriculture vivrière par exemple, ou encore des sociétés non-étatiques et autonomes.

Le terme "développement durable" porte donc en lui cette connotation, et surtout il dénote un impensé d'autres formes de vie que celles établies par la société capitaliste occidentale.

Les penseurs de la décroissance remettent également en cause la notion de développement durable, dans le sens où celle-ci est souvent associée à la croissance économique. En effet, la définition du développement durable comprend une dimension de développement (de croissance) économique. Or pour les penseurs de la décroissance, la croissance économique ne peut pas en soit être un phénomène durable.

---

<sup>22</sup> Le développement ; Histoire d'une croyance occidentale. Par *Gilbert Rist*. Année : 2015



En effet, comment peut-on espérer une croissance durable (donc infinie) dans un monde où les ressources ne sont pas illimitées ? Comment produire toujours plus sur une planète limitée ? Voilà autant de raisons de questionner la définition du développement durable.

#### **4.11.3 Développement durable : la transition écologique et solidaire des sociétés**

L'un des exemples les plus communs du "développement durable" en pratique sont les politiques mises en place par les gouvernements pour prendre en compte les problématiques environnementales et sociales.

De nombreux pays sont aujourd'hui en train de prendre conscience que s'ils veulent exister et se développer sur le long terme, ils doivent préserver leurs espaces naturels, leurs ressources, mais également fonder une société plus juste et plus égalitaire. En France, cette prise de conscience s'est traduite par le développement progressif d'une certaine politique de "développement durable".

Dans les années 1970, la France a créé pour la première fois son Ministère de l'Environnement, chargé de la protection des écosystèmes et des ressources naturelles. Depuis, ce ministère s'est transformé pour devenir aujourd'hui le Ministère de la Transition Écologique et Solidaire, chargé à la fois de mettre en œuvre les politiques écologiques et en partie les politiques sociales du pays.

Parmi les exemples concrets de politique liées au développement durable mis en place en France, on peut citer notamment :

- La **transition énergétique**, qui vise à transformer la manière dont nous produisons de l'énergie pour la rendre plus durable, notamment en utilisant les énergies renouvelables
- La politique de protection de la **biodiversité**, qui vise à protéger certaines espèces et certains espaces afin d'éviter la disparition d'espèces menacées par exemple
- La politique d'**économie circulaire**, qui vise à maximiser le recyclage des matériaux et à optimiser l'utilisation des ressources, tout en limitant les déchets.
- Le grand plan de rénovation des logements et d'**efficacité énergétique** qui vise à mieux isoler les logements français afin de réduire nos consommations énergétiques
- Les différents plans de régulation de l'usage des pesticides et des substances chimiques, qui ont pour objectif de réduire les pollutions ou les phénomènes comme **l'acidification des océans**.

#### **4.12 Smart Growth et nouvel urbanisme : définitions et origines**

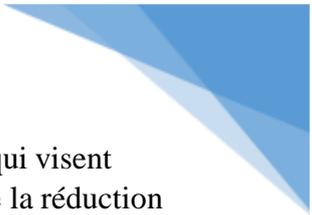
Le smart growth est avant tout un concept dont la définition courante est si proche du concept de développement urbain durable qu'il se n'agit ni plus ni moins d'une appellation ou d'une version nord-américaine de ce dernier<sup>23</sup>. Le smart growth tire son origine des théories de la gestion de l'urbanisation des années 1960 et a évolué vers sa forme actuelle dans la foulée du paradigme du développement durable à la fin des années 1980 (Gillham, 2002).

D'ailleurs, à l'instar de l'idée de développement durable, celle de smart growth a reçu un accueil favorable au sein de nombreuses organisations qui, il est vrai, l'interprètent souvent différemment<sup>24</sup>. Malgré cette situation qui peut malheureusement rendre le concept ambigu et même le dénaturer, le smart growth, dans son acceptation et sa définition les plus courantes,

---

<sup>23</sup> Lewis et al., 2002; O'Neil, 1999; Smart Growth Network, 2005

<sup>24</sup> Gillham, 2002; O'Neil, 1999



peut être identifié à une série de principes d'aménagement et de développement qui visent essentiellement la préservation des ressources (naturelles et financières) ainsi que la réduction de la ségrégation spatiale sous ses diverses formes (fonctionnelles, sociales, etc.) par la priorité donnée au redéveloppement urbain ; il s'oppose ainsi fondamentalement à l'étalement urbain.<sup>25</sup>

Les définitions du nouvel urbanisme peuvent varier. On parle parfois, au sens large, d'une approche en urbanisme ou d'une « philosophie d'aménagement »<sup>26</sup>. Mais la définition de loin la plus courante le désigne comme étant avant tout un mouvement en aménagement et en design urbain ; mouvement qui est le plus souvent associé à un groupe de professionnels réuni au sein du Congress for the New Urbanism, basé aux États-Unis et fondé au début des années 1990. On parle aussi du nouvel urbanisme comme étant le plus important mouvement en urbanisme actuellement (et depuis longtemps), mouvement qui a à tout le moins contribué à alimenter et à réactualiser les débats autour de la question de l'étalement et de notre modèle de développement urbain. Il est à noter que les principaux chefs de file du mouvement, sur lesquels nous reviendrons plus loin, ont eux-mêmes grandement contribué à la diffusion et à la popularisation de leurs idées en publiant un nombre important d'articles et d'ouvrages, dont certains peuvent être considérés comme de véritables références pour le mouvement (par exemple : Calthorpe, 1993 ; Calthorpe et Fulton, 2001 ; Duany et Plater-Zyberk, 1991 ; Duany et al., 2000 ; Katz, 1994 ; Leccese et McCormick, 2000).

Le nouvel urbanisme est en fait l'appellation la plus récente du **néo traditionalisme**. Cette approche en architecture et urbanisme, initiée au début des années 1980, vise à recréer les qualités et les attributs des types de développement urbain traditionnels qui prévalaient encore en Amérique du Nord au début du XXe siècle. **Le néo traditionalisme** serait lui-même issu du mouvement de la préservation du patrimoine bâti des années 1970.<sup>27</sup>

Globalement, deux grands objectifs pourraient être associés au nouvel urbanisme selon Fulton (1996) : (re)créer des collectivités qui offrent non seulement convivialité, interaction sociale et sentiment d'appartenance (sense of community), mais aussi des environnements plus favorables à la marche et aux transports en commun. Pour ce faire, le mouvement s'appuie sur une série de principes de design urbain que l'on peut regrouper en trois points :

- Des développements plus compacts et planifiés selon l'échelle humaine, c'est à-dire ayant une distance entre leur centre et leur périphérie qui soit praticable à pied (environ un quart de mille ou 400 mètres, l'équivalent de plus ou moins cinq minutes de marche).
- Une nette préférence pour le transport en commun.
- Une plus grande intégration de fonctions urbaines diverses (habitations, commerces et services, emplois, écoles et équipements communautaires, espaces publics) au sein de chaque quartier.

Mais, comme le souligne Marshall (2000 : 34), le nouvel urbanisme ne forme pas un bloc monolithique : « **New Urbanism is plural, with many different adherents, thinkers, and streams of thought within it** ». En effet, plusieurs tendances coexistent à l'intérieur du

---

<sup>25</sup> Gillham, 2002; Lewis et al., 2002; Smart Growth Network, 2005.

<sup>26</sup> Falconer Al-Hindi et till, 2001; Marshall, 2000

<sup>27</sup> Falconer Al-Hindi et till, 2001

mouvement, comme le **traditional neighbourhood design** (TND) et le **transit-oriented development** (TOD), avec leurs spécificités et leurs priorités.

Enfin, un des aspects particuliers du nouvel urbanisme concerne le recours au design participatif. Essentiellement, il s'agit d'associer divers acteurs (promoteurs, représentants du secteur public, mais aussi citoyens et groupes d'intérêt) dans l'élaboration des lignes directrices d'un projet de développement, ceci dans le cadre de sessions intensives de remue-méninges (brainstorming). Plusieurs y voient une contribution intéressante du mouvement dans le domaine des procédures de planification urbaine ou, du moins, un effort louable pour la promotion de la participation publique et pour l'atteinte de plus grands consensus.



Figure 5 Schéma de définition de smart growth et le nouvel urbanisme

#### 4.13 Smart house :

L'objectif principal d'une construction énergétiquement efficace est le souci d'une utilisation confortable du bâtiment assurée par de bonnes mesures constructives et liée à une demande minimale en énergie. Ceci peut d'abord être obtenu par une conception optimisée sur le plan climatique de la volumétrie, de l'enveloppe et par la sélection des matériaux.

Dans de nombreuses régions climatiques, le fonctionnement d'un bâtiment nécessite en outre un apport en énergie qui soit réglable.

Une des caractéristiques de Smart house consiste à améliorer la performance énergétique et environnementale du bâtiment tout au long de son cycle de vie, en privilégiant :

- l'écoconstruction des bâtiments (produits, systèmes et procédés de construction) ;
- l'efficacité énergétique (isolation performante, généralisation des équipements peu gourmands en électricité)
- le recours prioritaire aux énergies renouvelables (énergie solaire, géothermie et aérotherme, chauffage au bois)

- la sobriété énergétique par la transformation des comportements individuels et collectifs (éco gestion de l'eau et des déchets).

Un logement est intégré dans un environnement, un quartier, une communauté, un territoire. Améliorer l'habitat, c'est donc aussi améliorer l'intégration du logement et de ses occupants dans une vie locale : développer le dialogue, favoriser l'action sociale des pouvoirs publics et l'entraide citoyenne, intégrer tous les efforts collectifs vers une gestion cohérente des ressources et de l'environnement, etc.

#### **4.14 Technique de bâtiment « intelligent » :**

Pour faire fonctionner les bâtiments, nous avons recours aux énergies de l'environnement pour **l'éclairage naturel**, pour **la ventilation** -qui est indispensable sur le plan physiologique et pour **la maintenance du bâtiment** -, pour **le refroidissement**, et éventuellement pour le **gain d'électricité au moyen de la technique photovoltaïque**. Il n'est pas rare que cela mène à des situations contradictoires : en fonction de **la saison, de l'heure de la journée** et des **intempéries**, selon **le type, la durée et la période d'usage**, des exigences très diverses sont posées aux différentes fonctions citées. On conçoit aisément que l'on attende des bâtiments dits « intelligents » -un terme en vogue qui est ici devenu entre-temps courant- qu'ils puissent réagir aux conditions et situations en perpétuels changements.

Il faut ceci : les installations techniques du bâtiment qui représentent d'une certaine manière le cerveau et les nerfs d'un tel système, assurent les fonctions de régulation et de commande qui répondent aux conditions changeantes aussi bien dans le domaine de l'approvisionnement énergétique (production, répartition et distribution de chaleur) de l'intérieur du bâtiment qu'en ce qui concerne l'enveloppe (élévation/abaissement des jalousies, modification de leur inclinaison, activation de l'éclairage complémentaire de la lumière naturelle, ouverture ou fermeture des volets de ventilation variation d'intensité des ventilateurs et humidificateurs, etc..)

Les hommes devraient s'efforcer à l'avenir, comme autrefois, de percevoir leur environnement- et l'environnement artificiel tout autant- avec tous leurs sens, plutôt que de manipuler un espace virtuel à l'aide de leur propre joystick. Une approche consciente et juste d'un bâtiment passe par sa compréhension. Il serait donc souhaitable que les « systèmes intelligent » signalent si le comportement d'un usager fait gaspiller de l'énergie thermique – comme l'ouverture en hiver d'une fenêtre au-dessus d'un radiateur équipé d'un thermostat- ou s'il consomme inutilement de l'électricité en se servant de certains appareils. Quel intérêt présente à cet égard une facture de chauffage établie l'année suivante ? personne ne peut plus reconstituer ce qui a entraîné telle dépense. Il nous reste un important travail de conception : penser des systèmes adaptés. Les outils informatiques permettent depuis longtemps d'effectuer des simulations dans différents domaines :

##### **4.14.1 Thermique**

- ✓ Préviation de la consommation d'énergie d'un projet de bâtiments,
- ✓ Gestion de données sur le climat,
- ✓ Établissement de profils d'utilisation,
- ✓ Traitement de variables géométriques et liées aux installations techniques du bâtiment,

#### 4.14.2 Technique d'éclairage

- ✓ Simulation de l'éclairage naturel et artificiel d'un projet de local.
- ✓ De nouveaux composants sont en cours de développement ou déjà à l'essai, voire au stade des premières applications :
- ✓ Isolation sous vide,
- ✓ Vitrages commutables ou réagissant aux variations du rayonnement solaire et atteignant des valeurs  $U < 0.5 \text{ w/m}^2\text{K}$  grâce à des remplissages de gaze rare,
- ✓ Vitrages électro-chromes ou thermo-chromes avec des valeurs  $g$  variables,
- ✓ Composants de ventilation avec préchauffage par rayonnement solaire,
- ✓ Système désintégré (avec durées de vie diverses, processus technique de combinaisons variés)
- ✓ Utilisation de la masse interne par chauffage ou rafraichissement des éléments de construction,
- ✓ Modules photovoltaïque à haute flexibilité,
- ✓ Vitrage photovoltaïque de grandes dimensions (jusqu'à  $9 \text{ m}^2$ )

### 4.15 Habitat écologique :

**Une maison est dite « écologique » lorsqu'elle tend à se mettre en conformité avec les normes environnementales et les standards de référence en la matière. La maison écologique respecte l'environnement à un triple niveau :**

**- sur le plan de la conception et de la conceptualisation,**

**- au niveau de la construction proprement dite,**

**- et enfin par rapport au fonctionnement de la maison.**

**Au niveau de la conception, les plans de la maison doivent être élaborés de manière à ce que celle-ci puisse s'adapter et s'harmoniser parfaitement avec son environnement, c'est-à-dire son lieu d'implantation.**

**Au niveau de la construction, pour construire un Eco habitat, il faut utiliser des matériaux naturels ou du moins, évitant autant que possible la production d'énergie polluante appelée « énergie grise ».**

**Enfin, le fonctionnement au quotidien de la maison écologique doit par exemple permettre d'économiser de l'énergie, grâce à des systèmes alternatifs de production d'énergie chauffante, ou encore un système de panneau solaire.**

**Une maison est dite « écologique » lorsqu'elle tend à se mettre en conformité avec les normes environnementales et les standards de référence en la matière. La maison écologique respecte l'environnement à un triple niveau :**



*Figure 6 schéma sur l'habitat écologique*

#### **4.15.1 Les caractéristiques d'une maison écologique**

- La maison écologique doit avant tout être une maison passive. Cela signifie qu'elle doit tirer parti au mieux de son environnement et de son lieu d'implantation. Il s'agira par exemple de tirer profit de l'orientation de la maison afin de bénéficier de façon optimale de l'ensoleillement, en hiver notamment.
- La maison écologique doit également utiliser des matériaux non polluants et ne dégageant donc pas d'énergie grise. Les matériaux de prédilection sont notamment le bois ainsi que les pierres en mono mur.
- Pour l'isolation thermique de la maison, il est particulièrement écologique d'utiliser des matériaux tels que la fibre de bois, la laine de mouton, ou encore le chanvre.

#### **4.16 Efficacité énergétique :**

L'efficacité énergétique ou efficacité énergétique permet concrètement de consommer moins d'énergie tout en consommant mieux, grâce à une optimisation des performances d'appareils électriques ou de bâtiments. L'efficacité énergétique est donc au cœur des stratégies pour la transition énergétique dans le monde. A l'heure du réchauffement climatique et de ses conséquences, comment maîtriser voire réduire la consommation d'énergies fossiles tout en permettant aux particuliers et aux entreprises de ne pas perdre en qualité de vie ?



**L'efficacité énergétique** répond à une nécessité face à l'urgence climatique dans le monde. Réduire sa consommation d'énergie tout en ayant le même service rendu.

« L'efficacité énergétique est rapidement devenue l'un des grands enjeux de notre époque et les bâtiments en sont une des composantes majeures. Ils consomment plus d'énergie que tout autre secteur et contribuent donc dans une large mesure au changement climatique »<sup>28</sup>

#### 4.16.1 Démarches effectuées par l'Algérie :

L'Algérie est un pays qui jouit d'une position relativement enviable en matière énergétique. Les réserves en hydrocarbures dont il dispose et les niveaux actuels de consommation nécessaires à la couverture de ses besoins propres lui permettent de rester serein pour quelques temps encore.

Dans l'immédiat, le problème énergétique de l'Algérie est un problème qui se pose en terme de stratégie de valorisation de ses ressources pour les besoins du développement du pays, de choix d'une véritable politique énergétique à long terme et de définition immédiate d'un modèle cohérent de consommation énergétique couvrant le court et le moyen terme, avant la date fatidique de l'épuisement de ces ressources fossiles stratégiques.

Dans ce contexte, la loi algérienne sur la maîtrise de l'énergie<sup>29</sup> et les nouveaux textes réglementaires mis en place récemment sont venus fixer<sup>30</sup> le modèle de consommation énergétique national et définir le cadre général des différentes actions à mener pour parvenir le plus rapidement possible à une rationalisation de l'emploi des énergies disponibles et à une meilleure maîtrise de la consommation énergétique. Outre la nécessaire diversification énergétique qui vise essentiellement une rapide intégration des énergies renouvelables (solaire photovoltaïque et thermique, éolienne, géothermique, biomasse) dont dispose en abondance l'Algérie, le développement des économies d'énergie est un axe très important de la démarche préconisée par cette loi. La consommation d'énergie peut être considérablement réduite par l'adoption des stratégies d'efficacité énergétique dans le bâtiment.

#### **Aujourd'hui, les bâtiments jouent un rôle très important dans la dépense énergétique.**

Pour cela nous devons réfléchir aux procédés qui permettront la réduction de cette dépense énergétique. Plusieurs paramètres agissent sur le comportement thermique du bâtiment dont la forme, l'orientation, ses éléments constructifs et les aménagements intérieurs. Pour plus de confort, on a recours à une surconsommation d'énergie, donc il faudrait d'abord :

- Améliorer le bâtiment afin de réduire la demande en chauffage et en rafraîchissement
- Bien réfléchir sur la composition des parois de l'enveloppe, la compacité du volume chauffé, l'emplacement, l'orientation et le type de vitrages.

Des solutions existent pour aboutir à un habitat basse consommation énergétique. En guise d'illustration, on peut citer :

---

<sup>28</sup> Björn Stigson, président du WBCSD (World Business Council for Sustainable Development, WBCSD)

<sup>29</sup> Journal Officiel de République Algérienne, 'Loi N°99-09 du 28 Juillet 1999 Relative à la Maîtrise de l'Energie', J.O.R.A., N°51, 2 Août 1999, Alger, Algérie.

<sup>30</sup> Ministère de l'Habitat et de l'Urbanisme, Commission Technique Permanente, 'Réglementation Thermique des Bâtiments d'Habitation et Règles de Calcul des Déperditions Calorifiques', Document Technique Réglementaire, CNERIB, Décembre 1997, Alger, Algérie.

- 
- Meilleure isolation de l'enveloppe qui fera diminuer la dépense énergétique de chauffage et de rafraîchissement,
  - Utilisation des énergies renouvelables dans les équipements de chauffage et de rafraîchissement des bâtiments.

## 4.17 Logement durable

Le logement durable comporte une dimension liée à la construction, une dimension socio-économique et une dimension écologique. Le logement durable (aspect construction) comporte les deux éléments principaux :

- **La durée**, liée à la qualité des matériaux de construction utilisés et à leur mise en œuvre.
- **L'adaptabilité, à deux niveaux** : succession d'occupants et évolution des besoins d'un même occupant dans le même logement.

Le logement soutenable (aspect socio-économique) comporte les éléments suivants : l'accessibilité en fonction de la capacité financière réelle de l'occupant,

- ✓ Les coûts indirects (par exemple les dépenses de déplacement liées à la localisation,
- ✓ Les impacts du logement et de l'habitat sur la santé physique et mentale de ses occupants ;
- ✓ La fonction psychologique et sociale du logement et de son environnement résidentiel : le passage du logement au « chez-soi »

Le logement « éco-efficent » (aspect écologique) comporte les éléments suivants : l'utilisation rationnelle des ressources naturelles non renouvelables regroupées en trois grandes catégories :

- ✓ Énergie : niveau de consommation énergétique (directe et indirecte) et type d'énergie utilisée.
- ✓ Matériaux de construction : caractère renouvelable et « contenu énergétique »
- ✓ Espace, c'est-à-dire le sol dans sa dimension spatiale, ressource non renouvelable par excellence.



# **Deuxième Chapitre**

**Architecture traditionnelle en Algérie**

## L'architecture en Algérie entre repère et ambiguïté

Ce chapitre traite la problématique de la situation de l'architecture en Algérie sur le plan qualitatif. Il est question de connaître la valeur de l'architecture et de son rôle dans société et dans son cadre bâti en plus cherché les vraies causes qui ont engendré la médiocrité et l'ambiguïté de l'architecture. L'hypothèse avancée consiste à considérer que l'ambiguïté, la médiocrité et le manque de lisibilité de l'architecture en Algérie est due à la marginalisation de l'architecte et la négligence de son vrai rôle dans la production architecturale, en plus l'ignorance de la société du fond de l'architecture tant que repère dans le temps et dans l'espace et elle reflète son niveau économique et culturel.

### 5.1 La qualité Architecturale :

En architecture la question de qualité présente le plus grand défi pour les concepteurs et les différents acteurs dans le domaine de bâtiment, mais par l'évolution des besoins des usagers en matière de commodité et l'apparition de nouveaux concepts tel que le développement durable, la problématique qualitative en architecture vient de prendre une large importance parallèlement avec ce développement technologique et cette évolution dans les besoins des communautés.

Dans notre recherche nous avons penché sur l'étude la qualité architecturale pour l'évaluation de la qualité architecturale du bâtiment public dans la ville de Mostaganem

La définition de la qualité architecturale reste toujours une piste de réflexion vu sa complexité. (LAROUI,2017) Selon DEHAN Philippe (1999) « La notion de qualité architecturale est difficile à cerner car elle se constitue à travers de nombreux facteurs, de nature variée, et dont beaucoup fluctuent selon l'observateur. En effet, il ne s'agit pas simplement de déterminer un degré de confort d'équipement, relativement facile à quantifier, mais d'interroger la pertinence d'un objet architectural dans ses différentes dimensions. Une majorité des facteurs constitutifs de la qualité architecturale ne sont pas techniques, nombre d'entre eux ne sont pas mesurables de manière objective, et certains nécessitent la médiation d'une enquête et d'une analyse sociologique ... » (DEHAN, 1999)

La qualité architecturale du cadre bâti de la ville et des équipements c'est la préoccupation de toute la société vue que c'est le confort avec tous ses types de la population. « La question des qualités architecturales n'est ni une abstraction théorique ni la chasse gardée des professionnels de l'architecture ou de la recherche. Elle nous concerne tous, que l'on soit au bureau, chez soi, dans les différents équipements qui accompagnent notre vie et nos activités sociales, dans l'intérieur le plus privé comme dans l'espace public, en ville ou ailleurs. Elle est d'autant plus d'actualité que les doléances des usagers se multiplient face aux engouements de la critique, ou que l'opposition entre le trivial domestique et la pure esthétique tend à s'installer. » (Hoddé, 2003).

Pour LAROCHELLE, P (S.D) ; La qualité architecturale c'est la conformité parfaite ou partielle au code d'un courant stylistique ou d'une sous-culture de goûts. Elle est souvent prise pour juger la valeur esthétique des édifices. A noter que l'évaluation de la qualité architecturale d'un édifice est toujours réduite à la valeur esthétique, sans prendre en considération l'ensemble des qualités écologiques, sociales, fonctionnelles, perceptuelles et

expérientielles qui entrent dans l'évaluation de la véritable qualité d'une œuvre architecturale.<sup>31</sup>

### 5.1.1 Evaluer la qualité architecturale :

D'après RÖNN Magnus (2011) L'évaluation de la qualité architecturale se passe en se basant sur le système de valeurs individuel, « L'architecture est jugée à partir des critères. Ils comprennent les opinions, les valeurs, les idéaux (ensembles de valeurs morales intellectuelles et esthétiques), et les impressions des caractéristiques souhaitables. Ainsi, un projet architectural peut être évalué à l'extérieur en utilisant des critères de conception de la qualité basé sur les exigences d'adéquation à l'environnement naturel, et un design qui propage la joie aux utilisateurs, et aux visiteurs » (RÖNN,2011) En outre, parler de la qualité architecturale c'est évoqué deux choses :

- L'esthétique
- Et l'usage

#### **Pour :**

- Le premier il exprime le coté extérieur de l'équipement ou le bâtiment, puisque les gens ont un rapport avec la façade, l'entrée, la forme et la morphologie du bâtiment.
- Le deuxième critère c'est le coté d'usage, fonctionnel et technique de l'équipement ; c'est l'équilibre en exerçant les activités et réponse au besoin fonctionnel. (CHANTAL, 2010)

### 5.1.2 Evaluation de la qualité architecturale d'une œuvre, un équipement ou d'un bâtiment

- ✓ Facteur symbolique : l'œuvre doit marquer une valeur symbolique chez la population ; valeur religieuse, culturel, historique, spirituelle
- ✓ Facteur d'usage : l'œuvre doit intégrer et répondre au simple fonctionnement et du confort des usagers, le confort avec tous ses types : olfactif, visuel, acoustique, thermique.
- ✓ Facteur technique : l'œuvre ou le bâtiment doit posséder les nouvelles technique et technologiques contemporaines.
- ✓ Facteur économique : l'œuvre doit répondre à la qualité et prix.
- ✓ Facteur d'esthétique : l'œuvre doit donner du plaisir et la joie à la population. Provoquer un sentiment et une sensation positive chez les gens. Une œuvre admirable.
- ✓ Facteur d'intégration au site : l'ancrage de l'œuvre architecturale dans son site lance un dialogue de contenant et contenu de l'œuvre et son environnement.
- ✓ Facteur environnemental : le respect à l'environnement offre la longévité à l'œuvre architecturale ; dont cette dernière doit prendre en compte le milieu naturel et architectural, le bon choix des matériaux de construction (faibles impacts environnementaux), faible consommation des ressources naturelles, faible consommation énergétique. (Site web : [www.plateforme-ecco.eu](http://www.plateforme-ecco.eu))
- ✓ Facteur historique : l'œuvre architectural doit avoir des racines dans le temps et dans l'espace dans le lieu et dans la ville à travers son traitement, ses éléments architecturaux, sa conception, organisation spatiale...etc.
- ✓ Facteur artistique : n'oubliant jamais que l'architecture est un art en premier lieu en suite vient la technique pour répondre à la concrétisation de l'idée

---

<sup>31</sup> LAROCHELLE, P (S.D)

- ✓ Facteur de lisibilité : pour LYNCH Kevin (1971) « Une ville lisible est celle dont les quartiers, les points de repère ou les voies sont facilement identifiables et aisément combinés en un schéma d'ensemble » donc la lisibilité veut dire la clarté des éléments composant l'œuvre, la cité ou la ville. En plus facilement identifiable, facilement à connaître ses caractères, caractéristiques et ses spécificités.
- ✓ Facteur de repère : être repère ou se perdre dans la ville, l'œuvre architecturale doit marquer sa présence dans le temps et dans le lieu. Chaque œuvre est un repère dans son lieu et dans le temps, d'une époque, d'une région, d'un style d'architecture, raconte et exprime une histoire.
- ✓ Facteur identité et caractère : Chaque œuvre architecturale ou lieu possède une identité qui lui est propre : son histoire, sa forme, sa morphologie, son orientation, ses matériaux qui le constituent ; en font une œuvre singulière.
- ✓ Facteur d'ambiguïté : L'ambiguïté dans son sens littéraire c'est le caractère de ce qui est ambigu, ce dernier veut dire que l'interprétation et le sens sont incertains ; équivoque ; qui laisse un doute(<https://www.larousse.fr>). Ce terme en architecture a été évoqué par VENTURI Robert dans son ouvrage intitulé de l'ambiguïté en architecture (1966). C'est un architecte et théoricien américain né le : 25 juin 1925 à Philadelphie et mort le 18 septembre 2018, il s'est opposé aux principes de l'architecture moderne ; il a ouvert la voie à une architecture basée sur l'art et l'histoire ; comme il voulait se libérer des principes du modernisme fonctionnalisme. (Site web : [www.batiactu.com](http://www.batiactu.com)) VENTURI Robert «se confronte à certains dogmes de l'architecture moderne. Il expose notamment son désintérêt pour l'espace continu entre intérieur et extérieur et pour l'honnêteté parfois insipide d'une expression fonctionnaliste de l'architecture » En plus « Il passe au filtre de ses outils de lecture une production qui lui est actuelle jusqu'en 1966, dans une mise en confrontation constante entre une contemporanéité et un paysage historique » (Site web : [www.etudier.com](http://www.etudier.com))

### 5.1.3 Récapitulation de la qualité architecturale d'une œuvre :

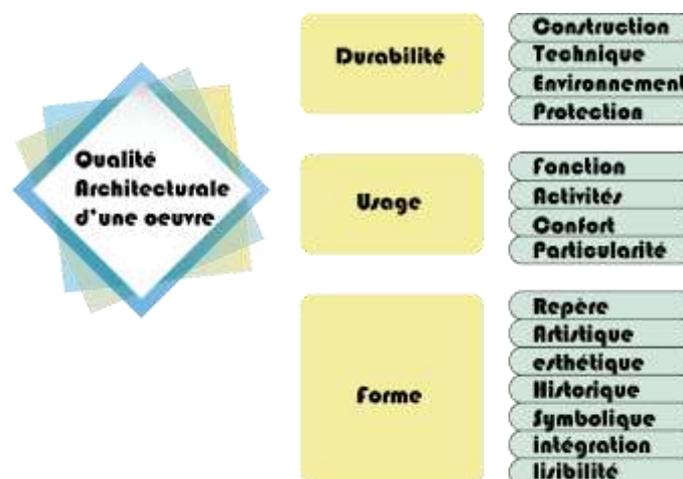


Figure 7: Schéma récapitulatif de la qualité architecturale d'une œuvre architecturale. (DEHAN, 1999)

La qualité architecturale est actuellement un problème souvent évoqué mais le plus souvent trop brièvement pour l'être de façon significative.



Du point de vue des usages, la notion de qualité se réfère à celle de valeur d'usage, c'est à dire de réponse à des attentes. A ce titre elle est au moins partiellement déterminé par le contexte, et quand il s'agit de bien d'usage courant, elle est relative.

Ce qui est considéré comme étant de bonne qualité dans un contexte donné peut ne pas l'être dans un autre contexte ou ne plus d'être, plus tard, dans le même contexte.

On peut considérer que les attentes des usagers concernent, l'importance de la surface du plancher, la qualité des finitions, la résistance de la structure, la fonctionnalité des espaces intérieurs, les espaces extérieurs, l'environnement et l'esthétique. L'architecture, en tant que geste urbain, doit prendre en charge et répondre à une partie de ces attentes.

Pour que les œuvres architecturales, équipements, habitats des villes de l'Algérie peuvent avoir de la qualité architecturale, retrouvent et regagnent leurs positions de repère dans le temps et dans le lieu et ne pas se dissimuler dans l'ambiguïté pauvre à transmettre des messages d'une génération à une autre il faut :

- Eviter l'adaptation des instruments d'urbanisme totalitaire comme si l'Algérie c'est un seul territoire homogène dans ses régions, dans son relief, dans son climat ...etc.
- Respecter les conditions environnementales de toutes les régions de l'Algérie.
- Penser au développement local en premier lieu ensuite le régional.
- Exploiter les potentialités de la région avant de faire venir des choses externes (type d'architecture, matériaux, technique de construction ...etc.)
- Préserver les anciennes œuvres et quartiers et les utilisées comme moyen d'inspiration pour futur extension.
- Tirer des leçons des anciennes œuvres et anciens quartiers.
- Penser à la qualité architecturale et urbaine des villes avant la quantité et le nombre de projets et de l'habitat.
- Donner la valeur et l'importance à l'architecte pour qu'il joue son rôle comme il se doit et à l'habitant, ce sont deux éléments moteur dans le développement de la ville.
- Les services techniques et la police de l'urbanisme doivent vieillir plus sur la ville

## 5.2 L'architecture en Algérie

### 5.2.1 L'architecture traditionnelle :

L'homme évolue depuis son existence sur terre et construit son espace en fonction de ses motivations et ses besoins ; il a toujours cherché à s'abriter et se protéger contre les dangers et les aléas de la nature : les intempéries et les animaux sauvages. Donc bâtir c'était pour lui une obligation incontournable, il commençait par avoir d'aide de sa famille ou de sa tribu, et le processus de construire était pris en charge par lui-même, tout en suivant les conseils et les orientations de l'artisan. Le résultat obtenu c'était un abri intégré dans son contexte social, culturel et environnemental. L'utilisateur respecte d'une manière implicite l'écosystème en vivant en harmonie avec son site naturel. (ADAD, 2004)

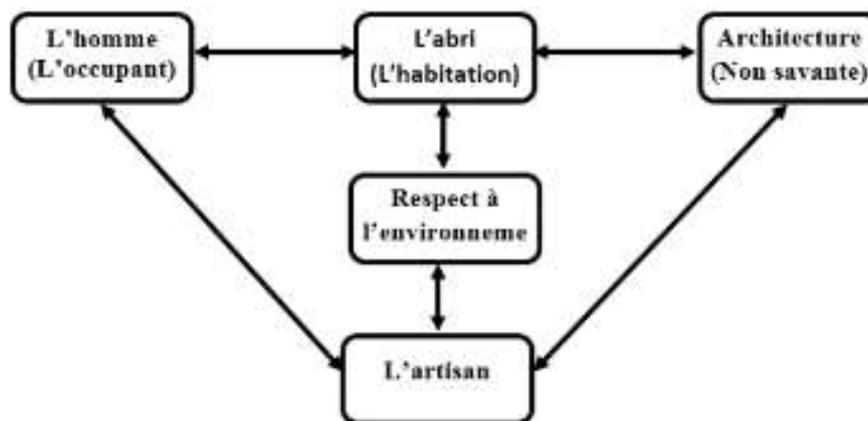


Figure 8 : Rapport, l'homme / architecture non savante. Etabli par Hanafi Abdelhakim

### 5.2.2 L'architecture postindépendance :

Après l'indépendance, les structures étatiques ont été créées pour construire les équipements et l'habitat. Ensuite l'auto construction se développa dans tout le territoire algérien, ce type ignorait totalement les codes et les techniques de constructions vernaculaires en donnant seulement raison aux produits jugés modernes par l'utilisation outrancière des matériaux industrialisés à base de ciment et l'introduction du système constructif en poteaux poutres. En plus la planification, la programmation, la conception et la réalisation des équipements sont exécutés par les structures et services de l'état, tels que la DLEP, la DUC, l'OPJI, l'agence foncière et autres

En observant les différentes vues relatives aux sièges des APC sur le territoire algérien, on constate que l'aspect général de ces derniers ne reflète pas l'architecture locale de chaque région, ni l'utilisation des matériaux de construction locaux.

Concernant l'habitat, on trouve au territoire algérien tous les types, habitat collectif, individuel, semi collectif, quartier planifié, quartier illicite, grands ensembles ...etc. on a essayé d'exposer dans cet article ce qui englobe le paysage urbain des villes algériennes.



Figure 9: Vues sur différentes cités (habitat collectif) aux le territoire Algérien.

Passant à l'auto-construit, au niveau de tout le territoire algérien il présente l'aspect de l'inachevé des constructions avec les barres d'attentes lancées au ciel, donnant un paysage urbain d'une cité chantier.

Mostaganem, à Batna, à Alger, à Oran, à Bechar ... toutes les villes algériennes malheureusement ont la même situation architecturale et urbaine. Et tout cela est le résultat de « L'absence volontaire ou involontaire de services techniques de contrôle et de la police de l'urbanisme a une forme de complicité qui a exacerbé davantage cette situation » (ADAD, 2009)



Figure 10 vue sur l'habitat individuelle



La qualité urbaine et architecturale des villes de l'Algérie est la responsabilité de toute la société algérienne. Dont il faut réunir toutes les forces pour sauvegarder et préserver l'architecture de l'anonymat et de l'ambiguïté et elle retrouve sa valeur et son cachet, son histoire et sa mémoire dans le but d'avoir le confort psychologique de la population.

Cette responsabilité globale est revitalisée qu'après une décision de changer la manière et la pratique exercée dans la conception et la réalisation des œuvres, des équipements et de l'habitat et l'abandon des méthodes actuelles.

En plus, conserver les acquis architecturaux des années passées notamment le respect aux contextes naturel, urbain et historique. A propos l'auto-construit, puisque c'est la partie dominante dans le paysage urbain et la ville en général, un accompagnement technique et financier de l'utilisateur s'avère obligatoire de la part des autorités pour maîtriser la situation urbaine et architecturale des villes algériennes.

En effet, la vraie mise en action des services techniques pour contrôler l'application des instruments d'urbanismes, des plans et l'avancement des travaux de réalisations et éviter le laisser-faire de la population. En revanche, un nombre de recommandations sont dégagées à la fin de ce travail qui doivent être appliquées et chaque un dans son domaine.



Le présent chapitre mettra l'accent sur l'analyse de quelques exemples qui feront ressortir les dispositifs de l'architecture traditionnelle, reflétant un patrimoine architectural, un savoir-faire avec des matériaux locaux et un respect de l'environnement. « L'architecture vernaculaire représente un des derniers témoins tangibles de la société qui l'a produit. Elle porte en elle un art de construire qui avait eu son prestige et son secret. C'est une tradition vivante et qui marque une continuité entre le présent et le passé ». La connaissance constructive dans l'architecture traditionnelle est souvent véhiculée par les traditions locales. Elle poursuit le mode habituel de construction qui se suffisait des descriptions orales pour être transmise, comme c'est le cas de la Casbah D'Alger.

### **5.2.3 ARCHITECTURE TRADITIONNELLE ET MODE DE VIE CONTEMPORAIN :**

L'architecture est l'un des domaines de la création spécifiquement populaire. Autrefois, les artisans ont abouti à des résultats remarquables, qui prouvent leur ingéniosité technique, la diversité dans les formes, l'homogénéité et l'équilibre des volumes. En Algérie, l'habitat traditionnel se distingue parmi d'autres architectures, par sa grande harmonisation avec les paysages environnants, et différents sites le prouvent. Mais hélas, de jour en jour, ce patrimoine perd de ses qualités et devient plus fragile, de sorte que ses habitants trouvent prétexte pour quitter les lieux ou entamer la procédure de démolition. Pourquoi cibler l'architecture traditionnelle et la prendre comme objet d'étude dans un monde qui change très vite à tous les niveaux ? Deux phénomènes se sont manifestés il y a de cela des années :

- ❖ La démolition systématique des constructions anciennes pour des motifs de salubrité, de fonctionnement, de confort, et la création de nouveaux types de maisons dans la tentative de répondre aux conditions de vie moderne, sans tenir compte de l'expérience traditionnelle.
- ❖ Un essai d'adaptation des constructions anciennes aux exigences nouvelles, en conservant quelques aspects de l'architecture traditionnelle. Ces essais restent des tentatives individuelles loin du savoir-faire et de la maîtrise de la technique avec absence totale d'un encadrement compétant, ce qui rend les lieux dangereux. Les transformations du mode de vie, le recours aux matériaux nouveaux, la recherche de l'originalité et à ce qui correspond au mieux à la situation et aux exigences socio-actuelles favorisent la dissolution de la tradition qui repose sur un ensemble de conditions et de règles spécifiques à une période donnée.

## 5.2.4 Habitat traditionnelle

L'habitat traditionnel compose la plus grande partie de l'environnement bâti de l'homme, l'analyse de la conception et de l'utilisation de cet habitat font apparaître pleinement toutes les richesses. La somme extraordinaire de connaissances technique (particulièrement en termes d'économie d'énergie et de matériaux) de possibilité d'adaptation contenue dans l'habitat traditionnel fait partie du patrimoine humain.<sup>32</sup>

Définition de l'architecture vernaculaire. Dans une acception générale, selon les auteurs, le "vernaculaire" fait allusion à plusieurs significations ; "rustique", <sup>33</sup>populaire<sup>34</sup>, "indigène, tribal et folklorique"<sup>35</sup>, il est aussi synonyme de "spontané, rural et primitif ou même anonyme"<sup>36</sup>

En architecture, selon Jean Paul LOUBES, le vernaculaire est désigné généralement pour signifier des architectures liées à "un territoire, à un groupe ethnique"<sup>37</sup> faites par un artisan et non par un professionnel "architecte" c'est pourquoi Bernard RUDOLFSKY la qualifié d'une architecture sans architectes. De ce côté, il y a probablement une entente sur le sens général mais en terme d'application cela s'avère plus compliqué car l'architecture vernaculaire est différente d'un pays à un autre.

Étymologiquement, le vernaculaire vient du mot latin vernaculus qui signifie indigène ou domestique, verna signifie un esclave né dans la maison, Ce nom donne ensuite lieu au XVIème siècle, à l'adjectif français vernacule qui détermine la langue familière ou plutôt courante et un peu vulgaire (par opposition au latin et ou noble), pour adopter plus tard le sens du latin vernaculus et caractérise ce qui est propre à un pays, ce qui est indigène. En constate qu'en langue française le vernaculaire n'a pas désigné dès le début un type de bâtiment ou d'architecture, contrairement à l'anglais, mais il est, plutôt, utilisé comme qualificatif d'un lieu, d'un pays (indigène) d'une personne (esclave) pour désigner quelque chose de familier, de profane. À un notre niveau de réflexion, Ivan ILLICH<sup>38</sup> dans son ouvrage Le genre vernaculaire, construit son argument sur l'idée que le capitalisme implique un mode de vie entièrement soumis à la marchandise industrielle, il appelle "genre vernaculaire" une organisation des rapports sociaux hors du règne déterminé par la marchandise et ses processus d'échange.

Le vernaculaire était pour lui tout ce qui n'était pas destiné au marché dans la domus romaine, mais réservé à l'autoconsommation domestique. En ce qui concerne notre cadre d'étude nous tiendrons la définition suivante : les architectures vernaculaires ou traditionnelles sont celles qu'un groupe culturel construit, généralement, les utilisateurs eux-mêmes, pour sa vie quotidienne. C'est une architecture qui reflète ses besoins, désirs et ses valeurs culturelles.

---

<sup>32</sup> 5 Akchiche. Z. (2011). Étude de comportement d'une cheminée solaire en vue de l'isolation thermique, Mémoire Présenté pour l'obtention du diplôme de Magister, université kasdi Merbah Ouargla. Page 21.

<sup>33</sup> John BRINCKRHOFF JAQCKSON, à la découverte du paysage vernaculaire, Arles, Éd. Acte du Sud, 2003, p. 175

<sup>34</sup> Du faite de l'origine sociale de leurs bâtisseurs et utilisateurs petit peuple des campagnes et des villes.

<sup>35</sup> 8 Paul OLIVIER, Encyclopedia of vernacular architecture of the world, Tome1, New York, Éd. Cambridge University Press, 1997

<sup>36</sup> Silvio GUINDANI et Ulrich DOEPPER, architecture vernaculaire, territoire, habitat et activités productives, Lausanne, Presses

<sup>37</sup> Jean Paul LOUBES, Traité de l'architecture sauvage : manifeste pour une architecture située, Paris, Éd. Le Sextant, 2010, p. 39.

<sup>38</sup> Un penseur Autrichien et une des figures connues pour sa critique du monde moderne.



Elle évolue avec la tradition qui la construit. Elle n'est ni conçue ni réalisée par un professionnel mais c'est l'ensemble "**des valeurs qui font la tradition qui tient lieu d'architecte**"<sup>39</sup>. La tradition est source de savoir-faire, de règles et c'est elle qui est la garante de la "**cohérence entre usages et croyances**"<sup>40</sup>, elle est la concrétisation "**d'un style de vie**"<sup>41</sup>. Dans ce cas, la production du bâti est une sorte de reproduction, avec un souci de perfection et d'adaptation plus que d'invention

Cette architecture a trois caractéristiques principales. D'une part, qu'elle n'a pas de fondements théoriques, mais elle se réfère à la tradition comme source d'ordre, veille à la transmission de ce savoir de génération en génération où, chacune apporte sa touche et ses modifications sans que cela influe sur l'apparence générale des formes produites (un travail intégré effectué à l'intérieur d'un certain langage avec des variations dans le cadre d'un ordre donné "le modèle").

D'autre part, elle est une transformation douce de la nature, par une intégration à l'environnement, climat et site, il en résulte une certaine harmonie entre la relation de l'homme avec son environnement.

Enfin, elle a une forte capacité d'adaptation aux différentes situations. Les matériaux sont liés aux ressources locales, la forme est dictée par le climat et les groupes humains. Le programme suit les besoins élémentaires ainsi que les pratiques sociales et la culture contrairement à l'architecture savante qui s'est trouvé d'autres raisons d'être.

#### 5.2.5 FORME ET DIVERSITE DE L'HABITAT TRADITIONNEL EN ALGERIE :

- ❖ L'Algérie aussi vaste, jouit d'un grand parc d'habitat traditionnel de typologies diversifiées relatives aux disparités contextuelles, comme le décrit B. Pagond<sup>26</sup>. Cet habitat produit par un groupe social ou culturel pour lui-même sert de cadre de vie quotidienne, ou s'y inscrivent les besoins et les désirs du groupe. Quand l'œuvre est le produit de l'usager qui s'intègre à son contexte et son environnement par sa couleur, sa texture et ses matériaux de construction, cela reflète la relation entre homme et nature et explique cette harmonie. Les disparités dans le territoire algérien et les variétés de cultures régionales, engendrent diverses typologies et sous typologies. Relativement à cela, nous proposons une typologie qui coïncide avec trois contextes géographiques distincts :
- ❖ **Habitat traditionnel du nord** à caractère turque représenté dans le modèle des médinas, comme celle de Constantine, de Tlemcen et de la casbah d'Alger, caractérisée par sa compacité et son architecture intérieure très riche.
- ❖ **Habitat traditionnel des hauts plateaux et des chaînes montagneuses des Aurès et de la grande Kabylie sous ses deux formes** : éparses ou en hameau à caractère rurale, et sous une forme compacte perchée.
- ❖ **Habitat traditionnel des zones arides** et semi arides, considéré par sa richesse en éléments bioclimatiques, se distingue aussi par une variété typologique : l'habitat du

---

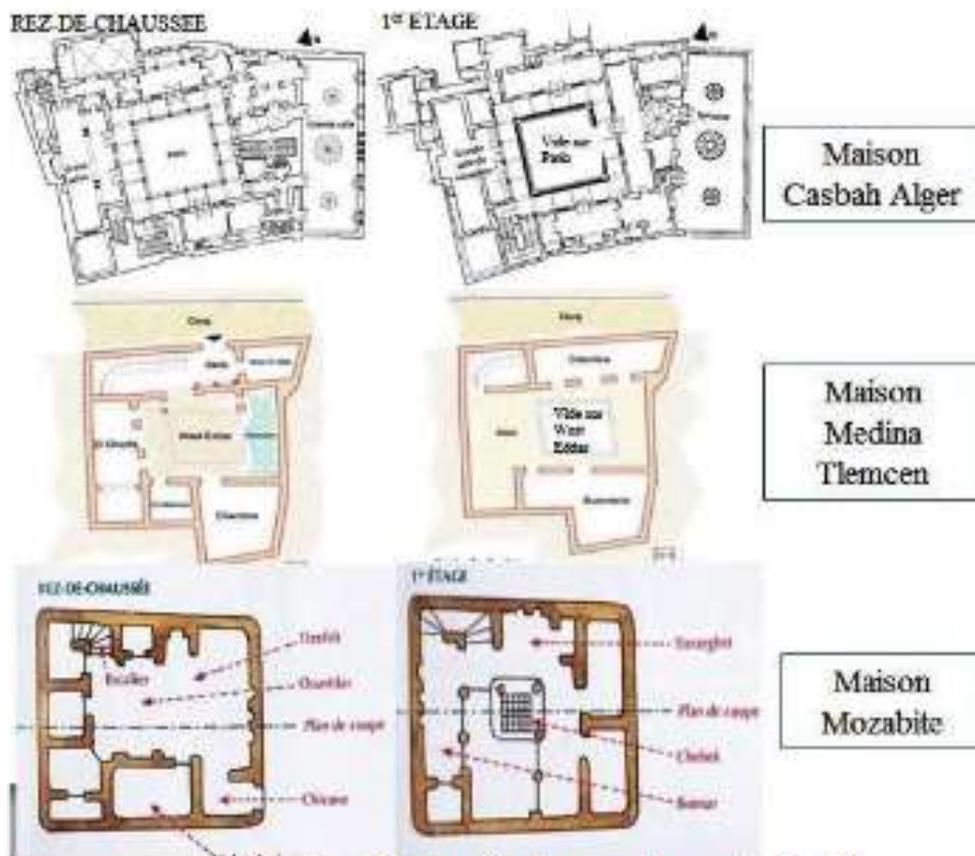
<sup>39</sup> Jean Paul LOUBES, Traité de l'architecture sauvage : manifeste pour une architecture située, op.cit.

<sup>40</sup> Ibid.

<sup>41</sup> Catherine et Pierre DONNADIEU, DIDILLON Henriette et Jean Marc, Habiter le désert, les maisons mozabites, op.cit, p. 10

M'Zab qui était objet d'intérêt et d'étude de certains chercheurs comme André Ravéreau et le Corbusier. L'habitat du Souf, d'une morphologie spécifique, reconnu par ses coupoles, ses voutes et ses matériaux de construction. L'habitat des Oasis qui se distingue par son intégration à l'intérieur de la palmeraie comme l'exemple de Biskra. La dernière typologie particulière du sud-ouest est celle des ksours de Béni Abbés, Bechar, ...etc.

- ❖ Cet habitat aussi varié de par sa morphologie générale d'une région à une autre en fonction de son climat, sa nature topographique et ses matériaux locaux disponibles et les techniques appropriées, possède des caractéristiques communes telles que l'échelle de référence, la compacité du tissu, l'introversion des unités d'habitations et la forme des ruelles et des impasses.



Typologie du patio du nord au sud Algérien.

Source : Autrice.

Figure 11: typologie du patio du nord algérien

### 5.2.6 Analyse architecturale de la maison « casbah d'Alger » :

La maison n'est pas toujours réservée exclusivement à l'habitation mais la partie résidentielle est toujours séparée des autres activités dans l'organisation spatiale du bâtiment sans qu'il existe communication entre les différentes parties.

La superficie au sol de la maison ne correspond que rarement à la superficie des niveaux d'étages ; la maison tend à gagner de l'espace public, à partir du premier étage.

Trois grand types de maisons ont été identifiés :

1. **Le Alaoui** : type de maison en hauteur, de très petite dimension et se développant au-dessus d'un local à usage commercial. Elle est organisée autour d'un escalier éclairé par un puits de lumière.
2. **La maison a chbek** : petit maison organisé autour d'un wastaddar couvert qui prend air et lumière par un chbek, réserve grillée, ménagée dans le plafond, la ou les pièces d'habitations ouvrent sur le wasstaddar.
3. **La maison a portique** : maison organisée autour d'un wastaddar a 2, 3 ou 4 portiques selon la dimension. Toutes les pièces ouvrent sur les portiques.

### 5.2.7 Les qualités architecturales

Sur des parcelles très restreintes, la maison de la Casbah offre un volume appréciable important, par des agencements de niveaux très astucieux permettant des gains d'espaces intéressants.

Toute l'harmonie de la maison est fondée sur cette diversité de la qualité des espaces, sur l'irrégularité de leur forme : les portiques et les murs intérieurs savent très bien jouer l'illusion optique, créant des effets de profondeur dans des espaces étroits, effets accentués par des percées et lumières savamment placées.

Les qualités de confort de cette maison étaient assurées à l'origine par des dispositifs ingénieux et des matériaux simples, locaux, aux très bonnes performances.

Les murs et les planchers, par leur épaisseur et leur poids, ont une grande inertie et offrent de bonnes qualités d'isolation acoustique et thermique, d'autant que les maisons étaient fermées aux nuisances de la rue.

Les enduits et les badigeons à la chaux, outre qu'ils permettent aux murs de respirer, absorbent les rayonnements de chaleur et diminuent les rayonnements froids.

La protection contre l'incendie est garantie par la masse de terre contenue dans les planchers.

L'utilisation pour les revêtements de sol, de matériaux conservant la fraîcheur, et les dispositifs de prise d'air et de ventilation, situés en hauteur entretiennent entre les pièces et le wastaddar un cycle d'air qui crée à l'intérieur de la maison un microclimat appréciable en été. Ce cycle d'air peut être modulé par l'obturation des ventilations, notamment en hiver.

## **CARACTERISTIQUES DE L'HABITAT TRADITIONNEL EN ALGERIE :**

### **Casbah d'Alger**

On peut distinguer principalement l'habitat traditionnel urbain ou rural, qui repose d'une part sur le nombre d'individus ainsi que sur la localisation ; d'autre part sur les activités. Notre cas d'étude étant le rural compact, on se penchera donc sur ce type dans le paragraphe suivant. Dans l'espace méditerranéen comme en Algérie, les gestes des sociétés précédentes sont gravés « **l'espace est la résultante et le produit des activités sociales** » Henri Lefebvre, (1981).

La casbah d'Alger, le site a été déterminant dans sa formation car l'histoire de la médina est celle de son site se caractérise par sa situation par rapport à son environnement riche en ressources de toute nature indispensable à l'établissement humain. Il est vrai que la médina d'Alger, a subi le même sort histoire que les pays méditerranéens en général et l'Afrique du nord en particulier. Les phéniciens inaugurerent, ainsi la venue d'une chaîne de colonisateurs, composée de romains, vandales, byzantins, arabes, espagnols, ottomans et français.

Etant donné que le territoire naturel préexiste à tous les établissements humains, ces derniers, depuis l'antiquité, se sont, toujours fortement, imprégnés du milieu naturel dans lequel, ils s'implantaient et auquel ils s'identifiaient. Ainsi, la structure urbaine, elle-même, s'inscrit dans une structure naturelle, la notion de structure correspond au sens donné par Levi Strauss, La casbah n'échappe pas à cet ordre naturel, se situe sur l'une des deux pointes de la baie d'Alger, la plus propice pour permettre à la naissance de cet établissement, et le développement de son noyau initial à partir de celle-ci.

## **6.1 Les éléments de composition typologiques :**

### **6.1.1 La maison comme unité du cadre bâti :**

« La maison est un corps creux, tournant vers l'extérieur des murs aveugles, sans fenêtres et dont les pièces s'ouvrent sur une cour d'où l'on ne peut voir que le ciel. Cette cour devient le petit bout de ciel privé du propriétaire » Hassan Fathy, (1970)

Elle constitue l'unité élémentaire du tissu urbain, en effet, l'utilisation du même type de base qui est la maison à patio, est considérée comme l'une des caractéristiques de l'architecture de cette médina. Conçue comme un édifice fermé et unifié « la maison traditionnelle se présente comme un lieu clos : de hauts murs aveugles et anonymes assurent l'unité et l'intimité de la maison »<sup>42</sup>

La maison s'articule avec l'espace urbain dans une hiérarchie bien caractéristique exprimée par une succession d'espaces tampon ou filtres qui se trouvent à différentes échelles. L'accessibilité à l'habitation est organisée de manière hiérarchisée : Elle s'établit de la rue à l'impasse, puis de la Driba à la Skiffa pour enfin arriver à l'habitation.

« L'organisation spatiale représente les éléments qui permettent de situer un objet ou une personne dans un espace donné ou par rapport à un autre objet ou une autre personne ». Donc l'organisation spatiale prend forcément en compte les composants d'un espace et les liens entre eux pour former un espace. L'organisation spatiale au niveau plan s'articule sur des

---

<sup>42</sup> Marc Cote, l'Algérie ou l'espace retourné » ed media plus 1993 P 24

espaces d'une grande importance fonctionnelle, et les relations qui existent entre eux : comme l'espace central qui peut être soit la cour, le patio ou la pièce centrale.

### **6.1.2 La driba est un aménagement de la skiffa, seuil de la maison :**

La driba est une chicane supplémentaire menant à la maison, retrouvée souvent dans les grandes demeures. C'est l'interface entre le dehors (la rue) et le dedans (la skiffa), une sorte de porche.

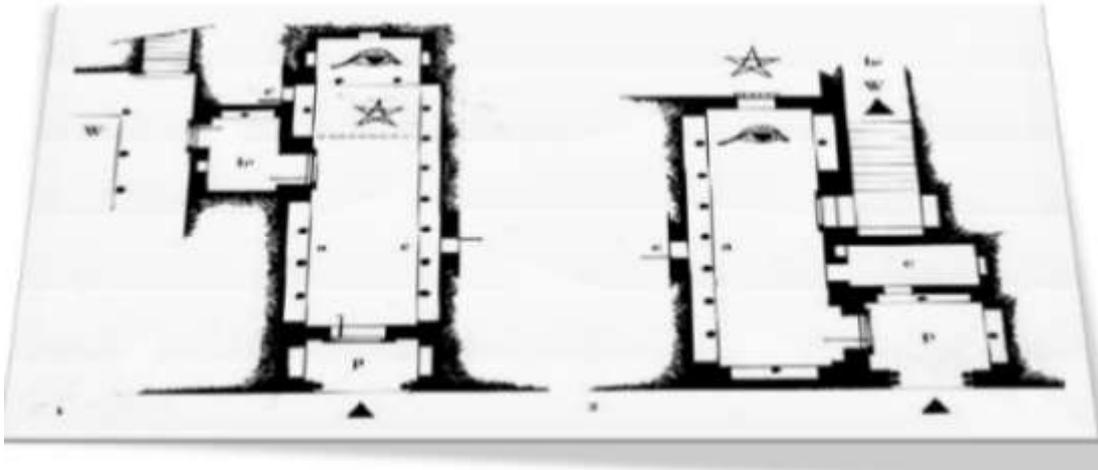


Figure 12 : Le West eddar est au niveau de la driba, Source : A Ravéreau, La Casbah d'Alger, et le site créa la ville

### **6.1.3 La skiffa, ou le seuil préservant l'intimité**

Nous observons dans cette typologie la matérialisation du concept de hiérarchie porteur de la cité traditionnelle. Ainsi, la skiffa est un espace de transition organisé en chicane et surélevé par rapport au niveau de la rue, permettant le passage de la rue à La maison. L'intimité est préservée, la pénétration du regard est obstruée, grâce à cet espace filtre qui sert de salon d'accueil et d'entrée lui conférant le rôle de la maison qui donne directement sur le patio, Espace le plus vaste et le plus éclairé de la maison.

Dans l'habitat traditionnel, en général, la skiffa est un espace de transition entre l'extérieur et l'intérieur intime. C'est un passage filtre obligatoire qui permet d'accéder à l'intérieur intime ou recevoir une personne étrangère qui doit temporiser dans cet espace, laissant le temps aux femmes de se tenir loin des regards. Dans les Aurès, le rôle de la skiffa est plus que médiateur

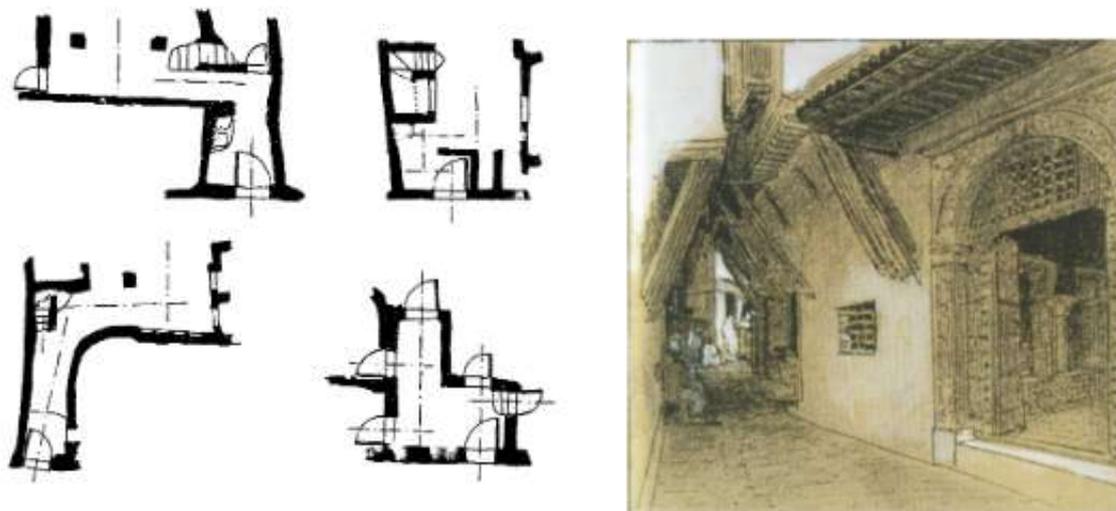


Figure 13: La skiffa, seuil Source : Paul Guion La casbah d'Alger

En Algérie et particulièrement dans les Aurès, il n'existe pas un plan type de Skiffa. C'est plutôt l'utilisateur qui fait la part des choses et adopte une forme qui convient à sa situation.

#### 6.1.4 Le patio, cour ou la centralité par excellence :

Par ses façades aveugles et anonymes, la maison traditionnelle est un lieu clos, mais ouvert sur l'intérieur.

Un des déterminants permanents dans l'architecture traditionnelle est la cour. Depuis longtemps, son principe est le même et sa forme n'a pas changé. Elle a été utilisée depuis les anciennes civilisations. Elle peut prendre plusieurs positions, mais elle remplit toujours les mêmes fonctions.

La cour, est considérée comme le cœur de la maison traditionnelle et de la vie familiale où tous les espaces donnent sur elle : un espace distributif, un dépôt de toute sorte de matériel, un endroit pour le troupeau ou la volaille et un espace où se déroulent les diverses tâches ménagères (activités domestiques) des femmes, un espace actif, recueilli et intime, dedans et dehors, sol et ciel.

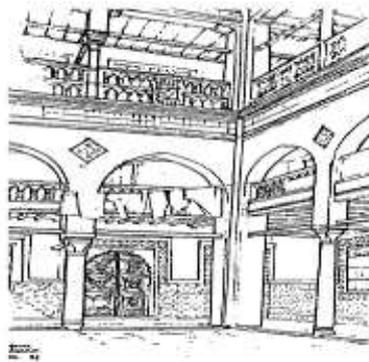
La cour peut se présenter d'une manière simple sans arcades au rez-de-chaussée ou avec arcades sur un, deux, trois ou quatre côtés. Cet espace de transition entre le dedans et le dehors augmente la richesse des espaces. Tout est concentré et tourné vers ce point central. La maison n'a plus besoin que d'une entrée sur la façade. Dans les plaines, la cour représente 50% de la surface totale de la parcelle. Tout autour, les autres pièces se distribuent. Au fond, par rapport à l'entrée, on trouve les chambres les plus intimes ; à droite et à gauche, proche de l'entrée, le coin cuisine, la réserve et l'étable.

Cet espace central, cœur de la maison, va avoir une géométrie pure, contrairement à l'enveloppe de la maison, qui dépendra de la forme de la parcelle.

La maison avec cour intérieure ou la maison à patio est une typologie dans laquelle tous les espaces de vie sont distribués autour du patio intérieur.

Le patio est appelée dans les pays musulmans le West- eddar. Cette pièce est le plus souvent de plan rectangulaire, a été définie de plusieurs manières, à savoir, le centre, l'espace de vie, la

cour intérieure. A ce propos, pour citer A. Ravéreau par exemple, « le wast eddar, c'est la maison. C'est quotidiennement le lieu circonscrit, privé, où la famille peut évoluer dans un véritable espace où elle communique avec l'environnement »<sup>43</sup>



La façade intérieure  
Palais du bey

Figure 14 façade intérieure d'une maison traditionnelle casbah

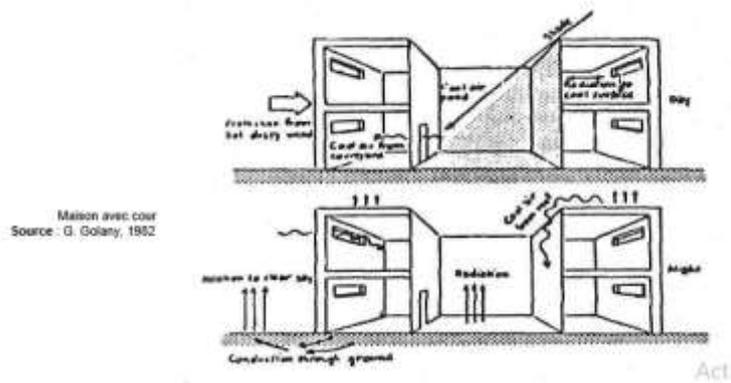


Figure 15 coupe sur maison avec cour

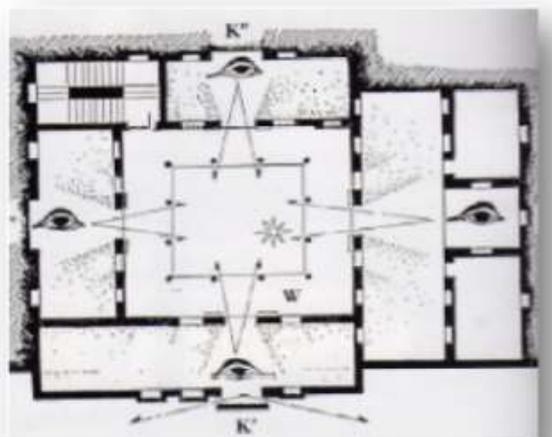
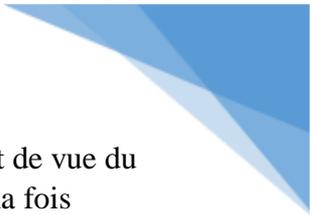


Figure 16 plan d'un maison avec cour

<sup>43</sup> A. Ravéreau, op cit p 60



Ouvert sur le ciel, le patio permet l'éclairage et l'aération de la maison, et au point de vue du ressenti de l'espace, ce dernier communique l'étrange sensation de se retrouver à la fois dedans et dehors. Il possède généralement une forme géométrique simple (carré ou rectangle), Sa position centrale le priorise et le privilégie, renforcé en plus par son caractère multifonctionnel.

A ce propos, Marc Cote écrit : « Il est le lieu géométrique de la maison et de la famille, l'espace sacré ouvert sur le ciel, la pièce la plus importante de la maison, c'est la maison dans la maison »<sup>44</sup>

Confirmant, ainsi le patio comme espace en tant que centre vital de la maison, à partir duquel s'effectue la répartition des espaces et des fonctions.

Dans les pays du bassin méditerranéen, comme en Algérie, le patio au littoral permet un vécu assez long dans les espaces extérieurs, contrairement aux climats chauds et arides au sud, il ne constitue qu'un puits de lumière dont il est généralement recouvert par une grille pour éclairer et aérer les pièces entourant le patio.

C'est ce que confirment, comparant les formes des Patios en Algérie allant du nord vers le sud : plus on descend vers le Sahara, plus le patio rétrécit. L'on se rend compte que le patio est une conception intelligente qui se veut d'assurer un meilleur confort thermique dans l'habitation humaine quel que soit sa situation géographique.

---

<sup>44</sup> Marc Cote op cit p 24

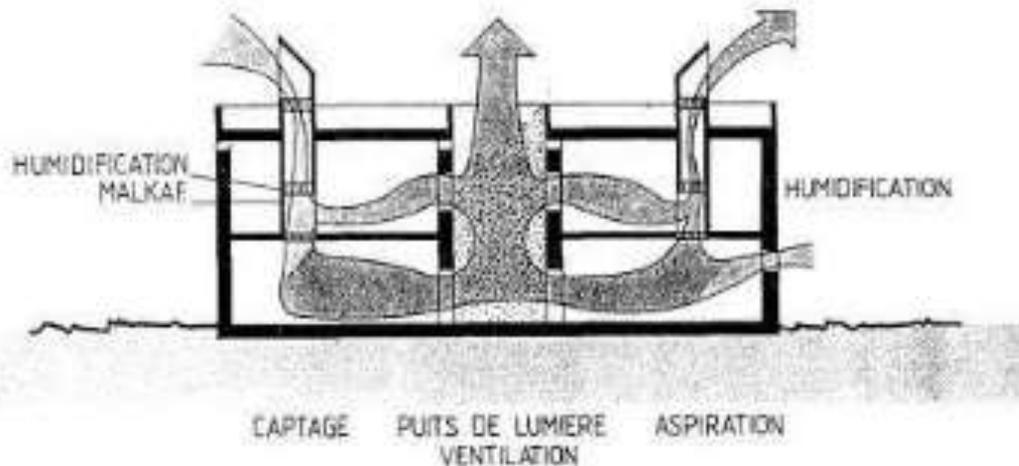
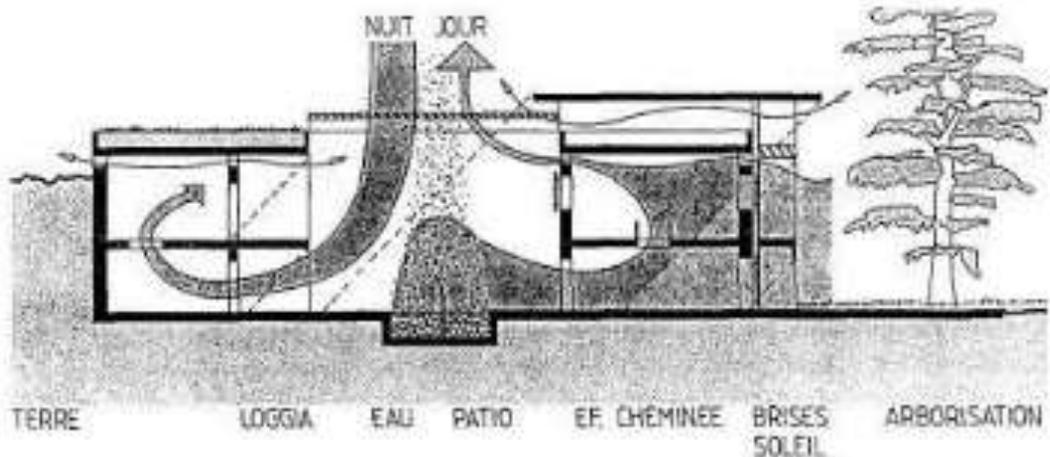


Schéma de fonctionnement climatique d'un patio.

Source : Arch. & Comport. / Arch. & Behav., Vol. 10, no 1, p 32

Figure 17: Schéma de fonctionnement climatique d'un patio

### 6.1.5 Le S'hin, un espace servant

C'est un espace en longueur, une sorte de couloir ou coursive plus ou moins large, véritable portique qui entoure wast-eddar, il joue le rôle d'espace servant, c'est un élément de communication horizontal et il assure la distribution vers les autres pièces. Sa largeur est fonction de l'espace qu'il distribue. Es S'hin, dominant « West eddar », est entouré par un garde-corps, une balustrade en bois sculptée.

Cette hiérarchie est complétée par une succession de limites, qui marque le parcours menant à l'espace le plus intime (chambre), matérialisé par la galerie, le seuil de la pièce, les rideaux qui doublent la porte, puis la porte en dernier. Une intimité complètement assurée.



Figure 18: Le Shin, Source : A Ravéreau, La Casbah d'Alger, et le site créa la ville

### 6.1.6 Le kbou, une excroissance judicieuse et intelligente

Les longueurs des espaces intérieurs dépendant complètement du matériau, en l'occurrence ici la structure également, il a fallu avoir recours à une solution ingénieuse, un débordement des pièces vers l'extérieur à l'étage, ce qui va créer un encorbellement (kbou) en façade. Cette excroissance vers l'extérieur va agrandir l'espace intérieur, une sorte de gain d'espace sur le vide. Additionné à cela, leur traitement et leur juxtaposition va participer à l'enrichissement de façades aveugles et ainsi briser leur monotonie.



Figure 19: Encorbellements, « kbou » Source : Atek Amina 2012



Figure 20: Encorbellements, « kbou » Source : Paul Guion, La Casbah d'Alger

### 6.1.7 La terrasse : Stah, ou le reflet d'un espace féminin :

La terrasse ou la cinquième façade en architecture est un grand espace complètement ouvert, où les vues sur la baie d'Alger sont imprenables. Ces terrasses étant accolées les unes aux autres, une communication directe peut s'établir d'un espace à un autre, sans passer par l'extérieur (la rue).

D'ailleurs, cette communication discrète permet un échange quotidien direct entre voisins, il est d'ailleurs un espace féminin par excellence. A ce propos la peinture orientaliste a excellé dans la représentation de ces algéroises socialisant sur ces terrasses. En fait, il se forme une

sorte de dédoublement de l'espace urbain qui s'organise, sans les nuisances, essentiellement féminin.

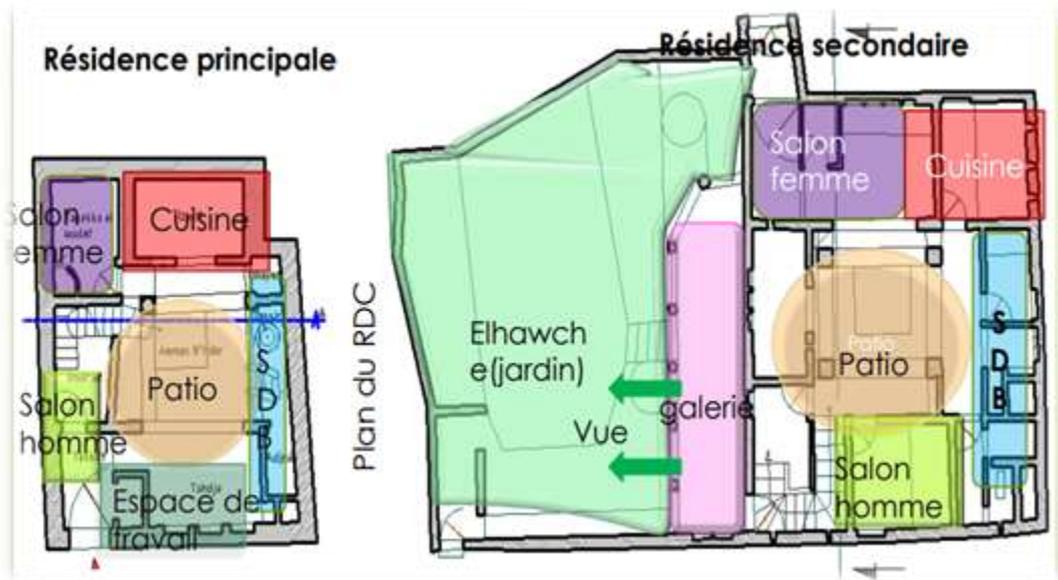


Figure 21 Analyse d'un plan d'une maison traditionnelle par André ravereau

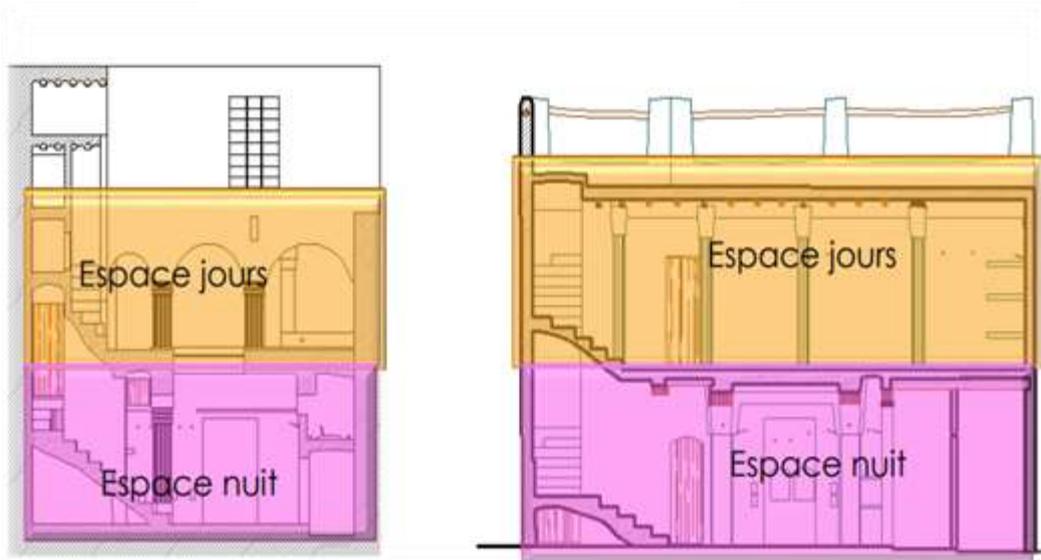


Figure 22 espace jour et nuit dans l'habitat traditionnelle

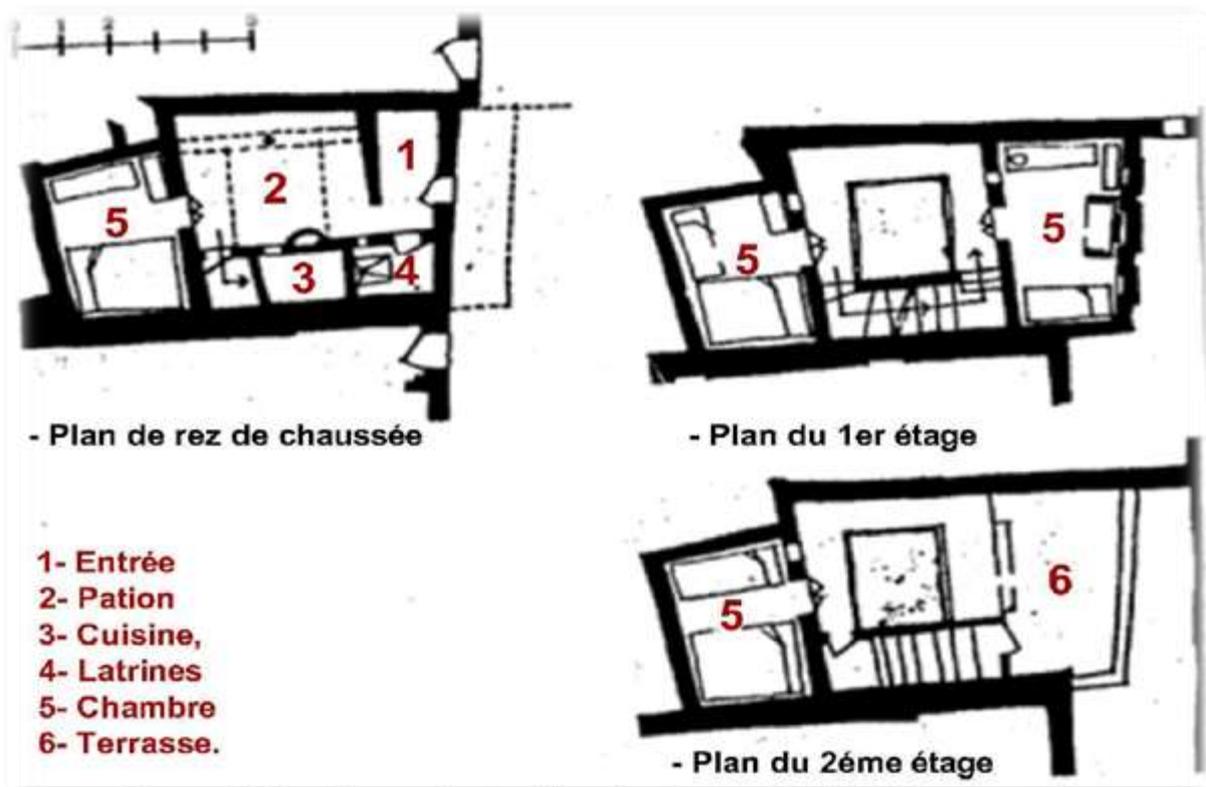


Figure. 19: Plan d'une maison traditionnelle de la casbah d'ALGER-maison n°05.  
Source : L. BENEVOLO<sup>89</sup>

Figure 23: plan d'une maison traditionnelle de la casbah d'alger

#### La maison traditionnelle : les principales parties



Figure 24 les principaux parties dans la maison traditionnelle

## 6.2 Echelle architecturale

### 6.2.1 Les ouvertures

D'après les données de l'ADEME<sup>45</sup>, la toiture et les ouvertures sont grandement responsables des déperditions thermiques ou gain de chaleur non souhaité dans une habitation. Même avec les nouvelles technologies mises en place, la bataille est loin d'être gagnée, le recours à la climatisation et chauffage mécanique se renforcent de plus en plus., nous avons remarqué l'absence pratiquement totale d'ouvertures pour les habitations de la Médina d'Alger. Une partie importante de l'enveloppe est consommée sous forme de mitoyenneté, le reste se présente sous forme de façade aveugle, intimité l'oblige.

Rassemblées autour d'un patio, les différentes pièces s'ouvrent vers l'intérieur, se protégeant ainsi des vents dominants hivernaux et partiellement des rayons solaires d'été. Cette organisation spatiale à travers ces ouvertures limite considérablement les déperditions thermiques en hiver et contribue fortement à la fraîcheur des lieux pendant les mois les plus chauds de l'année.



Figure 25 photo d'illustration d'une façade d'une maison traditionnelle

### 6.2.2 L'Iwan, une position intermédiaire de transit pour améliorer la ventilation :

Parmi les différentes pièces adjointes au patio, l'iwan est une pièce rectangulaire dirigée vers le sud, elle assure à la fois une double relation avec l'extérieur et l'intérieur de la maison. L'iwan joue un rôle important dans la ventilation, de par sa position intermédiaire à l'aide des fenêtres en hauteur. Elle est un espace ensoleillé pendant l'hiver tandis qu'en présence des galeries, cet espace est protégé entièrement de la pluie en hiver et du soleil en été<sup>46</sup>

<sup>45</sup> Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (France). Bougherira-Hadji Quenza, Typologies modernes versus typologies traditionnelles dans les médinas algériennes. Analyse Urbaine et architecturale, Réhabi Med.

<sup>46</sup> La Micro-urbanisation et la ville-oasis ; une alternative à l'équilibre des zones arides pour une ville saharienne durable Cas du Bas-Sahara, Mme Chaouche-Bencherif Meriama, 2007, université de Constantine page 168

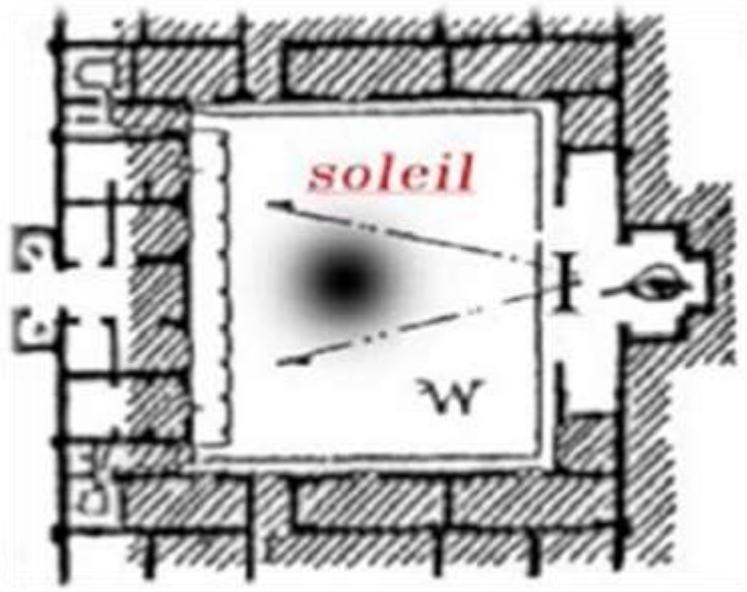


Figure 26: Palais à Alger, Source : A. Ravéreau, *La Casbah d'Alger, et le site créa la ville. Sindbad, Paris1989*

### 6.2.3 Le West eddar : Ingénieux système de ventilation naturelle

L'habitat traditionnel de la casbah d'Alger est organisé autour d'un espace central, le west eddar. Ce dernier présente les caractéristiques d'un aspect aéré et convivial, de la faite de sa position centrale, et vitale pour assurer la répartition des espaces et des fonctions.

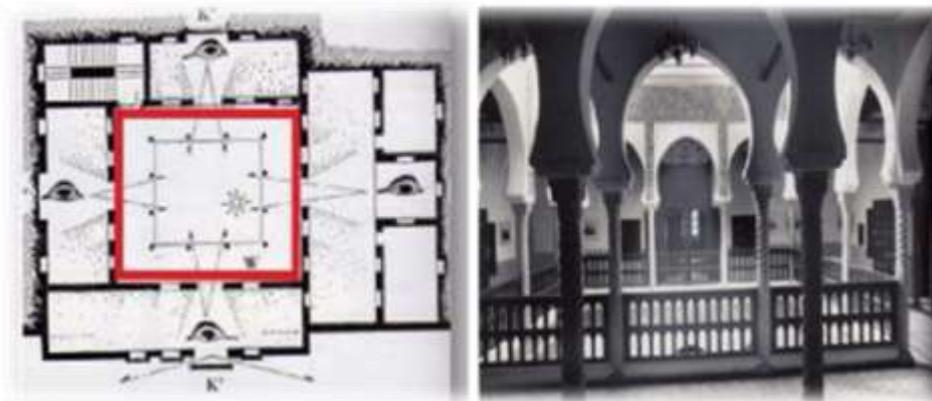


Figure 27 Plan schématique d'un patio à Alger, Source : André Ravéreau, *la casbah d'Alger*

Le west eddar joue un rôle modérateur du climat pour l'ensemble de la maison. Il assure la fonction de cheminée de ventilation. En plus de jouer le rôle de puits de lumière, c'est aussi un puits à fraîcheur thermiquement, qui va rafraichir les pièces autour de lui, fraîcheur que le patio a captée durant la nuit. La journée, l'air frais stocké dans la masse s'élève et crée un courant d'air agréable au confort humain. L'espace du patio constitue un microclimat qui contribue à la régulation thermique des espaces qui l'entourent<sup>47</sup>

Le west eddar est un espace clos, donc, à ciel ouvert. Il assure plusieurs fonctions, celui entre autres d'un séjour intime extérieur et tempéré. Il permet aussi l'ensoleillement, l'éclairage, l'aération et le maintien de l'hygiène de vie, il est régulateur des effets hygrothermiques

<sup>47</sup> M. Chaouche-Bencherif, op cit

extérieurs et des variations saisonnières. Sa géométrie, ses proportions sont des critères qui influenceront le confort climatique<sup>48</sup>

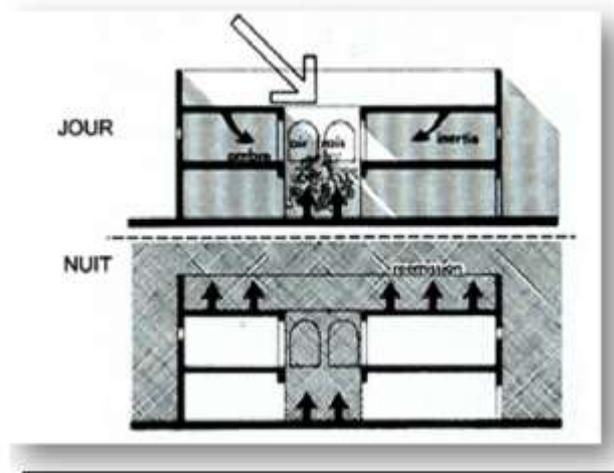


Figure 28 Comportement thermo-aéraulique du Patio, Source : J.L. Izard Archi bio.

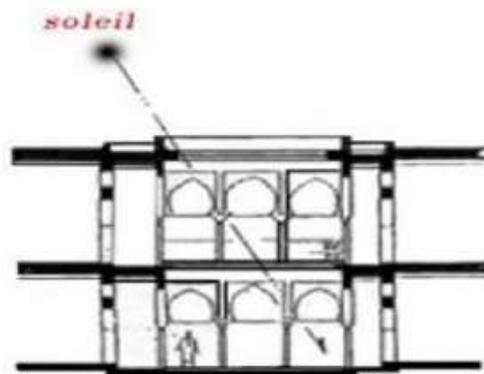


Figure 29 Coupe sur un patio de la médina d'Alger Source : André Ravéreau

### 6.3 La présence d'eau source de fraîcheur La casbah d'Alger

Souvent décrite par les poètes à travers ses senteurs, est caractérisée par sa présence de végétation utilisée aussi pour jouer le rôle de pare-soleil et un rôle d'humidificateur. Nous observerons également dans les maisons de la casbah d'Alger parfois la présence de fontaines ou de bassins d'eau, ce qui offre une sensation de fraîcheur due à l'évaporation de l'eau, en humidifiant l'air et abaissant la température ambiante. Souvent les caves renferment des puits d'eau de pluie qui non seulement participent activement au rafraîchissement pendant la période estivale, mais également étant la meilleure matière (l'eau) assurant le stockage de la chaleur (forte capacité calorifique 4185 J/kg °C), cette dernière contribue à cet effet au confort thermique hivernal.

<sup>48</sup> A. Ravéreau, Op Cit

## 6.4 L'échelle architectonique

Utilisation des plusieurs éléments architectoniques à un rôle structurel et décoratif comme les voûtes, les coupoles, les portiques et les arcs.



Figure 30 Coupole et voute Source : [www.slideshare.net](http://www.slideshare.net)

### 6.4.1 Les chapiteaux et les colonnes :

- Les colonnes en tuf.
- Les colonnes en marbre.
- Les colonnes en pierre



Figure 31 types des colonnes

Colonne en tuf Source : [www.slideshare.net](http://www.slideshare.net)

Colonne en marbre Source : [www.slideshare.net](http://www.slideshare.net)

Colonne en pierre Source : [www.slideshare.net](http://www.slideshare.net)

6.4.2 **Les Portes Extérieures** : Un élément essentiel d'accès à la maison et aussi un élément de décoration par excellence au niveau de la façade

6.4.3 **Les Arcs** : On trouve les arcs au niveau des niches, des portes, des fenêtres et à la galerie de wast à dar.



Figure 32: Les Arcs Source : [www.slideshare.net](http://www.slideshare.net)

## 6.5 L'enveloppe

L'habitation structurant notre cas d'étude, est organisée de manière hiérarchisée : son accessibilité s'établit de la rue à l'impasse, à la Skiffa pour enfin arriver à l'habitation.<sup>49</sup>

Tout un système d'espaces de transition, propre à l'architecture traditionnelle, un réseau de seuils qui serviront de filtres au climat.

- La typologie de l'habitation est une maison à patio qui offre une réduction de la proportion des murs extérieurs par rapport aux murs intérieurs, ce qui réduit l'influence du climat (ensoleillement, vent) sur l'ambiance intérieure, sachant que les échanges thermiques se produisent entre l'enveloppe intérieure (mur entourant le patio) et l'enveloppe extérieure (mur extérieur et toiture).
- L'accès au patio ne se fait pas directement, il se matérialise par le biais d'une skiffa, un espace intermédiaire qui sert de seuil.
- L'association d'un petit patio ombragé avec un plus grand ensoleillé, sert à produire un courant d'air entre eux. Cette donnée affecte la morphologie des pièces.
- Les alignements de pièces en enfilade autour de l'espace central servent de circuit d'air horizontal, ce qui va améliorer les dispositifs de captation de l'air pour une meilleure ventilation.

## 6.6 Le plan

L'habitat traditionnelle est organisé selon des considérations sociale et culturel, il est généralement accessible par des portes placées de manière à empêcher le regard direct sur l'intérieur

---

<sup>49</sup> S. Missoum, Alger à l'époque ottomane, édition EDISUD, 2003, page 231



## **6.7 La configuration morphique**

La forme du plan est compacte, fermé et introverti. Une composition de plusieurs rectangles, forme une configuration dendritique et qui indique un certain degré de complexité de la forme globale de la.



# **TROISIEME CHAPITRE**

**Les techniques et les matériaux de construction traditionnels**



Autrefois, la construction faisait appel aux matériaux locaux. L'abondance des matériaux permettait de choisir la technique et la combinaison d'éléments originaux. Parmi ces matériaux nous citons la pierre, la brique crue, la terre, la chaux et le bois.

En Algérie, la variété du climat ainsi que les matériaux abondants décident de leur utilisation. La pierre est utilisée à l'état grossier pour l'ensemble des murs ou pour les soubassements jointes avec de l'argile. Dans les zones arides, les murs à soubassement en pierres sont complétés en brique crue à base d'argile mélangée à la paille pour leur donner cohésion et solidité. Ils sont enduits de l'intérieur à la chaux ou au plâtre, de l'extérieur avec de la terre ou à la chaux, selon les conditions climatiques. Quant au bois, il est utilisé à l'état naturel en tronc pour mettre sur pied la structure des poteaux, des poutres, des poutrelles ainsi que pour les chainages. Les troncs d'arbres sont débités en planches assez grosses pour la confection des portes et des fenêtres. Le type de bois utilisé dépend de la région et de la position de l'élément dans la structure.

## **7.1 LES MATERIAUX TRADITIONNELS :**

Les matériaux sont utilisés soit en fonction de leurs caractéristiques physiques reconnues, soit en fonction de facteurs culturels ou économiques. D'une façon générale, les matériaux que l'on rencontre dans les constructions traditionnelles sont tous des matériaux naturels que l'on trouve près du lieu de construction et qui sont utilisés directement ou après une transformation rudimentaire.

### 7.1.1 Matières minérale :

- 7.1.1.1 **La terre :** L'emploi de la terre se retrouve un peu partout sur le globe. La composition du mélange de terre ainsi que sa mise en œuvre peut varier.
- 7.1.1.2 **Le pise :** Le pise est une maçonnerie de terre relativement graveleuse (sans adjonction de paille) comprimée à l'intérieur d'un coffrage à l'aide d'une masse en bois ou par piétinement.
- 7.1.1.3 **Le trochis :** Le trochis est un mélange de terre et de paille coupée ou de bouses. Ce mélange est appliqué sur une armature faite de pieux verticaux et d'un tressage de branchages. Dans ce cas, la terre ne joue qu'un rôle de remplissage. Le trochis est aussi utilisé sans armature pour la construction de coupoles ou de greniers. Le trochis est encore utilisé comme enduit de recouvrement de maçonnerie.
- 7.1.1.4 **L'adobe :** L'adobe consiste en la fabrication de briques avec de la terre à l'aide de moules en bois dans lesquels on dispose le mortier de terre que l'on compacte légèrement. Ces moulages sont ensuite séchés au soleil et utilisés comme parpaings montés à l'aide de mortier de terre.
- 7.1.1.5 **La boule de terre :** La boule de terre ou colombin est un mélange de terre et de paille, pétri à la main, les murs sont montés en spirale par lits successifs. Ce procédé est caractéristique de la construction de greniers sahéliens
- 7.1.1.6 **La chaux :** La chaux s'obtient par calcination de la pierre à chaux. Mélangé avec du sable et de l'eau, elle forme des mortiers qui durcissent à l'eau. la fabrication de la chaux se fait artisanalement dans les fours rudimentaires ou la température n'est qu'approximative.
- 7.1.1.7 **La pierre :** D'une façon générale c'est la roche qu'est utilisée, soit à l'état brut avec un mortier, soit taillée à joint vif. Dans la construction en terre, la pierre est souvent utilisée pour la fondation des murs.<sup>50</sup>

### 7.1.2 Matières végétales :

On peut parler d'agro-architecture car certains peuples font pousser des plantes spécialement pour la construction.

- 7.1.2.1 **LE BOIS DE PALMIER :** Le palmier est un bois de charpente couramment utilisé mais qui ne dure pas très longtemps. sa faible résistance à la flexion conditionne l'organisation du plan et les portées entre les murs ne peuvent dépasser trois mètres.
- 7.1.2.2 **LES BRANCHAGES :** Plusieurs branches liées entre elles permettent de réaliser des éléments de charpente lorsque de palme fait défaut. Les branchages entremêlés constituent des éléments de closture dans les régions humides.
- 7.1.2.3 **LE BAMBOU ET LE ROSEAU :** Le bambou et le roseau sont cultivés pour la construction. Ils sont utilisés en lits continus posés sur les poutres pour retenir la terre damée constituant les planchers d'étages. Ils servent aussi pour la confection de nattes tressées ou de panneaux ligatures des toitures dans les régions chaudes. Le roseau est également utilisé pour la confection des coffrages de voûtes dans les constructions en terre.
- 7.1.2.4 **LA PAILLE :** La paille, bien que fréquemment utilisée dans la construction, est néanmoins réservée en priorité aux animaux. Toutefois, elle est indispensable pour la fabrication des enduits à base de terre ou comme armature de liaison dans certains murs en pisé.

---

<sup>50</sup> Futura-sciences.com

### 7.1.3 Matières animales :

Les troupeaux sont en général toute la richesse des peuples nomades. Ils leurs assurent la subsistance (lait, viande) ; le vêtement (laine et cuir) et leur fournissent aussi des matériaux de construction pour la structure ou la couverture de leurs habitations.

7.1.3.1 LE FEUTRE : Le feutre constitue la matière de base pour la couverture des yourtes en Asie. Ce feutre est fabriqué avec de la laine de mouton, parfois mêlée de poils de chèvre. la laine défilée et aérée est disposée sur une natte, aspergée d'eau, roulée et pressée jusqu'à ce que les fils soient enchevêtrés.

7.1.3.2 LA PEAU : Le cuir est le plus en plus rarement utilisé pour la couverture des tentes nomades. Les Touaregs du Sahara confectionnent encore leurs tentes avec des peaux, il faut plusieurs dizaines de peaux de chèvres, de moutons ou de chameaux pour une seule tente.

7.1.3.3 LA LAINE : La laine est utilisée pour la couverture des tentes de nomades en Afrique du nord. Ces tentes sont faites de longues bandes tissées en poils de chèvres ou de chameaux et cousues ensemble pour former de grandes surfaces.

## 7.2 Technique de construction :

### 7.2.1 La ventilation naturelle :

7.2.1.1 Circulation de l'air dans les bâtiments :

La ventilation naturelle d'un bâtiment est provoquée par les déplacements d'air engendrés par deux phénomènes physiques :

7.2.1.1.1 Les mouvements d'air par la pression du vent :

Un bâtiment placé dans un courant d'air fait ralentir le vent et s'accumuler l'air du côté au vent, provoquant ainsi une zone de haute pression. Sur le côté opposé, se crée une zone de basse pression. Ce sont ces différences de pression qui engendrent la ventilation intérieure du bâtiment. La quantité d'air traversant un bâtiment est fonction de la surface des ouvertures ; Elle sera plus importante si les sorties d'air sont plus grandes que les entrées.

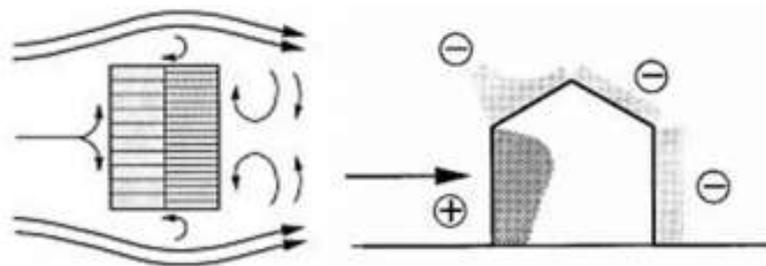


Figure 33 Mouvements d'air par la pression du vent Source : Architecture Traditionnelle : Alben BASSET, Christian THONIER, P 22

#### 7.2.1.1.2 Les mouvements d'air provoqués par des différences de température :

L'air extérieur et l'air intérieur ne sont pas à la même température et n'ont donc pas le même poids. L'importance de cette ventilation est fonction des différences de température et de la hauteur des Ouvertures. C'est une des raisons pour lesquelles dans les pays chauds les plafonds sont très hauts (augmentation de gradient de température). Les cages

d'escaliers ainsi que les puits de ventilation y. Jouent également un rôle très Important comme dans les habitations du M'zab.

#### 7.2.1.2 LE MOUCHARABIEH :

C'est un genre de treillis de bois entrelacé ménageant des petits trous qui permettent de filtrer les rayonnements solaires tout en évitant l'éblouissement qui garantissent une bonne ventilation et qui empêchent les insectes de pénétrer. Ce dispositif est souvent en saillie pour mieux capter les vents ; nous ne parlerons pas du poste d'observation idéal qu'il constitue pour les femmes musulmanes essentiellement.

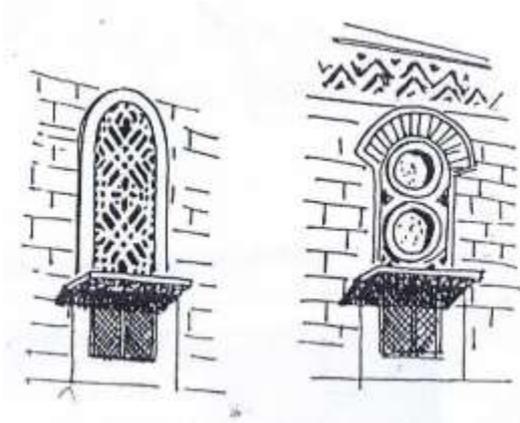


Figure 34 Le Moucharabieh Source : Architecture Traditionnelle : AlbenabASSET, Christian THONIER, P 23

#### 7.2.1.3 CLAUSTRA :

La claustra, constituée d'une maçonnerie ajourée, assure une ventilation efficace tout en offrant, suivant son orientation, une bonne protection solaire.



Figure 35 Claustra Source : [www.futura-sciences.com](http://www.futura-sciences.com)

#### 7.2.1.4 PRISES D'AIR :

Une répartition judicieuse de petites ouvertures en façade favorise la convection naturelle de l'air en utilisant la différence de pression ou de densité de l'air.

#### 7.2.1.5 LES TOURS DU VENT :

Pour "climatiser" les habitations dans certaines régions arides de l'Iran, on a recours aux tours de vent qui captent les vents dominants. Une "tour du vent" est une cheminée dont l'une des extrémités débouche dans l'intérieur du bâtiment. Quant à la partie supérieure, elle est constituée de plusieurs canaux verticaux qui communiquent avec des ouvertures sur les côtés de la tour.

Cette "tour du vent" fonctionne de plusieurs façons selon l'heure du jour et la présence ou non du vent.

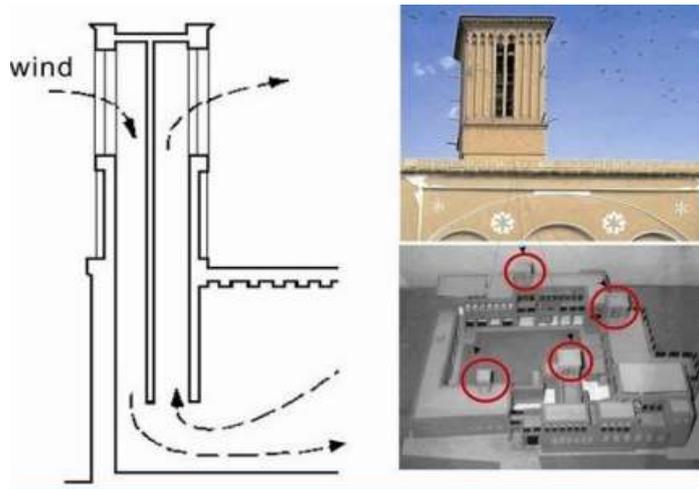


Figure 36 Les Tours Du Vent Source : [www.futura-sciences.com](http://www.futura-sciences.com)

- a)** Lorsqu'il y a du vent, celui-ci est capté et acheminé à la base du bâtiment où un système de porte permet d'en contrôler la diffusion dans l'habitation. Une série de Jarres poreuses que l'on remplit d'eau sont encastrées dans la partie inférieure de la cheminée afin d'humidifier l'air qui pénètre à l'intérieur. Parfois le système des Jarres poreuses est remplacé par une grille recouverte de charbons de bois arrosés d'eau, qui assurent également l'humidification de l'air torride pénétrant de l'extérieur. Une troisième façon d'humidifier cet air extérieur consiste à le faire passer au-dessus d'un bassin situé à la base de la tour de vent.
- b)** Lorsqu'il n'y a pas de vent, la nuit, la tour fonctionne comme une cheminée : la chaleur accumulée dans les murs de la tour favorise la convection ascendante ; la journée, l'air chaud ambiant pénètre dans la tour, se refroidit au contact des canaux et "tombe" dans le fond de la tour pour y être humidifié avant de pénétrer dans le bâtiment et en ressortir par les fenêtres et les portes. Pour la ventilation des citernes, on utilise la fois les tours du vent et les coupôles oculus, qui garantissent une bonne circulation de l'air à l'intérieur du bâtiment.

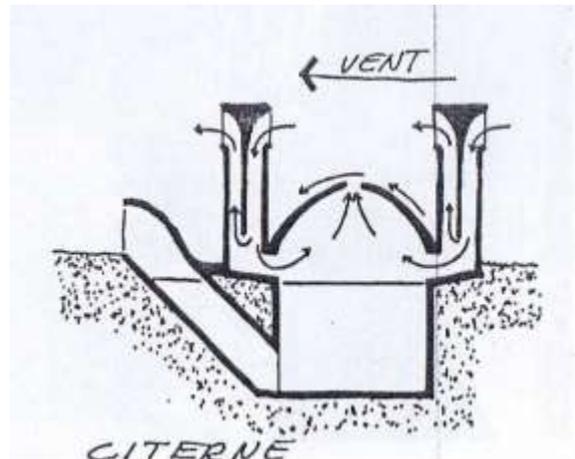


Figure 37 Le mouvement du vent dans une Citerne Source : Architecture Traditionnelle : AlbenabASSET, Christian THONIER, P 25

### 7.2.2 Protection solaire protection des façades :

Dans les climats secs et torrides, on fait appel à de multiples dispositifs architecturaux afin de créer des ombres portées sur les façades atténuant ainsi l'échauffement des murs et des fenêtres. - Dans toutes les régions sud méditerranéennes, les fenêtres sont pourvues de persiennes basculant sur un axe horizontal.<sup>51</sup>

### 7.2.3 Protection des toitures :

La double enveloppe ventilée en toiture assure une protection solaire idéale. La couche extérieure absorbe les fortes fluctuations thermiques alors que la température de la couche intérieure présente peu de variations grâce à cette ventilation intermédiaire.<sup>52</sup>

### 7.2.4 Protection des espaces d'activités :

La conception générale du plan peut favoriser l'ombrage de certaines zones de travail, de méditation ou de repos.<sup>53</sup>

### 7.2.5 Protection des rues :

L'urbanisme très dense des agglomérations d'Afrique du Nord est conçu pour procurer un maximum d'ombre dans les rues et sur les façades. Les ruelles y sont très étroites et souvent passent sous les bâtiments. Dans le quartier des souks qui représentent un pôle important de la vie musulmane, on y assure un certain confort en recouvrant une grande partie des rues commerçantes avec des toiles ou des canisses.<sup>54</sup>

### 7.2.6 Le patio :

Le patio est un élément important de la culture islamique. C'est un espace extérieur introverti qui joue les rôles de régulateur thermique et de puits de lumière.

Une migration journalière autour du patio permet de trouver toujours une zone agréablement ombragée. Un bassin et quelques plantations améliorent le degré hygrométrique du microclimat du patio. Le phénomène de la convection naturelle peut être amplifié en disposant des patios de part et d'autre des locaux à ventiler ; l'une des cours est équipée d'un bassin et

<sup>51</sup> Protection Des Façades Source : Architecture Traditionnelle : AlbenabASSET, Christian THONIER, P 26

<sup>52</sup> Protection Des Toitures Source : Architecture Traditionnelle : AlbenabASSET, Christian THONIER, P 27

<sup>53</sup> Protection Des Espaces D'activités Source : Architecture Traditionnelle : AlbenabASSET, Christian THONIER, P 28

<sup>54</sup> Protection Des Espaces D'activités Source : Architecture Traditionnelle : AlbenabASSET, Christian THONIER, P 29

arborisée, tandis que l'autre est entièrement minérale. La différence de température entre les deux cours active la convection au travers des locaux.

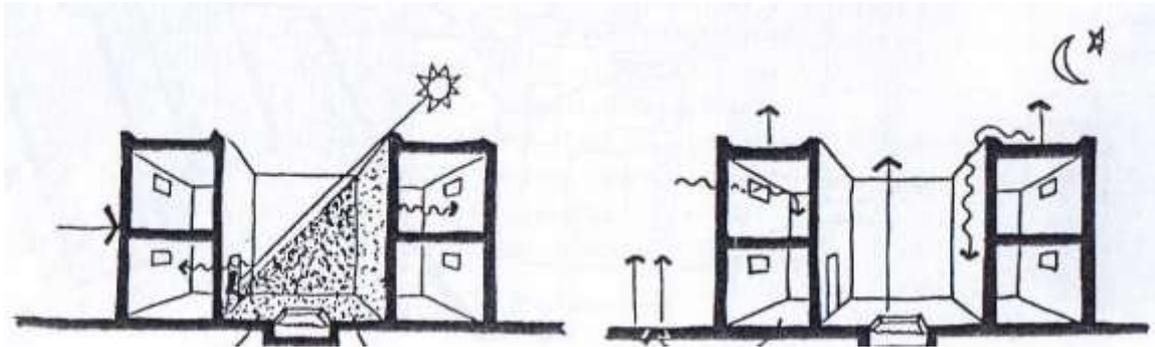


Figure 38 Le Patio Source : Architecture Traditionnelle : AlbenasBASSET, Christian THONIER, P 30

Un des atouts majeurs de l'habitat traditionnel est son originalité ; une originalité qui s'exprime dans l'emploi des matériaux, l'adoption des formes, l'utilisation rationnelle des espaces, la fonction, le rôle et l'utilité de chaque construction. Nous sommes devant un habitat vernaculaire qui a pour point de départ les besoins et l'application des savoir-faire de l'humain, et pour finalité la satisfaction de ses besoins. Le bâti est considéré comme un vecteur d'une culture constructive.



Réflexions sur l'intentionnalité de nouvelles pratiques professionnelles et sur les représentations des résidents à l'heure du débat en faveur de la durabilité urbaine

*Le monde change et nos territoires doivent s'adapter pour rester compétitifs et assurer leur durabilité*



# **Quatrième chapitre**

## **Intelligence**



Le secteur du bâtiment évolue vers des constructions dites à « énergie positive ». Ces nouveaux enjeux imposent l'intégration de nouvelles composantes aux aspects architecturaux et techniques, ainsi qu'une rupture dans les modes de conception et d'évaluation d'un projet. Mais la recherche de la performance énergétique dépend d'instruments numériques de mesure qui ne sont parfois pas adaptés à la démarche de conception des architectes, ce qui se traduit par la difficulté de mettre en cohérence le projet architectural et les objectifs de performance énergétique.

L'étude du processus de conception permet d'évaluer l'impact de la composante énergie et son importance dans les phases initiales dans la démarche du concepteur. L'analyse systémique des aspects énergétiques montre l'interrelation entre les problématiques générales et les différents choix de conception. La formulation d'une stratégie de conception à travers un outil méthodologique, nous permet de proposer une démarche d'optimisation de la performance énergétique basée sur la structure morphologique du bâtiment. Cette approche ouvre de nouvelles perspectives méthodologiques dans la conception de bâtiments à énergie positive. La complexité des relations entre l'énergie, la morphologie des bâtiments et les outils numériques seraient en train de modifier le processus de conception en architecture et la future organisation des ensembles urbains.

Habitat est « l'aire dans laquelle vit une population ». Il se compose de plusieurs espaces de vie : logements (immeubles ou maisons), quartier, ville ou commune rurale reliés entre eux, ainsi que d'un ensemble de services publics et au public qui permettent à chacune, selon son âge et son statut social, de vivre au quotidien.

La qualité de l'habitat a un impact avéré sur la qualité de vie et le bien-être de la population concernée, le contenant (bâtiments...) et le contenu (personne, famille, groupes humains...) sont indissociables.

Le Conseil économique, social et environnemental (CESE) s'attache à prendre en compte les enjeux essentiels de la transition écologique pour l'habitat, dont le changement climatique et la biodiversité, en tant qu'ils sont porteurs de solutions innovantes. Considérant l'importance du lien entre environnement, habitat, vivre ensemble et bien-être des habitantes, l'avis cherche à promouvoir une nouvelle gouvernance de l'habitat dans laquelle les habitantes doivent être tout particulièrement parties prenantes.

## **8.1 Intégrer la biodiversité dans l'urbanisme et le bâtiment<sup>55</sup>**

- La préservation et le développement de la biodiversité en ville doivent s'appuyer sur le rôle de la nature comme élément majeur du bien-être humain et comme source d'inspiration pour de nouvelles solutions.
- Les projets de ville durable doivent intégrer systématiquement une réflexion sur la nature en tant qu'élément de bien-être des habitantes. Toute opération significative sur l'habitat (requalification urbaine, programme immobilier neuf...) devrait comprendre un inventaire de la nature existante et des mesures de protection.

---

<sup>55</sup> La qualité de l'habitat, condition environnementale du bien-être et du mieux vivre ensemble Dominique Allaume-Bobe

- En zone urbaine, la reconstitution du lien humain-nature, souvent rompu, devrait être le fil rouge de la création des espaces verts ou de leur remise en valeur, l'objectif à atteindre étant leur augmentation en volume, en qualité et leur accessibilité à tous.

## 8.2 Identifier et prévenir les pollutions<sup>56</sup>

- La connaissance des nouveaux agents source de pollutions et des types d'exposition doit être améliorée. La construction d'indicateurs d'exposition globale et de programmes de bio-surveillance est une priorité.
- Les questions de santé environnementale devraient être mieux prises en compte dans l'élaboration des projets, par la réalisation d'études d'impact ciblées à l'échelle des quartiers.

## 8.3 Prévoir et organiser la résilience<sup>57</sup>

- Dans les projets relatifs à l'habitat, la résilience est une forme particulière de préparation au risque, elle doit être pensée différemment selon qu'elle s'applique au contexte urbain existant ou qu'elle est conçue au stade initial d'un projet.
- L'imprévisibilité et l'intensité des événements climatiques vont s'accroître. Politiques d'adaptation et capacités de résilience se complètent. Elles supposent à minima de prévoir des modalités de fonctionnement dégradé par quartier en cas de catastrophes et de réfléchir à comment assurer et faire accepter un fonctionnement minimal, même dégradé de l'habitat.

## 8.4 Développer le rôle et la responsabilité des habitantes<sup>58</sup>

- Les collectivités territoriales doivent être encouragées à soutenir l'habitat participatif. L'État doit poursuivre ses efforts pour faciliter l'accès au crédit pour ce type d'opérations.
- Une nouvelle impulsion doit être donnée à la politique de création de jardins collectifs, qu'il s'agisse des jardins familiaux, partagés... Leur statut juridique devrait être consolidé en tenant compte de leurs différences d'objectifs.

Le développement avec le soutien et l'accompagnement des services municipaux, de différentes formes de micro-agriculture urbaine comme le mouvement des « Incroyables comestibles », est souhaitable. Il doit s'effectuer dans un but pédagogique contribuant à l'esprit de l'économie collaborative.

## 8.5 Que signifie « plus de qualité de vie » ?

Le changement de paradigmes dans notre société –quitter la seule croissance économique pour plus de qualité de vie- joue également un rôle pas forcément positif, qu'il ne faut pas mésestimer : en effet, dans ce « plus de qualité de vie » se trouvent entre autres l'idée que les familles et les foyers investissent davantage l'habitat qu'auparavant. Notre société parle de caractère durable et consomme en même temps toujours plus de surface. Selon l'office fédéral de statistique suisse la surface habitable par habitant s'élevait en 2000 en suisse à 44m<sup>2</sup> et

<sup>56</sup> La qualité de l'habitat, condition environnementale du bien-être et du mieux vivre ensemble Dominique Allaume-Bobe

<sup>57</sup> La qualité de l'habitat, condition environnementale du bien-être et du mieux vivre ensemble Dominique Allaume-Bobe

<sup>58</sup> La qualité de l'habitat, condition environnementale du bien-être et du mieux vivre ensemble Dominique Allaume-Bobe



augmente en moyenne de 5m<sup>2</sup> par décennie. Cela pose la question des valeurs fondamentales politiques et culturelles de notre société : propriété privée, repli sur soi et indépendance de la sphère privée. Ces valeurs sont étroitement liées à l'espoir d'une autonomie individuelle. Toute tentative pour contrer ces tendances qui vont dans le sens de foyers toujours plus réduits et de surfaces d'habitation toujours plus grandes, afin de ralentir l'utilisation des surfaces construites, ne s'oppose pas seulement à la consommation peu scrupuleuse de paysage, à un consumérisme avide de plaisirs et à l'isolement des grandes villes, mais aussi à la conquête historique de l'indépendance de l'individu.

L'augmentation de la demande en surface d'habitation représente un réel sujet d'interrogation auquel on doit répondre par le mot-clé « construction durable », ce qui signifie qu'il faut se demander de façon systématique si de nombreuses personnes n'ont pas aussi de bonnes raisons de tenir à un mode de vie « nocif », à savoir leur espoir d'autonomie individuelle et de libération vis-à-vis du travail et de l'effort. C'est seulement si l'on parvient à formuler une nouvelle image de la construction et de l'habitat permettant de concilier la recherche d'une vie agréable et les limites de ses fondements naturels, que ce qui est nécessaire sur le plan écologique sera politiquement possible et acceptable pour la majorité. Cela suppose alors deux choses. D'une part savoir les besoins peuvent être influencés de façon non dirigiste. Que la demande détermine l'offre est une règle d'or de l'économie de marché et elle semble avoir été totalement intégrée par notre société. Elle n'est pratiquement plus remise en question, comme si la demande était fixée et n'était pas la résultante des besoins qui sont suscités (on peuvent l'être) en permanence. D'autre part se pose la question du caractère réellement durable de l'évolution structurelle récente des lotissements. Ceci a certes été contesté avec de bons arguments mais cette question fait aussi prendre conscience d'un important changement de fonction et de signification de la ville au XXI<sup>e</sup> siècle, en ceci qu'elle suit des lois qui ne sont ni dynamiques ni normatives.

Si l'un des principes fondamentaux de la durabilité consiste à penser selon des interactions, il faut envisager toutes les interactions dans notre système de valeurs sociales, économique et politiques. Tôt ou tard, la construction durable ne sera plus considérée à tort comme une option de style de vie non contraignante avec en complément une conception personnelle du monde et une bourse bien remplie.

## **8.6 Le concept de qualité du logement :**

La notion même de qualité d'un logement peut être assez subjective. Elle dépend du contexte urbain et des différents aspects sociologiques liés à la notion de confort d'un individu. Loin de vouloir approfondir dans la question de la perception (ce qui nous amènerait à nous dévier de notre recherche) nous avons essayé de comprendre les attentes des usagers à propos de leur logement, à partir de la réflexion sur l'évolution des modes de vie.<sup>59</sup>

La problématique énergétique du logement collectif comprend deux aspects principaux : un aspect économique qui concerne la réduction du coût global<sup>60</sup> des constructions et un aspect

---

<sup>59</sup> THESE EN VUE DE L'OBTENTION DU GRADE DE DOCTEUR Spécialité : Mécanique Sciences et techniques architecturales par Andres MORENO SIERRA

<sup>60</sup> D'après le Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement, la définition du coût global d'une construction porte sur : « la prise en compte des coûts de construction au-delà du simple investissement, en s'intéressant à son exploitation (charges liées aux consommations énergétiques, à la consommation d'eau...), à la maintenance, au remplacement des équipements ou des matériaux mais également à la déconstruction du bâtiment. <http://www.developpement-durable.gouv.fr>



environnemental qui concerne le caractère renouvelable des énergies et des matériaux mis en œuvre dans une démarche de qualité du cadre de vie des habitants. La conception d'un projet de qualité permet de diminuer la consommation d'énergie avec la mise en œuvre de matériaux et procédés durables en réduisant également le coût d'exploitation et le coût global. Mais il existe une relation étroite entre la consommation d'énergie et le comportement des occupants. Avant donc d'aborder la question de la performance énergétique des logements d'un point de vue réglementaire et technique, il est important d'étudier l'évolution des modes de vie des occupants et son impact sur la conception de nouveaux bâtiments résidentiels.

## **8.7 Les attentes des usagers :**

La première remarque qui concerne l'image du « logement idéal », correspond au type de logement. D'après l'étude menée par le CREDOC<sup>61</sup> en 2008, 85% des personnes associent le logement idéal à une maison individuelle et la proximité aux transports en commun et aux équipements de la ville est placée comme prioritaire avant même le prix du logement.

En ce qui concerne les caractéristiques du logement, les critères les plus importantes sont l'agencement des espaces (34%), l'existence d'un jardin ou une terrasse (31%), et finalement l'orientation et la luminosité des pièces (29%). Les considérations sanitaires sont placées en dernier rang : les aspects plus importants sont l'état sanitaire global du logement (16%) et l'insonorisation (9%).

La qualité des matériaux ne semble pas représenter une préoccupation majeure. 10% sont soucieux des matériaux vis-à-vis des composantes toxiques comme l'amiante et le plomb et 3% de la qualité des revêtements. Seulement 8% se préoccupe de la qualité de l'eau, 6% de la qualité de l'air intérieur. On peut affirmer que le concept de qualité d'un logement selon les usagers est plus associé à leurs attentes en termes de confort (acoustique, thermique, visuel) qu'à la qualité même de l'environnement en termes d'assainissement de l'air, de l'eau et des matériaux.

## **8.8 Efficacité énergétique dans le bâtiment :**

L'efficacité énergétique 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.<sup>62</sup>

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. Cependant, agir efficacement pour réduire de manière sensible la consommation énergétique impose une identification des facteurs de gaspillage, afin de les maîtriser à l'avenir<sup>63</sup>.

De nombreuses études et retours d'expériences ont montré que la diminution des consommations énergétiques des bâtiments passe par une conception architecturale prenant en

---

<sup>61</sup> Consommation et modes de vie. CREDOC. Centre de recherche pour l'étude et l'observation des conditions de vie. 2008.

<sup>62</sup> L'efficacité énergétique dans le secteur résidentiel-une analyse des politiques des pays du Sud et de l'Est de la Méditerranée. Carole-Anne Sénit (Sciences Po, Iddri)

<sup>63</sup> Comment consommer mieux avec moins-Livre vert sur l'efficacité énergétique -Office des publications officielles des Communautés européennes



compte la compacité du bâtiment et la gestion des apports solaires passifs, une sur-isolation de l'enveloppe.

Un certain nombre de terme sont utilisés pour désigner les bâtiments présentant une forte efficacité énergétique :

#### 8.8.1 Maison passive :

Initiée en 1990 par l'ingénieur Wolfgang Feist, elle est pratiquement autonome pour ses besoins en chauffage. Ces résultats sont atteints grâce à une excellente protection contre l'extérieur, une captation optimale, mais passive de l'énergie solaire et des calories du sol, une limitation des consommations d'énergie des appareils ménagers.

#### 8.8.2 Bâtiment basse énergie :

Bâtiment pour lequel la consommation en énergie finale pour le chauffage varie entre 30 et 60 kW.h/(m<sup>2</sup>.an).

#### 8.8.3 Bâtiment très basse énergie :

Bâtiment pour lequel la consommation en énergie finale pour le chauffage varie entre 10 et 15 kW.h/(m<sup>2</sup>.an).

#### 8.8.4 Bâtiment à énergie zéro :

Bâtiment qui produit autant d'énergie qu'il en consomme en utilisant des énergies renouvelables (panneaux solaires par exemple). Pour cette notion, on compare souvent l'énergie finale reçue par la maison à l'énergie primaire produite, ce qui n'est pas très correct.

#### 8.8.5 Bâtiment à énergie positive :

Bâtiment qui produit plus d'énergie qu'il n'en consomme (dans le même esprit que les bâtiments à énergie zéro).

Ces expériences sont adoptées pour les bâtiments neufs comme les anciens, ces derniers procurent un souci majeur car ils représentent la grande part du parc construit, et ils dépendent la majorité de l'énergie pour maintenir une température agréable, car à l'époque de leur construction, on ne se souciait pas des dépenses énergétiques. Cependant, les politiques énergétiques engagées par les pays développés et en voie de développement, incitent à l'amélioration de la qualité énergétique des bâtiments neufs et anciens.

## 8.9 Management de l'énergie dans le secteur bâtiment-la démarche HQE

Le Management de l'Énergie consiste à mettre en place des programmes d'économie d'énergie au niveau de :

- Conception de bâtiments adaptées aux conditions climatiques locales.
- Utilisation de matériaux de construction permettant une utilisation rationnelle de l'énergie (matériaux isolants).
- Emploi d'énergie renouvelables dans le bâtiment (exemple : utilisation de chauffe-eau solaire).
- Réalisation d'audits énergétiques des bâtiments.

- Etablissement de contrats de performance énergétique avec amélioration de l'efficacité énergétique garantie contractuellement.
- Evaluation d'opportunités de l'efficacité énergétique des bâtiments tant sur le plan écologique qu'économique.

### 8.9.1 Haute Qualité Environnementale (HQE) :

Initiée au début des années 90, par la démarche HQE qui vise à limiter les impacts d'une opération de construction ou de réhabilitation sur l'environnement tout en assurant à l'intérieur du bâtiment des conditions de vie saines et confortables.

Esthétique, confort, agrément de vie, écologie, durabilité : **Haute Qualité Environnementale (HQE)** prend en compte la globalité, joue le développement durable et représente ainsi l'état le plus avancé de l'art de construire<sup>64</sup>.

Un bâtiment conçu, réalisé et géré selon une démarche de qualité environnementale possède donc toutes les qualités habituelles d'architecture, de fonctionnalité, d'usage, de performance technique et autres que l'on est en droit d'attendre. Mais en plus, ses impacts sur l'environnement seront durablement minimisés. Cela, se fait aussi bien par le choix des matériaux de construction, que par la prise en compte de la maintenance du bâtiment, éventuellement même de sa déconstruction et, surtout, par les économies d'énergie qu'il permet, et qui limiteront l'accroissement de l'effet de serre dont est menacée la planète.

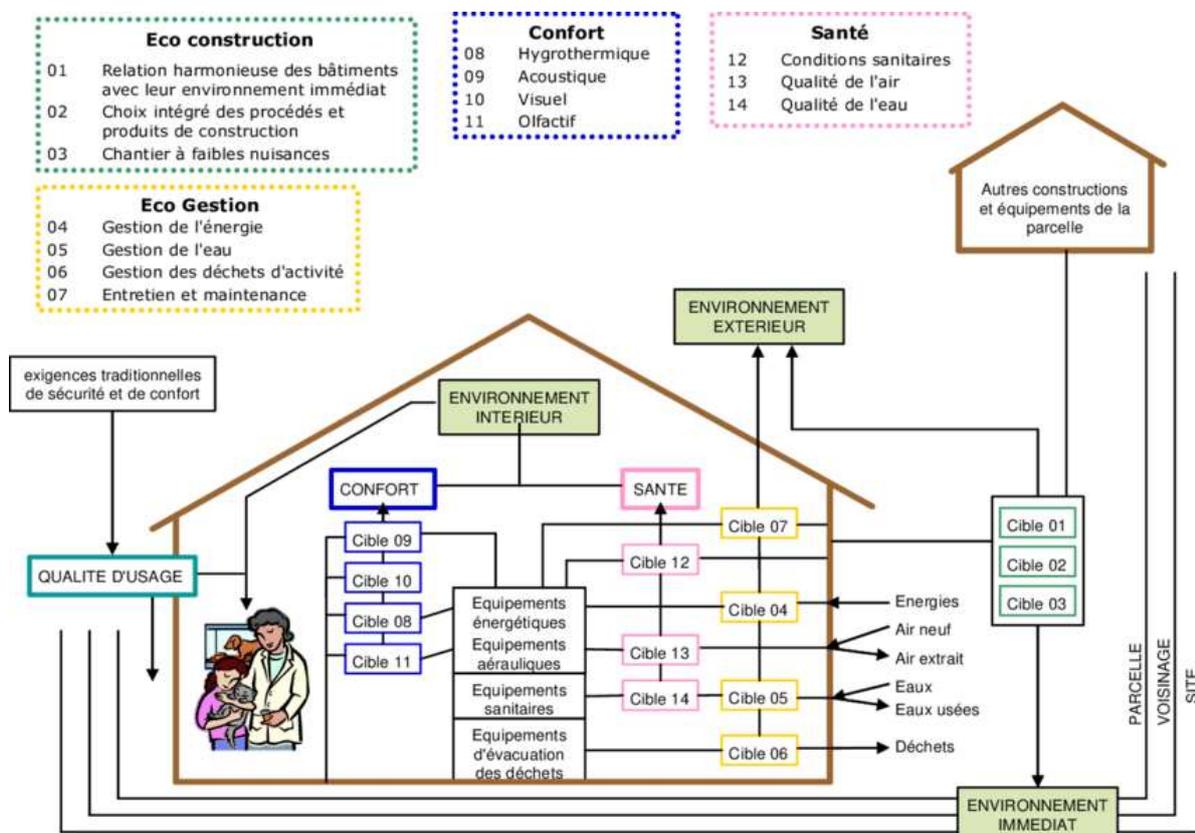


Figure 39 Présentation de la démarche HQE et ses 14 cibles (F. Cherqui 2005)

<sup>64</sup> Bâtiment et démarche HQE, A DE ME , 20 07.

La charte de chantier HQE prévoit la prise en compte des 14 cibles suivantes pour une meilleure qualité environnementale des bâtiments :

Les cibles d'écoconstruction (1 à 3) :

Relation harmonieuse des bâtiments avec leur environnement immédiat, Choix intégré des procédés et produits de construction, Chantier à faibles nuisances.

Les cibles d'éco gestion (4 à 7) :

Gestion de l'énergie, Gestion de l'eau, Gestion des déchets d'activités, Entretien et maintenance

Les cibles de confort (8 à 11) :

Confort hygrothermique, Confort acoustique, Confort visuel, Confort olfactif.

Les cibles de santé (12 à 14) :

Conditions sanitaires, Qualité de l'air, Qualité de l'eau.

La HQE n'est pas un label mais une démarche globale faisant appel à une approche multicritère. Pour qu'un projet soit certifié il devra atteindre 7 cibles maximum avec au moins 4 cibles au niveau performant et 3 au niveau très performant.

Site et construction	
Cible n°1	Relation du bâtiment avec son environnement immédiat
Cible n°2	Choix intègre des produits, systèmes et procédés
Cible n°3	Chantier à faible impact environnemental
Gestion	
Cible n°4	Gestion de l'énergie
Cible n°5	Gestion de l'eau
Cible n°6	Gestion des déchets d'activités
Cible n°7	Maintenance - Pérennité des performances environnementales
Confort	
Cible n°8	Confort hygrothermique
Cible n°9	Confort acoustique
Cible n°10	Confort visuel
Cible n°11	Confort olfactif
Santé	
Cible n°12	Qualité sanitaire des espaces
Cible n°13	Qualité sanitaire de l'air
Cible n°14	Qualité sanitaire de l'eau

*Les 14 cibles de la démarche HQE*

Figure 40 Les 14 cibles de la démarche HQE

### 8.9.2 Les labels de performance énergétique :

Considéré comme l'un des plus grands consommateurs d'énergie du secteur économique, le secteur du Bâtiment constitue un des enjeux stratégiques dans le domaine de la lutte contre le changement climatique et dans les efforts de réduction des émissions de gaz à effet de serre, aussi bien au niveau mondial qu'au niveau national. En effet, et globalement en Algérie, le Secteur du bâtiment est responsable d'environ 40% de la consommation finale de l'énergie. Agir pour changer les modes de consommation, les pratiques et les comportements est un défi majeur, en particulier si l'on tient compte de ces temps de crise et au regard aussi des



engagements nationaux liés à la ratification par l'Algérie, en Octobre 2016, de l'accord de Paris.

De par sa position géographique et son climat aride et semi-aride, l'Algérie est très vulnérable au changement climatique, et les signes des impacts commencent déjà à s'observer. Aussi, l'adaptation à ces changements est le mot clé, notamment dans le secteur du bâtiment et de la ville. A ce titre, des solutions peuvent progressivement être mises en œuvre par tous les acteurs institutionnels et territoriaux de cet important volet de l'économie nationale : Isolation thermique, énergies renouvelables, gestion des déchets sont des axes qui composent une nouvelle vision de l'économie verte et de nouveaux modes d'approche stratégique.

Autres certifications pour prouver la haute performance énergétique du bâtiment ; les labels ; ils attestent au bâtiment des performances énergétiques lorsqu'elles sont au-delà de la réglementation ou des pratiques courantes. Les principaux labels sont : HPE (haute performance énergétique), Minergie, BBC (bâtiment basse consommation), Effinergie, Passiv-Haus.

Les labels de performance énergétique avaient pour objectif de valoriser les bâtiments qui obtenaient un niveau de performance énergétique supérieur au niveau réglementaire. Ils étaient attribués par des organismes en convention avec l'État, jusqu'en 2012, date à partir de laquelle tous les bâtiments neufs doivent répondre aux critères du label BBC – Basse consommation énergétique.

Nous verrons dans un premier temps quels sont les niveaux d'exigence en termes de dispositifs et de consommation d'énergie pour chacun de ces labels, mais nous nous pencherons plus précisément sur la question de la performance énergétique d'un point de vue technique dans le chapitre suivant, afin de comprendre les spécificités du système énergétique dans la conception d'un projet résidentiel.

Les labels sont :

- ✓ **HPE 2005** : Haute performance énergétique : Consommation conventionnelle d'énergie inférieure de 10 % à la consommation conventionnelle de référence.
- ✓ **THPE 2005** : Très haute performance énergétique : Consommation conventionnelle d'énergie inférieure de 20 % à la consommation conventionnelle de référence.
- ✓ **THPE EnR 2005** : Très haute performance énergétique énergies renouvelables et pompes à chaleur : Ce label correspond au label THPE et exige en addition, le respect de l'une des conditions suivantes :
  - 1- Le bâtiment doit être équipé de panneaux solaires assurant au moins 50 % des consommations de l'eau chaude sanitaire et la part de la consommation conventionnelle de chauffage par un générateur utilisant la biomasse est supérieure à 50 %.
  - 2- Le bâtiment doit être équipé de panneaux solaires assurant au moins 50 % des consommations d'eau chaude sanitaire et le système de chauffage est relié à un réseau de chaleur alimenté à plus de 60 % par des énergies renouvelables.
  - 3- Le bâtiment est équipé de panneaux solaires assurant au moins 50 % de l'ensemble des consommations de l'eau chaude sanitaire et du chauffage.

- 4- Le bâtiment est équipé d'un système de production d'énergie électrique utilisant les énergies renouvelables assurant une production annuelle d'électricité de plus de 25 kWh/m<sup>2</sup> SHON en énergie primaire.
- 5- Le bâtiment est équipé d'une pompe à chaleur ayant un coefficient de performance annuel supérieur à 3,5.
- 6- Pour les immeubles collectifs et pour les bâtiments tertiaires à usage d'hébergement, le bâtiment est équipé de panneaux solaires assurant au moins 50 % des consommations de l'eau chaude sanitaire.

### **8.9.3 Labels Energétique et bâtiment basse consommation énergétique BBC 2005 :**

Il s'agit de labels gérés par l'association dont le but est de promouvoir les constructions à basse énergie et de développer en France un référentiel de performance énergétique des bâtiments neufs ou existants en regroupant les professionnels de la construction et les collectivités locales. Ces labels s'appuient sur le standard Suisse Minergie (Minergie, 2007), mais en l'adaptant aux particularités constructives, réglementaires, normatives et climatiques du marché français. Ces labels utilisent la méthode de calcul de la RT2005.

#### **8.9.3.1 Les exigences de ce label dépendent du type de bâtiment :**

Pour les bâtiments à usage d'habitation, la consommation conventionnelle d'énergie primaire du bâtiment Cep (kWh/m<sup>2</sup>/an ep) inclue le chauffage, le refroidissement, la ventilation, la production d'eau chaude sanitaire et l'éclairage. La consommation ne doit pas excéder la valeur exprimée par l'équation :  $Cep = 50 \times (a + b)$ , où a est le coefficient de correction climatique et b est le coefficient de correction par altitude.

La problématique énergétique constitue un enjeu majeur à l'échelle de la planète et le secteur de la construction représente un axe de développement important face à la croissance économique et démographique des pays. La performance énergétique des logements répond à une problématique environnementale globale dans le cadre de la lutte contre le réchauffement climatique et l'épuisement des ressources fossiles.

La question de l'énergie dans le secteur résidentiel est encadrée depuis quelques années à travers des politiques d'efficacité énergétique à l'échelle mondiale, européenne ou nationale, qui permettent l'évolution des enjeux environnementaux et des objectifs de réduction de la consommation d'énergie dans la construction.

### **8.10 Le problème du manque de sensualité :**

On dit ici reconnaître l'existence des connaissances rationnelles fondées scientifiquement qui précisent la façon dont la construction durable devrait être structurée. Leur transposition dans le secteur de la construction rationnelle est toutefois loin d'être effectuée. ni les écoles supérieures ni les médias spécialisés ne montrent un engagement notable en ce sens. Une question qui est certes rarement posée de façon ouverte et qui est pourtant essentielle est celle de la forme et de l'apparence, car elle concerne un domaine central. A quoi ressemble une architecture pensée sur un mode durable ? différentes tendances principales peuvent être relevées. Ce qui sante d'emblée ne se montrent enthousiastes. L'attitude de Petter Eisenmann parle d'elle-même : « to talk to me about sustainability is like talking to me about giving birth. Am i against giving birth ? no.but would i like to spend my time doing it ? not really.i'd rather go to baseball game » la durabilité passe auprès des intellectuels et des artistes pour un



thème ennuyeux et « l'architecture écologique » pour un label qui en effraie plus d'un. Cela s'explique certainement par le fait que l'architecture écologique était l'origine liée à des modes de vie et d'habitat qui s'opposaient à ceux qui l'on connaît –comme celles des marginaux ou des communautés rurales. L'opposition qui semble évidente entre durabilité et mise en forme est peut-être cultivée. Certainement de façon inconsciente, mais en tout cas évidente.

De nombreux concepts, règles de base, normes etc. ne peuvent jusqu'à présent être d'un grand secours dans la recherche d'une identité visuelle et esthétique de l'architecture écologique. Si l'on souhaite par exemple introduire intelligemment les énergies renouvelables à la conception du bâtiment de façon directe ou indirecte, cela ne pourra se faire sans conséquences sur l'apparence du bâtiment. Des éléments existent qui permettent d'indiquer comment transposer la construction durable en « écriture architecturale » contemporaine. On se contentera de renvoyer à l'idée de « constructions naturelles » et au travail de l'architecte Munichois Thomas Herzog ainsi qu'à ses concepts de construction aussi intelligents que rafraichissants. Mais ce type de transposition ne s'est pas révélé particulièrement révolutionnaire et rien n'indique que cela changera.

## **8.11 Faire les bonnes choses-ou bien faire les choses ?**

Notre action est surtout marquée par des efforts obstinés en vue de la réussite. Il n'y a rien à dire à cela si on le considère de la Façon rien à dire à cela si on le considère de la Façon superficielle. Il s'agit en définitive d'atteindre un objectif défini et si possible parfaitement.

Cela dépend aussi de la façon dont on va l'atteindre. A ce stade, une définition des termes efficacité et efficience s'impose : une manière d'agir est dite efficace lorsqu'elle atteint un but redéfini, indépendamment des efforts déployés dans ce but. Etre efficace signifie donc faire les bonnes choses sans chercher à limiter les efforts.

Ay contraire, un comportement sera qualifié d'efficace lorsqu'il atteint son objectif en déployant le minimum d'efforts possible. La norme ISO9000 définit l'efficience comme « la relation entre l'objectif atteint et les moyens mis en œuvre ». Dans le cas de l'efficience, il ne s'agit plus seulement de faire les bonnes choses mais de les faire bien. Les réflexions économiques et écologiques remettent de plus en plus le principe d'efficacité en question. Car il suppose que nous disposions de ressources quasi inépuisables. Hélas, notre société dépend fortement de ressources épuisables qui diminuent progressivement. Notre aptitude à extraire est à consommer le pétrole et le gaz, à produire des matériaux artificiels et dans métaux, à créer une richesse matérielle dépasse l'offre limitée des sources de matières premières. Cela conduit à des pénuries et a des prix élevés. Le recours aux énergies non renouvelables modifie notre climat et le climat en général. Depuis la première crise pétrolière des années 1970 et la prise de conscience des limites de la croissance, des premières conséquences ont été tirées. Elles concernent notre quotidien et sont perceptibles à travers les bouteilles consignées et l'obligation de retourner les emballages, le tri sélectif et les compteurs de consommation ainsi que de nombreuses autres modifications. Elles agissent accru aux matières premières renouvelables et aux produits à fort taux de recyclage, par de nouvelles technologies appliquées aux centrales thermique et des systèmes utilisant des énergies recouvrables.

Nombreux sont ceux qui remettent en question dans la profession le fait que tels sauts en matière d'efficience aient pu être réalisés dans le secteur de la construction. Les mesures déjà



prises pur faire chuter la consommation d'énergie fournissent une contre-épreuve. Un bâtiment d'habitation construit avant 1970 consomme en moyenne environ 25 à 30 litres de fuel domestique par m<sup>2</sup> de surface habitable. Si l'on applique les directives actuellement en vigueur en Europe (directive sur la performance énergétique des bâtiments) mise en œuvre par les pays, un logement construit actuellement ne doit pas dépasser 3 à 6 litres de fuel domestique par m<sup>2</sup> de surface habitable et par an. Des maisons à faible consommant sont à la portée des techniques actuelles et réalisables sans surcout en comptant les subventions. La maison a 1.5 litre, dite maison passive en Allemagne, a déjà été construite plus de mille fois au cours des dix dernières années. Sa construction suppose un surcout de l'ordre de 5% par rapport à une maison à 6 litres. D'une manière générale, on peut affirmer que les progrès ont permis en moins de 30ans de multiplier l'effcience par près de 20. D'où une diminution notable des émissions et un confort thermique nettement supérieur.

## **8.12 Objectif :**

- Répondre aux enjeux du changement climatique global dans l'habitat
- Augmenter les moyens en mobilisant la contribution climat énergie (CCE)
- Intégrer la biodiversité dans l'urbanisme et le bâtiment
- Rehausser l'enjeu biodiversité dans l'habitat et préserver le lien humain-nature, pour le bien-être des habitantes
- Développer les espaces verts
- Organiser en ville la cohabitation des animaux domestiques, de la biodiversité et des habitantes
- Développer les projets d'habitat participatif et s'inspirer de leur dynamique
- Donner une impulsion nouvelle aux jardins collectifs
- Retrouver un équilibre entre les différents modes de commerce, moteur essentiel du « vivre ensemble »
- Habiter autrement en s'adaptant aux enjeux de la transition écologique
- Développer les référentiels de l'habitat de demain
- Améliorer les relations intergénérationnelles dans l'habitat et le bien-être des personnes âgées dans leur logement

## **8.13 Espace urbain et infrastructures :**

Les bâtiments doivent toujours être considérés en relation avec leur environnement. De nombreux facteurs comme le climat, le paysage, la topographie, l'environnement bâti, les transports et l'infrastructure agissent sur chaque ouvrage, déterminent le contexte urbain et l'offre énergétique. L'architecture est liée à des réseaux complexes d'approvisionnement et d'évacuation. La mise en réseau concerne à la fois l'infrastructure technique, mais aussi les équipements socio-culturels ; la mobilité, la communication et d'autre service.

Cela est dû à des raisons techniques et économiques et au besoin qu'a l'homme, de voisinage et d'offres en matière sociale et culturelle.

Enfin. Une structure sociale reposant sur la division du travail rend nécessaire l'accès aux postes de travail, au commerce et aux activités. Les structures urbaines denses sont en général les plus efficaces sur les plans énergétique et économique mais aussi pour le fonctionnement des bâtiments et l'accès aux services. Parallèlement a la conception intégrant les conditions



locales et l'infrastructure technique, une utilisation rationnelle des surfaces est essentielle pour optimiser les bâtiments et l'espace urbain.

### **8.13.1 Utilisation des surfaces**

Le rapport au sol comme ressource a depuis toujours été marqué par différents intérêts et par nécessité d'une bonne utilisation. La construction entre en concurrence avec la production alimentaire et énergétique, l'approvisionnement en matière premières, la conservation de la nature ; le paysage et la biodiversité, sans parler de nombreuses autres fonctions.

Au sein des zones construites, d'autres utilisation et intérêts rivalisent pour utiliser l'espace. Ils sont liés à des valeurs sociales et des exigences techniques, a des intérêts économiques ou d'ordre public. Le modèle de développement de l'utilisation des surfaces choisi joue donc un rôle central. Les modèles prototypiques d'espaces urbains, mono centrés, poly centrés et organisés par secteurs.

### **8.13.2 Microclimat :**

L'observation microclimatique d'un espace réduit doit surtout considérer la protection contre les influences néfastes du climat local sur les bâtiments, mais aussi l'accès et l'approvisionnement en énergie renouvelables.

### **8.13.3 Exposition au soleil :**

Un fort rayonnement solaire et une longue durée d'exposition au soleil assurent un bon apport en énergie mais comprend aussi des risques de surchauffe pour les bâtiments. L'intensité du rayonnement solaire sur des surfaces horizontales est de maximum de l'ordre de 1000 W/m<sup>2</sup>. Selon l'emplacement du bâtiment, son environnement topographique, la végétation existence et le bâti voisin, les conditions microclimatiques pour la construction varient. Les ombres propres et portés des surfaces peuvent être estimés avec des modèles d'ensoleillement. L'efficacité de l'utilisation passive ou active de l'énergie solaire peut ainsi être évaluée, l'ombrage des locaux et des espaces extérieures vérifie, ce qui permet de prendre les mesures adaptées pour l'ombrage.

La position des surfaces à proximité direct de bâtiment peut renforcer le rayonnement sur ce dernier car une forte proportion de surfaces réfléchissantes tend à orienter vers le bâtiment voisin le rayonnement et la lumière du jour.

La réflexion étant liée à l'angle d'incidence, les revêtements clairs ou les plans d'eau sont pour cela parfaitement adaptés. Plus le rayonnement incident est plat, plus la réflexion est importante.

### **8.13.4 L'eau comme régulateur de microclimat :**

L'eau accumule la part de rayonnement solaire non réfléchi. Participant au système d'amenée d'air frais, les étangs placés devant les bâtiments régulent par exemple les pics de température de l'air et peuvent contribuer à diminuer la demande énergétique des bâtiments.

On règle général, la rétention et l'écoulement de l'eau agissent de manière positive sur le microclimat. Ainsi en été, les températures relevées au-dessus des toitures végétalisées

sont de l'ordre de 35°C mais peuvent atteindre 70°C au-dessus des toitures gravillonnées.

### **8.13.5 Sol**

Le sol absorbe le rayonnement solaire incident près de la surface. Sa masse et sa teneur en eau en font un élément de stockage efficace comme pour l'eau phréatique, les températures constantes du sol tout au long de l'année- surtout à mesure que l'on gagne en profondeur- permettent un fonctionnement permanent efficace des pompes à chaleur à condition que les surface soient sans ombres.

### **8.13.6 Exposition au vent :**

Les bâtiments particulièrement exposés au vent présentent des déperditions énergétiques élevées en raison de leur enveloppe. Une analyse de vent permet de déterminer ses orientations et ses vitesses typique. Les effets du vent peuvent être identifier au moyen de simulation de flux ou d'essai en soufflerie. Des arbres, des haies, ou des murs disposés à intervalle définie peuvent diminuer les vitesses du vent principale sur le bâtiment.

Une végétalisation directe des façades n'assure elle qu'une réduction minimale de la demande en énergie en chauffage. Elle diminue néanmoins la température autour des bâtiments grâce à la puissance du refroidissement adiabatique élevé de tell sort que le confort en est améliorer lors des surchauffes estivales. En agissant sur le différentiel de pression entre les façades, le vent assure une ventilation naturelle du bâtiment. En outre, diverse options techniques et constructive sont envisageable pour utiliser le vent, par exemple le refroidissement nocturne par ventilation.

## **8.14 Conception volumétrique**

De même, les déperditions énergiques peuvent être minimiser et les gains énergétiques maximisé par la conception volumétrique. Le mode et l'ampleur de l'utilisation définissent cette conception. Dans le logement, les pièces seront réparties de façon optimale en tenant compte du rayonnement solaire désiré et de besoin en lumière grâce à une orientation définie et des surfaces vitré déterminer précisément.

### **8.14.1 Zonage en plan :**

Les différentes zones peuvent notamment être définie selon des exigences liées au température à la demande en lumière du jour ou selon le moment de la journée privilégiés par les utilisateurs. C'est surtout le zonage thermique qui est efficace du point de vue énergétique : les activités principales sont thermiquement protégées par des espaces-tampons dispose en avant ou par des locaux annexes. Pour les bâtiments à fortes demande thermique (comme les bâtiments d'habitation), on distingue trois possibilité principale de zonage :

#### 8.14.2 Zonage concentrique :

Le zonage concentrique permet de grandes profondeurs de bâtiments ; ou regroupe le noyau des bâtiments les zones à protéger sur le plan climatique et qui nécessitent une ambiance thermique constante.

#### 8.14.3 Zonage linéaire :

Un zonage linéaire joue sur l'orientation par rapport au soleil ; les pièces à forte demande de lumière et de chaleur sont orientées au sud, à l'est et à l'ouest ; au nord se trouvent les pièces qui ont moins besoin d'être chauffées ou de façon discontinue.

#### 8.14.4 Zonage par étage :

Dans le zonage par étage, les pièces à forte exigence thermique sont en général regroupées au centre.

##### 1-2 Disposition en fonction de l'inertie :

Les avantages d'un zonage climatique peuvent encore être renforcés par une disposition judicieuse des masses d'inertie. Si un bâtiment est exposé à des risques de surchauffe dus à des charges thermiques externes variables, la disposition et l'activation des masses d'inertie (par exemple les sols exposés au rayonnement solaire) peuvent efficacement lisser les pics de température. Si un bâtiment est particulièrement soumis à des charges internes (comme les immeubles de bureaux), la masse d'inertie peut être activée par convection, également de façon secondaire. La prise en compte rigoureuse des facteurs d'influence externe et des exigences internes permet de tester les typologies des bâtiments existants et à en développer de nouvelles. Sur ce sujet les principales considérations sur l'énergie et l'utilisation se rejoignent.

« Les bâtiments intelligemment conçus et exploités, parfois appelés à tort ‘bâtiments intelligents’ ne se distinguent pas par la présence d’un haut degré d’automatisation des systèmes d’information, de communication et de construction, mais plutôt par le fait qu’ils peuvent répondre aux besoins des utilisateurs directement à partir de l’environnement en évitant l’utilisation des installations techniques. » Klaus Daniels (1988)





# **Cinquième chapitre**

## **Enveloppe du bâtiment**



L'enveloppe d'un bâtiment définit la séparation entre l'intérieur et l'extérieur : elle exprime l'apparence d'un ouvrage et communique avec son environnement. L'évolution historique de l'enveloppe du bâtiment est par conséquent marquée par des caractéristiques, des proportions, une matérialité et des significations culturelles. Ses fonctions résident principalement dans la protection du bâtiment contre le vent, les intempéries et le rayonnement solaire. Avec le renforcement des exigences de confort, l'enveloppe assure en fait une autre fonction plus complexe, celle de régulation du climat intérieur.

En raison de l'importance accrue de la consommation énergétique des bâtiments, l'enveloppe- plus particulièrement la façade- se retrouve au centre des réflexions formelles et techniques. Les surfaces extérieures d'un bâtiment influencent fortement son comportement énergétique. Cela vaut non seulement pour l'optimisation du transfert thermique entre l'intérieur et l'extérieur, mais aussi pour la production décentralisée d'énergie par l'enveloppe.

Comme dans d'autres domaines, la conscience de la nécessaire utilisation durable des ressources se renforce. Le choix des matériaux de l'enveloppe influence dans une forte proportion la qualité d'énergie consommée pour la construction du bâtiment, mais aussi pour sa future exploitation, comme l'énergie de fonctionnement, d'entretien ou la maintenance. Les autres aspects liés à la durabilité sont la protection acoustique et visuelle, la durée de vie des matériaux et leur recyclabilité.

## **9.1 Facteurs déterminants pour la conception**

De nombreuses exigences sont posées à l'enveloppe du bâtiment considérée comme interface entre les conditions extérieures et les besoins liés au climat intérieur des utilisateurs.

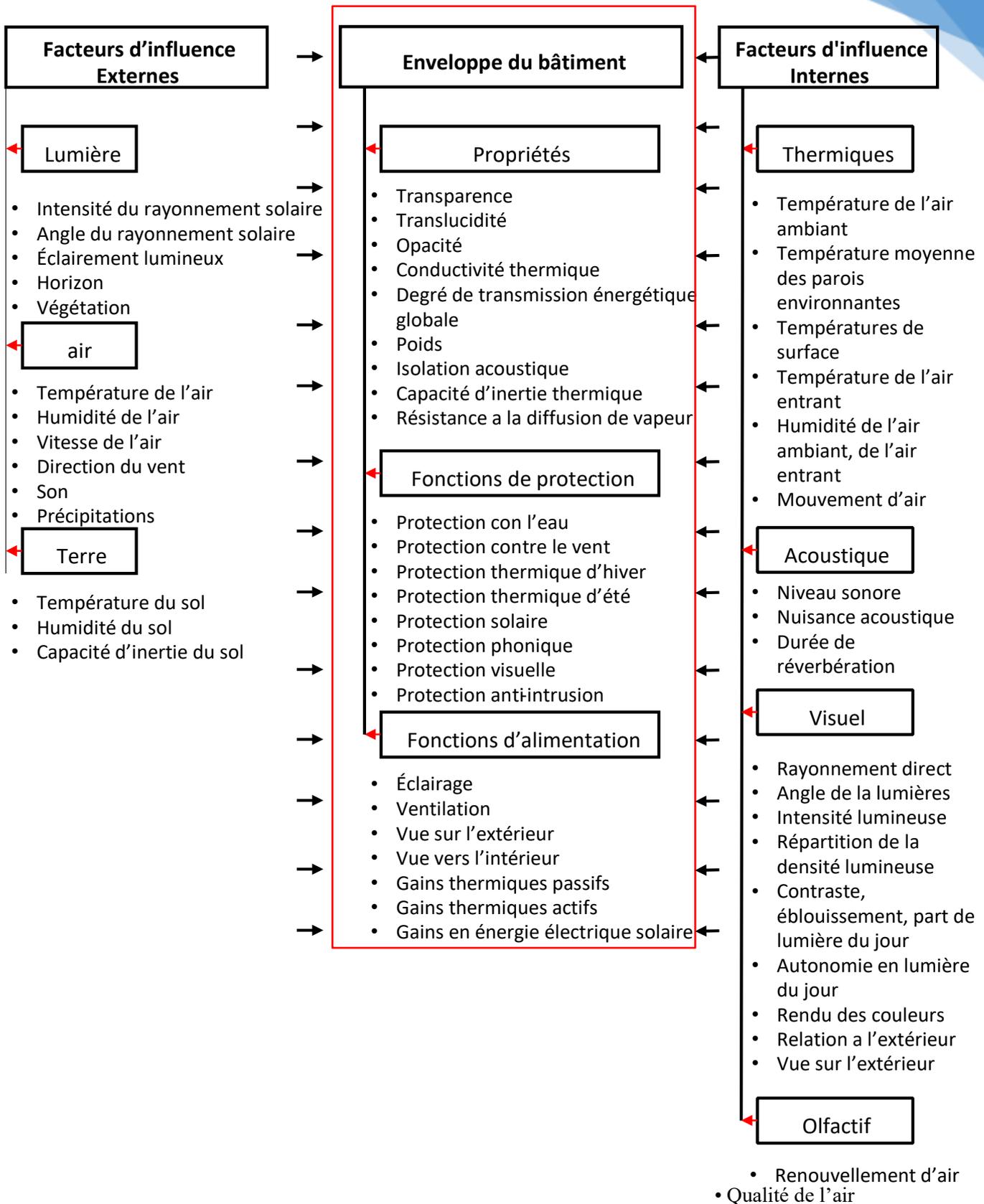


Figure 41 Les facteurs d'influences sur l'enveloppe de bâtiment



Les fonctions qui en découlent conduisent dans de nombreux cas à des conflits d'objectifs, notamment entre vue sur l'extérieur, utilisation de la lumière du jour et de la protection solaire. Outre les conceptions formelles et les critères économiques, le développement des enveloppes de bâtiments est soumis à des conditions complexes qui doivent à chaque fois être satisfaites de façon optimale. D'une manière générale, on peut décrire les champs thématiques suivants.

#### 9.1.1 Utilisation :

Le rôle de l'enveloppe d'un bâtiment est d'assurer des conditions intérieures sûres, saines et confortables pour chaque utilisation, sachant que les conditions initiales peuvent parfois fortement changer. Les exigences imposées aux logements diffèrent de celles des bureaux, musées, théâtres et halles de fabrications. Rien que pour l'utilisation, les prescriptions réglementaires comme taux de renouvellement élevé de l'air ou l'éclairage peuvent jouer de façon considérable sur l'enveloppe du bâtiment. Le confort recherché exprime une perception subjective qui est déterminée par une multitude de facteurs d'influence divers. Pour l'ensemble des réflexions sur l'optimisation énergétique des enveloppes, les exigences de usagers constituent à la fois des conditions élémentaires et un objectif. Un concept solide repose sur la synthèse de tous les paramètres pertinents et place l'utilisateur au centre des considérations. C'est justement pour les bâtiments dont le concept énergétique est fortement basé sur une interaction avec les influences extérieures qu'il est nécessaire et aussi permis – de remettre en question les exigences subjectives de l'utilisateur. Ainsi, un écart limité dans le temps avec les valeurs idéales s'avère souvent judicieux lorsque l'équipement climatique d'appoint peut être réduit. En outre, des conditions d'ambiance intérieure immuables ne constituent pas nécessairement ce qu'il y a de meilleur pour le bien-être humain.

## 9.2 Le but :

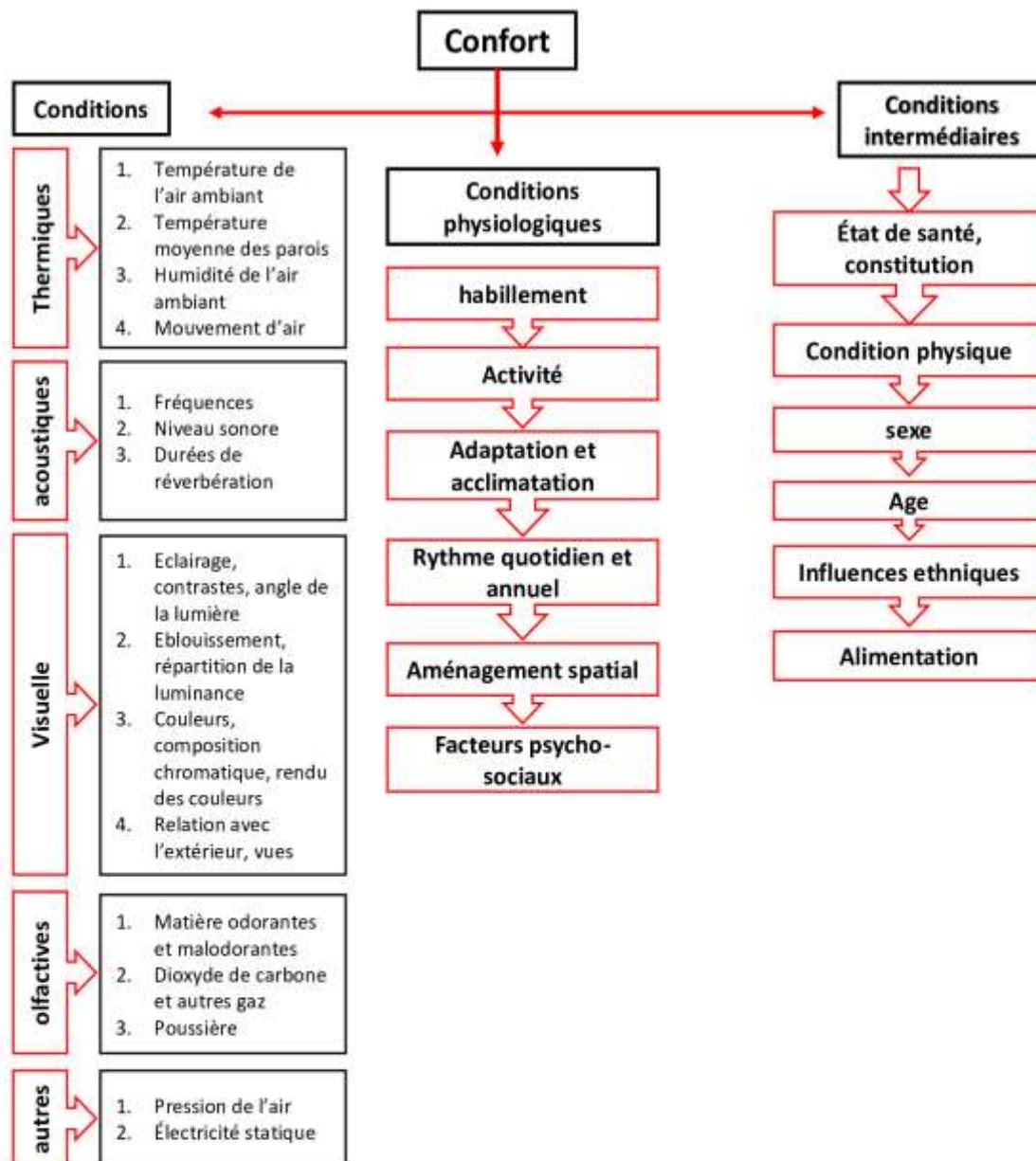


Figure 42 les conditions de confort

### **9.3 Aspects climatique :**

Au cours de la récente évolution historique du bâtiment, des formes architecturales et des constructions se sont développées partout en étroite relation avec les conditions climatiques locales. Par opposition, l'architecture dite « internationale » ne se caractérise par le souci d'assurer à chaque endroit les conditions climatiques intérieurs souhaitées grâce à des systèmes techniques. La conception de bâtiments efficaces sur le plan énergétique suppose une approche sensible des conditions microclimatiques et microclimatiques. Outre la limitation des systèmes techniques et liées aux matériaux des surfaces extérieures assurent un rôle clé. Une analyse précise des caractéristiques climatiques est par conséquent une condition essentielle pour mettre au point une enveloppe adaptée au site.

### **9.4 Construction :**

La forme de l'enveloppe peut être déterminée par le type de construction du bâtiment. Le fait que la peau extérieure assure une fonction porteuse ou qu'elle ne soit pas soumise à des exigences statiques est décisif. Le choix des matériaux et la construction interagissent donc.

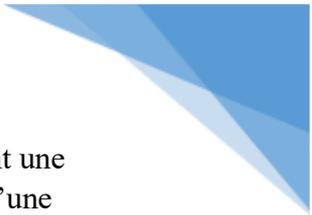
Les fonctions porteuses et l'enveloppe peuvent être séparées. Les surfaces transparentes nécessitent une attention particulière. Des dispositifs d'appoint comme des éléments ouvrables et des protections solaires ou anti-éblouissement doivent être prévus.

L'intégration d'équipements techniques décentralisés dans l'enveloppe du bâtiment joue un rôle croissant. Il existe dans ce domaine un large éventail à disposition : depuis les servomoteurs, pour le rafraîchissement nocturne automatique, en passant par les systèmes de protection solaire à régulation entièrement automatisée jusqu'aux dispositifs de ventilation des façades et aux éléments de chauffage solaire actifs. Il convient ici de prendre en compte les différentes durées de vie des systèmes d'enveloppe et des composants techniques. L'amélioration ultérieure des propriétés énergétiques suppose en effet d'importants investissements pour l'enveloppe du bâtiment.

Dans le cas de mesures de construction ou de rénovation, il importe par conséquent d'évaluer l'évolution future des exigences en matière de confort et de mise à disposition de l'énergie et d'appliquer des standards si possibles élevés.

### **9.5 Enveloppe de bâtiments efficaces en énergie :**

Une conception d'enveloppe optimisée sur les plans énergétiques se caractérise par le fait que les conditions de climat intérieur souhaités sont assurées tout au long de l'année en recourant le moins possible à de lourdes installations techniques d'approvisionnement en énergie. Elle suppose une analyse précise des conditions climatiques du bas et du profit d'utilisation en interaction avec les éléments partiels mentionnés plus haut. Une enveloppe de bâtiment optimisée sur le plan énergétique présente une performance passive maximisée et constitue ainsi la base pour le futur concept d'énergie. Elle peut en plus apporter une contribution essentielle à l'approvisionnement énergétique du bâtiment par l'intégration de la technologie solaire active. L'enveloppe du bâtiment doit donc aussi être élaborée en étroite relation avec la technologie d'approvisionnement d'énergie.



Une multitude de matériaux, de système d'enveloppe et de technologie permettent une conception efficace des enveloppes. Reprenant la division en dix (10) éléments d'une construction économe en énergie, les différents objectifs, concepts et mesures sont détaillés plus loin. Ils se décomposent en cinq (05) thèmes énergétique- chaleur, froid, lumière, air, courant électrique- et fournissent ainsi un aperçu structuré des principales solutions d'optimisation possible.

## 9.6 Objectif de l'enveloppe :

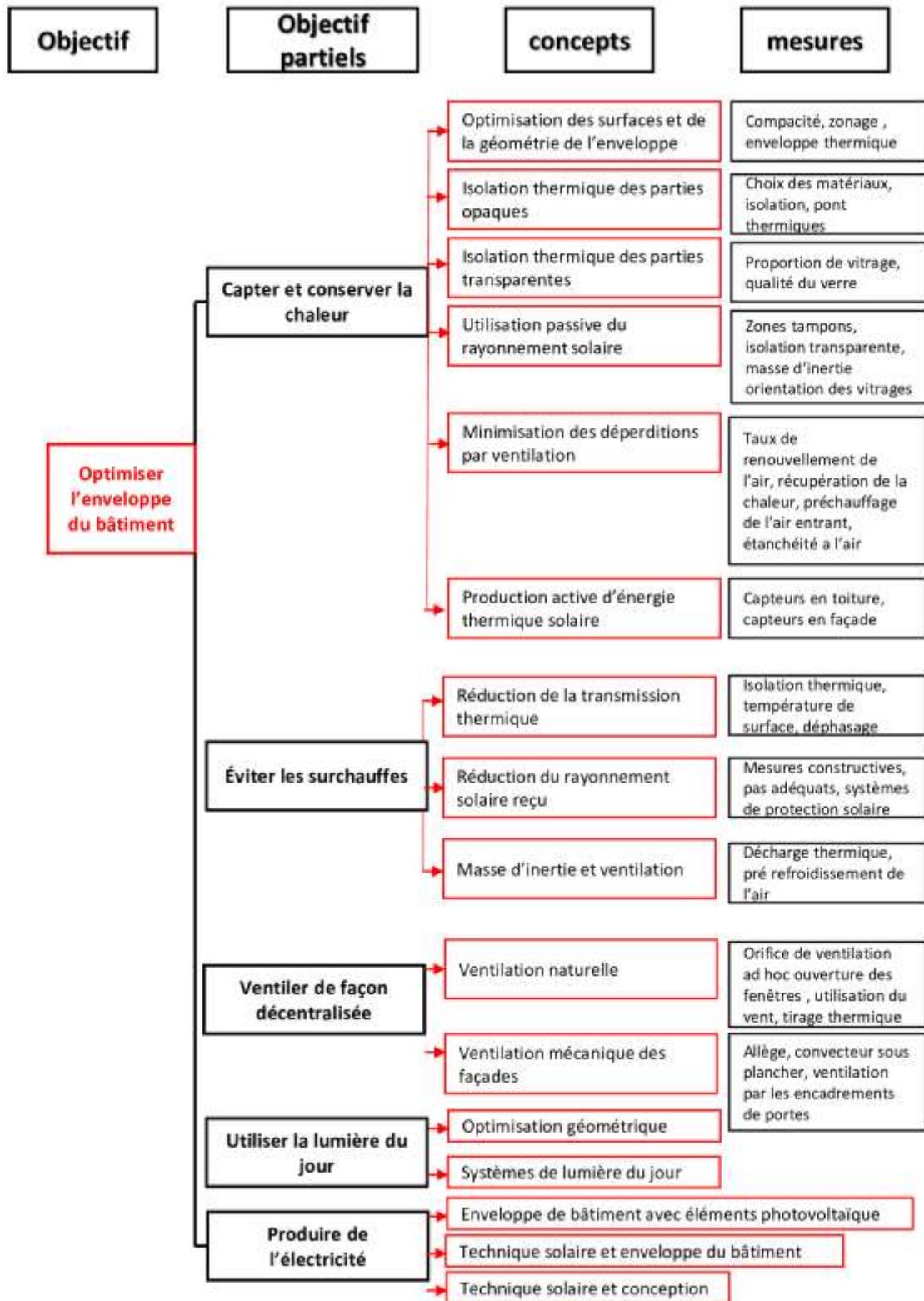
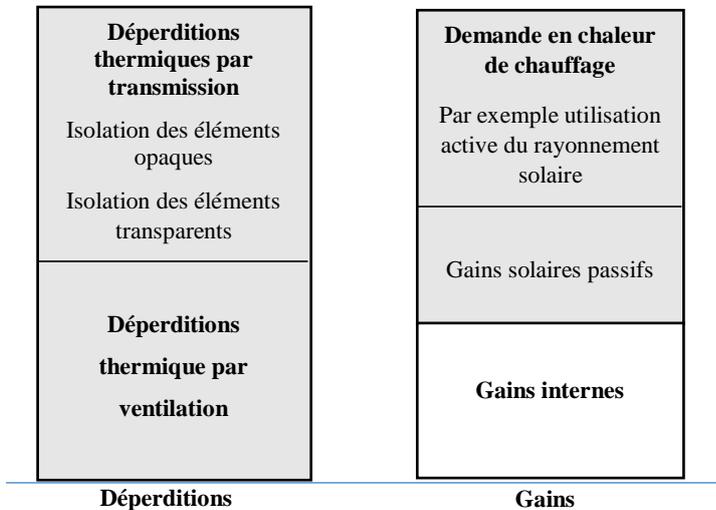


Figure 43 Objectif de l'enveloppe de bâtiment

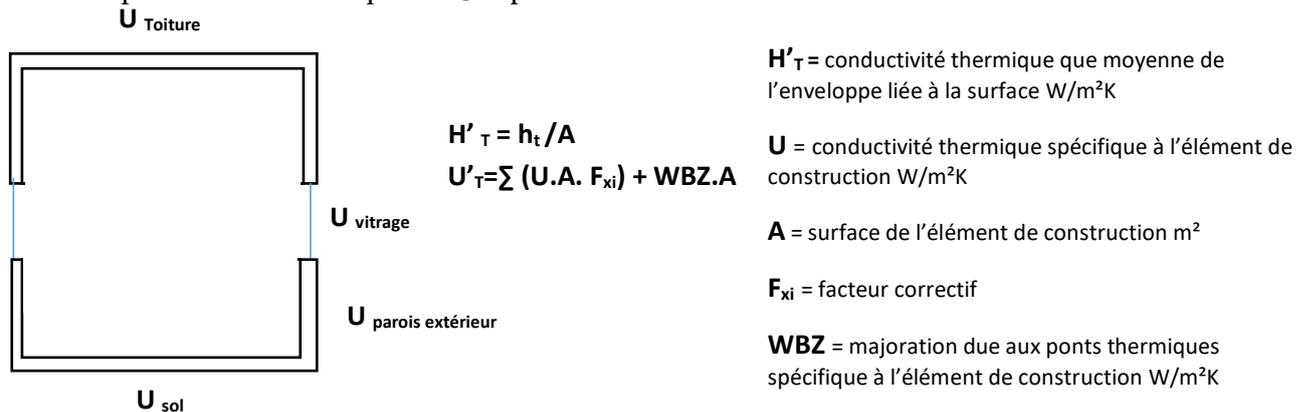
### 9.6.1 Capter et conserver la chaleur

Il est nécessaire, d'assurer des conditions de confort intérieurs par des mesures adaptées en cas basse température extérieur. Le principal objectif consiste à conserver la chaleur existant dans le bâtiment par une enveloppe optimisée. Une analyse du flux thermique permet de réaliser un bilan thermique du bâtiment, celle-ci établit la relation entre gains et déperditions thermique au cours d'une période d'utilisation annuelle.

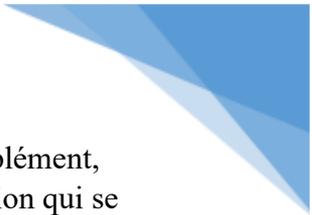


Les déperditions (par transmission et ventilation) sont distinguées. Les sources de chaleur internes (chaleur dégagées par l'éclairage, les occupants et l'appareillage électrique) figurent parmi les gains, de même que les apports dus au rayonnement solaire au travers des surfaces transparentes de l'enveloppe- utilisation passive du rayonnement solaire. Grâce à ses propriétés, l'enveloppe du bâtiment devrait si possible contribuer à équilibrer ce bilan. La différence entre ces postes de bilan détermine la demande en énergie de chauffage qui doit être apportée par les installations techniques du bâtiment. Celle-ci constitue la base de calcul de la demande en énergie primaire au sens de réglementation sur l'économies d'énergie.

Etant donné que les sources de chaleur interne sont essentiellement déterminées par le type d'utilisation. Le potentiel d'optimisation de l'enveloppe passe par une minimisation des déperditions et une maximisation des gains solaires. Comme objectif (ou valeur) pour l'évaluation de la performance thermique passive d'un bâtiment assuré par son enveloppe, il est possible de se baser sur la résistance thermique moyenne des surfaces périphériques traversées par les flux thermiques  $H'_T$  exprimés en  $W/m^2K$



Détermination de la résistance thermique moyenne  $H'_T$  source : construction et énergie



Elle renseigne sur l'ampleur des déperditions par transmission estimées. En complément, l'apport d'air extérieur à basse température constitue aussi un facteur de déperdition qui se renforce avec l'augmentation du taux de renouvellement. Enfin, la proportion de vitrage, ainsi que l'orientation, indiquent le potentiel d'utilisation passive du rayonnement solaire. En plus du flux énergétique thermique capté directement par l'enveloppe du bâtiment, les systèmes actifs solaires occupent une place toujours plus importante. Des éléments de construction jouent également un rôle essentiel pour l'enveloppe. Différents aspects doivent être conjointement considérés pour améliorer le comportement d'une enveloppe en thermique e hiver :

### **9.6.2 Optimisation des surfaces et géométrie de l'enveloppe :**

Des critères décisifs pour l'optimisation énergétique du bâtiment sont déjà fixés au cours de la phase préliminaire de conception, à savoir surtout la volumétrie du bâtiment et la répartition des surfaces utiles.

Compacité :

La détermination de la forme d'un bâtiment joue une grande influence sur sa demande en énergie. Le volume du bâtiment est en grande partie imposé par le programme et par des considérations économiques. Une certaine latitude existe néanmoins souvent pour déterminer la surface de l'enveloppe. De grandes différences dans les surfaces d'enveloppe se répercutent immédiatement sur les déperditions thermiques : plus la surface nécessaire pour un volume donné est petite, plus la demande en énergie de chauffage du bâtiment sera réduite. Les zones de circulation non chauffées, les locaux de rangement et de stockage, les garages ne font pas partie des volumes chauffés : ils doivent donc être séparés thermiquement. Du point de vue énergétique, ce n'est pas donc pas la compacité du « volume brut » qui est déterminante mais bien le volume chauffé. Une surface de façade compacte agit aussi de façon positive sur les coûts de construction. Le souci de compacité trouve ses limites lorsqu'il entre en conflit avec les impératifs de lumière du jour et le besoin de vues sur l'extérieur. En principe, la compacité s'améliore avec l'importance du volume globale.

### **9.6.3 Zonage thermique :**

Lors de la conception en plan, le zonage thermique représente aussi une possibilité d'optimisation énergétique. Cela suppose une répartition des surfaces utiles dans des zones différenciées d'après leurs impératifs de température. Il convient alors de prendre en compte les conditions climatiques de départ de chacune des surfaces. Il est évident que les zones à fortes exigences thermiques doivent être placées au sud et que celles qui ne sont moins pas chauffées, ainsi que les pièces avec des charges thermiques internes élevées, servent d'espace tampon dans la partie nord.

### **9.6.4 Isolation thermique des parties opaques :**

Le niveau de déperditions par transmission des enveloppes opaques est en grande partie déterminé par la conductivité thermique des éléments entourant le volume chauffé. Celle-ci est liée aux propriétés spécifiques des matériaux et à la composition des éléments de construction concernés.

#### **9.6.4.1 Murs extérieurs :**

Les murs extérieurs constituent la plupart du temps la surface la plus importante de l'enveloppe ; leur proportion augmente avec la hauteur du bâtiment. La qualité thermique des



parties opaques extérieures exerce donc une grande influence sur les déperditions par transmission du bâtiment.

Des murs de 360 mm d'épaisseur peuvent atteindre des valeurs U spécifiques de 0.2 W/m<sup>2</sup>K. Dans le cas de compositions multicouches, des couches isolantes supplémentaires sont ajoutées. L'éventail des matériaux adaptés va des produits naturels, comme le liège ou le chanvre, en passant par la laine minérale jusqu'aux mousses extrudées et aux isolations par le vide.

Le bon choix d'isolant est lié au domaine d'application et aux exigences spécifiques comme la résistance à la compression, à l'humidité ou la protection au feu. Il existe en outre de nombreuses variantes constructives et spécifiques aux matériaux pour construire une façade. Pour les murs extérieurs avec des exigences thermiques élevées, on peut distinguer plusieurs typologies principales d'isolation : isolation extérieure, isolation intégrée, isolation intérieur et construction à ossature.

#### 9.6.4.2 Parties contre le sol :

Le comportement thermique des parties en contact direct avec le sol est meilleur que celui des parties en façade grâce à leurs faibles variations de température. L'isolation thermique contre le sol est souvent périmétrique. Il est donc indispensable d'employer des matériaux résistants à la corrosion, à des taux d'humidité élevés et à de fortes sollicitations de compression.

En raison de conditions de température plus favorable, des épaisseurs d'isolant plus faibles que celles prévues pour les éléments muraux placés en façade sont souvent suffisantes. Le dimensionnement doit cependant se faire en ayant conscience qu'une amélioration ultérieure de la qualité thermique n'est plus possible en général pour les parties en contact avec le sol.

#### 9.6.4.3 Ponts thermiques :

Lors de la conception de l'isolation thermique des parties d'un bâtiment, il faut penser à éviter les ponts thermiques. Ils représentent des perturbations locales de l'enveloppe thermique, au travers de laquelle passe un flux thermique plus important que dans les surfaces voisines : dalle de balcon, ancrage du mur, caisson de store, etc.

### **9.6.5 Isolation thermique des parties transparentes :**

Lors de la conception des parties transparentes, de nombreuses exigences doivent être assurées : utilisation de la lumière du jour, vues par transparence, anti-éblouissement, etc.

Dans les bâtiments bien isolés, les surfaces transparentes ont en général une moins bonne protection thermique que les parties opaques, et ce pour des raisons liées aux matériaux. La dimension et la disposition des éléments vitrés jouent une grande importance dans la déperdition par transmission. En outre, cette importance augmente avec la part du vitrage. On considère que cette proportion est élevée lorsque la part de la surface vitrée d'une façade est supérieure à 30% dans les bâtiments d'habitation et dépasse les 50% dans les autres. Par contre les vitrages exposés au soleil apportent des gains de chaleur peuvent dépasser les déperditions. Utile en saison froide, ils doivent être évités en saison chaudes par des protections solaires. L'augmentation d'hauteur de vitrage s'accompagne en principe de celle de la retombée d'air froid le long de la surface vitrée plus froide, ce qui peut créer des courants d'air. Ces derniers doivent être évités au moyen de flux thermiques générés par les installations techniques.

### 9.6.6 Utilisation passive du rayonnement solaire :

Ce que l'on appelle l'architecture solaire est jusqu'ici caractérisée par des bâtiments orientés vers le soleil avec de grandes ouvertures au sud et des surfaces en grandes parties fermées en nord, des débords de toiture qui protègent l'été de la surchauffe et qui laissent l'hiver les rayons de soleil pénétrer en profondeur à l'intérieur, sans oublier un zonage correspondant en plan. Le matériau verre joue dans ce contexte un rôle décisif. Transparent, il assure une séparation thermique tout en laissant passer la lumière de jour la vue.

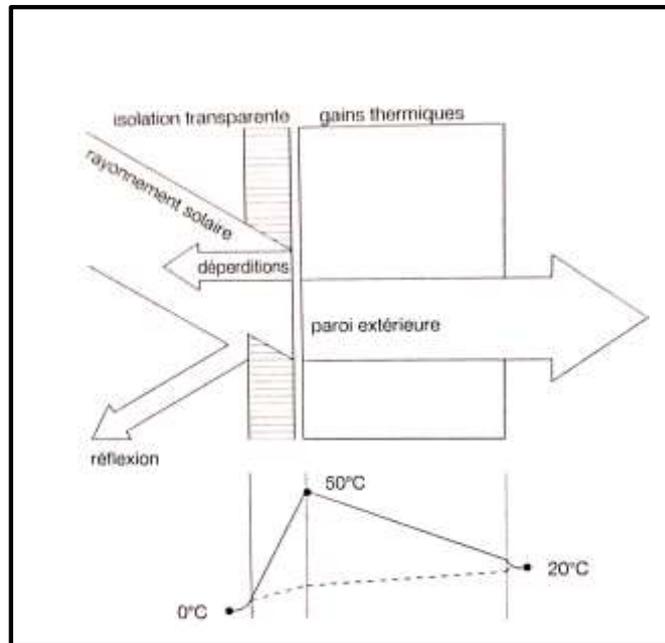


Figure 44 Fonctionnement d'une isolation transparente

### 9.6.7 Minimisation des déperditions par ventilation :

Une grande attention doit être accordée aux déperditions par ventilation pour une enveloppe de bâtiment de grande qualité. Cela s'applique surtout aux bâtiments pour lesquels des taux de renouvellement d'air importants doivent être assurés en raison de leur mode d'utilisation.

Pour minimiser ces déperditions, quatre aspects essentiels sont à prendre en compte :

- Au moment de l'exécution de l'enveloppe, une étanchéité à l'air élevée doit être assurée pour éviter un échange d'air incontrôlé.
- Dans le cas d'une simple ventilation par les fenêtres, le choix et la disposition des éléments ouvrables peuvent être rendus plus performants par le comportement adéquat des utilisateurs vis-à-vis de l'énergie.

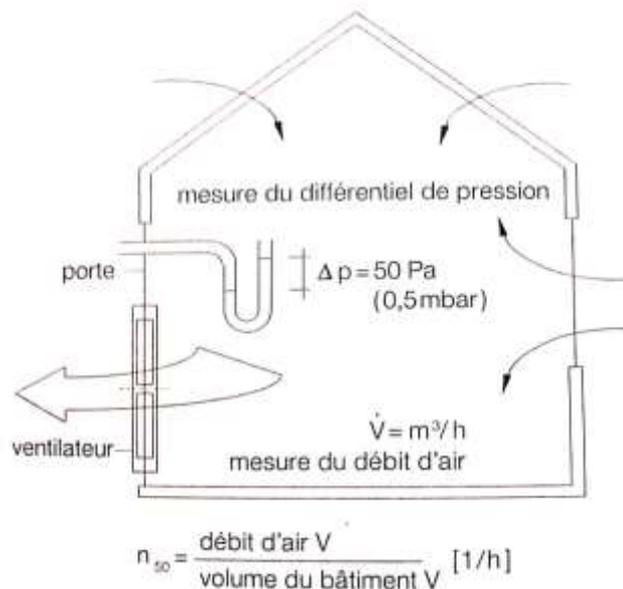


Figure 45 Fonctionnement d'un test d'étanchéité

- Dans le cas des concepts de ventilation naturelle, l'air entrant peut-être préchauffé à l'aide de différents systèmes comme les doubles façades, les atriums ou des collecteurs d'air spécifiques.
- Les échangeurs thermiques couplés à des systèmes de ventilation mécaniques peuvent contribuer à limiter jusqu'à 90% les déperditions thermique. Pour réalisation de bâtiment très efficaces, une ventilation mécanique avec récupérateur de chaleur est indispensable pour permettre une faible demande en énergie de chauffage.

## 9.7 Enveloppes de bâtiment solaires thermique actives :

Contrairement à l'utilisation passive de l'énergie thermique solaire, l'utilisation active à l'aide de capteurs est indépendante du climat intérieur. En association avec une technologie de stockage efficace, les systèmes thermiques solaires actifs peuvent exploiter l'énergie solaire tout en restant largement découplés des conditions de rayonnement du moment. Les technologies nécessaires sont à disposition aujourd'hui. Le capteur qui transforme le rayonnement solaire en énergie thermique pour produire de la chaleur occupe dans ce schéma une place centrale. Il est à la fois partie prenante de l'installation technique et un des composants de l'enveloppe du bâtiment. Son intégration technique et formelle représente un défi mais l'effet de synergie présente en même temps des avantages économiques

### 9.7.1 Façades solaires :

Aujourd'hui, les capteurs solaires thermiques sont fabriqués de façon industrielle, avec des dimensions et des caractéristiques fixes. L'activation solaire des enveloppes de bâtiment nécessite toutefois des technologies et des formats qui, jusqu'ici, ne sont proposées que par de rares fabricants. Les capteurs sont particulièrement faciles à intégrer en façade ou en toiture puisqu'ils sont plats. Les modules, mais aussi la division horizontale et verticale des surfaces de capteurs peuvent dans chaque cas être adaptés à la trame de conception d'un bâtiment. Il est possible d'intervenir sur la couleur de l'absorbeur et sur les propriétés optiques du verre de sécurité. Pour des raisons d'efficacité, les capteurs solaires thermiques plans sont presque

exclusivement recouverts d'une plaque de verre transparente. En principe, l'emploi de vitrages modifiés sur le plan optique (par exemple verre structuré, verre coloré, etc.) permet une grande liberté de formes. Les capteurs peuvent être en grande partie préfabriqués et disponibles dans des dimensions allant jusqu'à 30 m<sup>2</sup>. En cas d'intégration en façade, il faut distinguer le capteur plan, le capteur à air et le capteur solaire à tubes sous vide.

Pour les murs massifs, le capteur plan peut être utilisé comme revêtement extérieur ventilé par l'arrière.

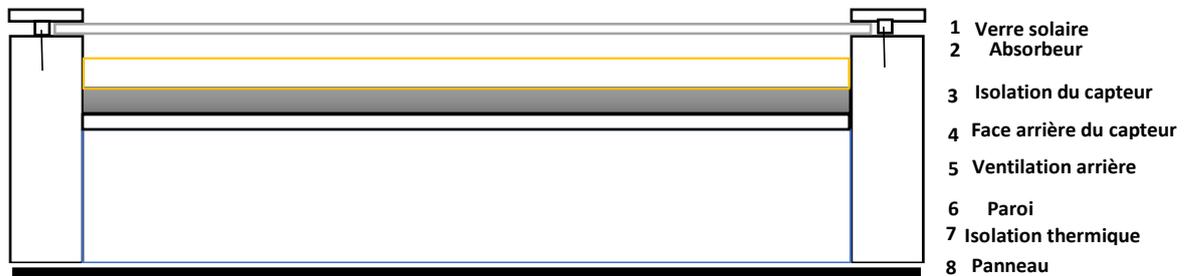


Figure 46 Exemple de composition de capteurs de façade

### 9.7.2 Eviter les surchauffes :

Comme pour la protection thermique en hiver le bâtiment doit être protégé contre les températures trop élevées durant la période chaude.

En raison du réchauffement climatique, de la relation établie entre les températures ambiantes ressenties par les occupants et la performance. Mais aussi des exigences élevées de confort. La protection thermique d'été devient de plus en plus importante. Les écarts par rapport à la température idéale sont certes généralement plus faibles en été qu'en hiver, mais l'homme peut en fait bien mieux se protéger contre des températures trop basses que contre les températures trop élevées. Du point de vue physique, la production de chaleur est en outre liée à des dépenses moins élevées et peut être assurée en recourant à un éventail de dispositifs technologiques plus large que pour le rafraîchissement. En tant que systèmes régulés sur le plan climatique, les bâtiments doivent aussi assurer en été des températures intérieures aussi agréables que possible. L'enveloppe du bâtiment est essentielle : sa construction et ses matériaux peuvent être mis en œuvre pour éviter des surchauffes, même sans recourir à de lourds systèmes techniques. Pour les bâtiments avec une proportion de vitrage inférieure à 30%, la réglementation sur les économies d'énergie exige une vérification basée sur les valeurs de rendement solaire établies de façon statique, elles ne doivent pas dépasser une certaine valeur (III B 3.66). Pour les bâtiments avec une très forte proportion de vitrage, il est recommandé d'effectuer, à l'aide d'une simulation dynamique, un contrôle détaillé du comportement thermique des locaux soumis à de fortes charges thermiques. Outre la détermination de la charge frigorifique et de la demande en énergie de refroidissement, il est aussi possible d'évaluer les courbes quotidiennes et annuelles de température.

Charges thermique :

La température ambiante est influencée par les charges thermiques actives. On distingue ici entre charges thermique internes et externes.

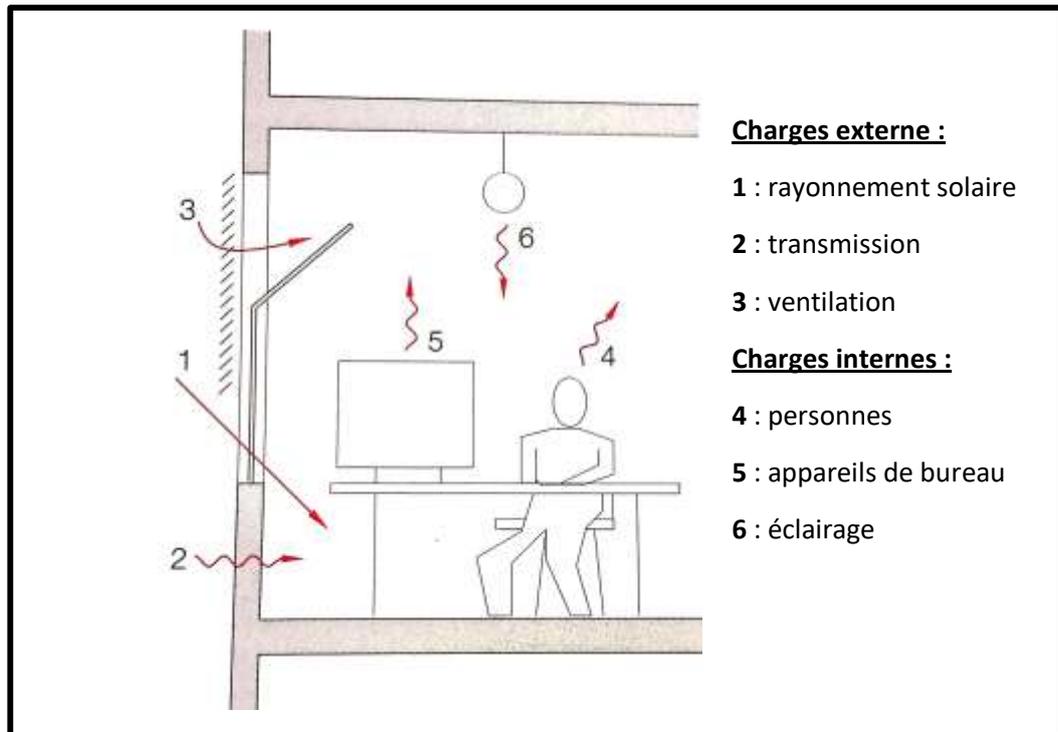


Figure 47 Charges thermiques internes et externes dans les bâtiments de bureaux

### 9.7.3 Réduction des transmissions thermique :

Diminuer les déperditions par transmission permet non seulement de diminuer la demande en énergie mais également d'améliorer le confort thermique.

Les pertes par transmission représentent en moyenne 39% de la demande en énergie dans les bâtiments résidentiels et 29% dans les bâtiments non résidentiels.

### 9.7.4 Etapes à respecter pour diminuer les pertes par transmission :

#### 9.7.4.1 Augmenter la compacité

Un facteur entrant en ligne de compte et permettant de modifier considérablement la demande en énergie est la compacité. Par exemple, passer d'une *compacité* de 1 à 1,5 signifie que pour un même volume, l'enveloppe de déperdition a été diminuée de 1/3. Les pertes de chaleur par l'enveloppe auront diminué d'autant.

#### 9.7.4.2 Isoler les parois de l'enveloppe tout en réduisant les nœuds constructifs

Nous attirons l'attention du lecteur sur le fait que la décision d'une intervention sur l'enveloppe d'un bâtiment existant doit se prendre en tenant compte des conséquences de cette intervention sur la qualité de l'air et la salubrité du bâtiment : une amélioration thermique de l'enveloppe va de pair avec une bonne étanchéité du bâtiment et ces interventions impliquent d'organiser une ventilation hygiénique permanente efficace pour chaque projet de rénovation.

### 9.7.4.3 Isolation

Augmenter l'isolation des éléments de l'enveloppe d'un bâtiment revient à diminuer les pertes par transmission et à améliorer l'étanchéité à l'air de l'enveloppe. Le caractère isolant d'une paroi dépend de l'épaisseur, de la nature des matériaux la constituant et du soin apporté à leur mise en œuvre. Il ne faut pas négliger les fenêtres qui représentent également une surface de déperdition importante.

Si l'on s'en tient à la réglementation, un coefficient de transmission thermique  $U$  est requis pour les parois délimitant le volume protégé. Mais il faut comprendre cette valeur comme l'exigence de qualité minimale à respecter.

On peut aujourd'hui aller plus loin dans l'isolation des parois sans pour autant générer de grandes modifications dans la technique de construction. On peut aussi vouloir atteindre certains labels qui donnent parfois droit à des subsides. À titre d'exemple, pour une certification "passive" une isolation des parois approchant un  $U$  de  $0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$  est recommandée.

### 9.7.4.4 Épaisseur d'isolant

L'épaisseur d'isolant ( $e_i$ ) peut être calculée par la formule :

$$1/U = R_{si} + e_1/\lambda_1 + e_i/\lambda_i + e_2/\lambda_2 + R_{se}$$

$$e_i = \lambda_i [1/U - (R_{si} + e_1/\lambda_1 + e_2/\lambda_2 + R_{se})]$$

Avec

- $\lambda_i$  : le coefficient de conductivité thermique de l'isolant ( $\text{W/mK}$ ),
- $U$  : le coefficient de transmission thermique de la paroi à atteindre ( $\text{W/m}^2\text{K}$ ),
- $R_{se}$  et  $R_{si}$  : les résistances thermiques d'échange entre le mur et les ambiances extérieure et intérieure. Ils valent respectivement  $0,04$  et  $0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$  pour une paroi verticale traversée par un flux de chaleur horizontal.
- $e_1/\lambda_1, e_2/\lambda_2$  : la résistance thermique des autres couches de matériaux ( $\text{m}^2\text{K/W}$ ).

Dans le tableau ci-dessous, vous trouverez les épaisseurs minimales d'isolant à ajouter sur la face interne ou externe du mur plein pour obtenir différents coefficients de transmission.

Hypothèses de calcul :

- Les coefficients de conductivité thermique ( $\lambda$  en  $\text{W/mK}$ ) ou les résistances thermiques ( $R_u$  en  $\text{m}^2\text{K/W}$ ) des maçonneries utilisées et des isolants sont ceux indiqués dans l'annexe VII de l'AGW du 15 mai 2014.
- La maçonnerie est considérée comme sèche et le coefficient de conductivité thermique de celle-ci correspond à celui du matériau sec. En effet, on a considéré que le mur isolé par l'intérieur ou par l'extérieur avait été protégé contre les infiltrations d'eau, comme il se doit.
- La face intérieure de la maçonnerie est recouverte d'un enduit à base de plâtre d'1 cm d'épaisseur.

### 9.7.5 Caractéristiques des murs pleins

Composition du mur plein	Masse volumique (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (W/mK) ou $R_u$ (m <sup>2</sup> K/W)	Épaisseur du mur plein (cm)	Coefficient de transmission thermique du mur plein sans isolant (W/m <sup>2</sup> K)	Épaisseur de l'isolant (en cm) à ajouter pour obtenir un coefficient de transmission thermique particulier (U)				
					U (W/m <sup>2</sup> K)	Nature de l'isolant			
						<u>MW/E</u> <u>PS</u>	<u>XP</u> <u>S</u>	<u>PUR/P</u> <u>IR</u>	<u>CG</u>
Maçonnerie de briques ordinaires	1 000 à 2 100	0.72	19	2.22	0.60	<b>5.47</b>	<b>4.86</b>	<b>4.25</b>	<b>6.69</b>
					0.40	<b>9.22</b>	<b>8.20</b>	<b>7.17</b>	<b>11.27</b>
					0.30	<b>12.97</b>	<b>11.53</b>	<b>10.09</b>	<b>15.85</b>
					0.15	<b>27.97</b>	<b>24.86</b>	<b>21.76</b>	<b>34.19</b>
			29	1.69	0.60	<b>4.84</b>	<b>4.31</b>	<b>3.77</b>	<b>5.92</b>
					0.40	<b>8.59</b>	<b>7.64</b>	<b>6.68</b>	<b>10.50</b>
					0.30	<b>12.34</b>	<b>10.97</b>	<b>9.60</b>	<b>15.09</b>
					0.15	<b>27.34</b>	<b>24.3</b>	<b>21.26</b>	<b>33.41</b>
			39	1.37	0.60	<b>4.22</b>	<b>3.75</b>	<b>3.28</b>	<b>5.16</b>
					0.40	<b>7.97</b>	<b>7.08</b>	<b>6.20</b>	<b>9.74</b>
					0.30	<b>11.72</b>	<b>10.42</b>	<b>9.12</b>	<b>14.32</b>
					0.15	<b>26.72</b>	<b>23.75</b>	<b>20.78</b>	<b>32.65</b>
Maçonnerie de moellons	2 200	1.40	29	2.54	0.60	<b>5.73</b>	<b>5.09</b>	<b>4.45</b>	<b>7.00</b>
					0.40	<b>9.48</b>	<b>8.42</b>	<b>7.37</b>	<b>11.58</b>
					0.30	<b>13.23</b>	<b>11.76</b>	<b>10.29</b>	<b>16.16</b>
					0.15	<b>28.23</b>	<b>25.09</b>	<b>21.96</b>	<b>34.5</b>
			39	2.15	0.60	<b>5.40</b>	<b>4.80</b>	<b>4.20</b>	<b>6.60</b>
					0.40	<b>9.15</b>	<b>8.14</b>	<b>7.12</b>	<b>11.19</b>
					0.30	<b>12.90</b>	<b>11.47</b>	<b>10.04</b>	<b>15.77</b>
					0.15	<b>27.91</b>	<b>24.81</b>	<b>21.71</b>	<b>34.11</b>
Blocs creux de béton lourd	> 1 200	0.11	14	3.36	0.60	<b>6.16</b>	<b>5.48</b>	<b>4.79</b>	<b>7.53</b>
					0.40	<b>9.91</b>	<b>8.81</b>	<b>7.71</b>	<b>12.12</b>
					0.30	<b>13.66</b>	<b>12.14</b>	<b>10.63</b>	<b>16.70</b>
					0.15	<b>28.66</b>	<b>25.48</b>	<b>22.29</b>	<b>35.03</b>
		0.14	19	3.06	0.60	<b>6.03</b>	<b>5.36</b>	<b>4.69</b>	<b>7.37</b>

					0.40	<b>9.78</b>	<b>8.69</b>	<b>7.60</b>	<b>11.95</b>	
					0.30	<b>13.53</b>	<b>12.02</b>	<b>10.52</b>	<b>16.53</b>	
					0.15	<b>28.53</b>	<b>25.36</b>	<b>22.19</b>	<b>34.87</b>	
		0.20	29	2.58	0.60	<b>5.76</b>	<b>5.12</b>	<b>4.48</b>	<b>7.04</b>	
					0.40	<b>9.51</b>	<b>8.45</b>	<b>7.39</b>	<b>11.62</b>	
					0.30	<b>13.26</b>	<b>11.78</b>	<b>10.31</b>	<b>16.20</b>	
					0.15	<b>28.26</b>	<b>25.12</b>	<b>21.98</b>	<b>34.53</b>	
<b>Blocs de béton mi-lourd</b>	1 200 à 1 800	0.75	14	2.67	0.60	<b>5.82</b>	<b>5.17</b>	<b>4.52</b>	<b>7.11</b>	
					0.40	<b>9.57</b>	<b>8.50</b>	<b>7.44</b>	<b>11.69</b>	
					0.30	<b>13.32</b>	<b>11.84</b>	<b>10.36</b>	<b>16.28</b>	
					0.15	<b>28.31</b>	<b>25.17</b>	<b>22.02</b>	<b>34.61</b>	
				19	2.27	0.60	<b>5.52</b>	<b>4.90</b>	<b>4.29</b>	<b>6.74</b>
			0.40			<b>9.27</b>	<b>8.24</b>	<b>7.21</b>	<b>11.33</b>	
			0.30			<b>13.02</b>	<b>11.57</b>	<b>10.12</b>	<b>15.91</b>	
			0.15			<b>28.02</b>	<b>24.90</b>	<b>21.79</b>	<b>34.24</b>	
			29	1.74	0.60	<b>4.92</b>	<b>4.37</b>	<b>3.82</b>	<b>6.01</b>	
		0.40			<b>8.67</b>	<b>7.70</b>	<b>6.74</b>	<b>10.59</b>		
		0.30			<b>12.42</b>	<b>11.04</b>	<b>9.66</b>	<b>15.18</b>		
		0.15			<b>27.41</b>	<b>24.37</b>	<b>21.32</b>	<b>33.51</b>		
<b>Blocs de béton moyen</b>	900 à 1 200	0.40	14	1.86	0.60	<b>5.08</b>	<b>4.52</b>	<b>3.95</b>	<b>6.21</b>	
					0.40	<b>8.83</b>	<b>7.85</b>	<b>6.87</b>	<b>10.80</b>	
					0.30	<b>12.58</b>	<b>11.18</b>	<b>9.79</b>	<b>15.38</b>	
					0.15	<b>27.58</b>	<b>24.52</b>	<b>21.45</b>	<b>33.71</b>	
				19	1.51	0.60	<b>4.52</b>	<b>4.02</b>	<b>3.52</b>	<b>5.52</b>
			0.40			<b>8.27</b>	<b>7.35</b>	<b>6.43</b>	<b>10.11</b>	
			0.30			<b>12.02</b>	<b>10.68</b>	<b>9.35</b>	<b>14.69</b>	
			0.15			<b>27.02</b>	<b>24.02</b>	<b>21.02</b>	<b>33.02</b>	
				29	1.10	0.60	<b>3.39</b>	<b>3.02</b>	<b>2.64</b>	<b>4.15</b>
			0.40			<b>7.14</b>	<b>6.35</b>	<b>5.56</b>	<b>8.73</b>	
			0.30			<b>10.89</b>	<b>9.68</b>	<b>8.47</b>	<b>13.32</b>	
			0.15			<b>25.91</b>	<b>23.03</b>	<b>20.15</b>	<b>31.67</b>	

<b>Blocs de béton léger</b>	600 à 900	0.30	14	1.53	0.60	<b>4.56</b>	<b>4.05</b>	<b>3.54</b>	<b>5.57</b>				
					0.40	<b>8.31</b>	<b>7.38</b>	<b>6.46</b>	<b>10.15</b>				
					0.30	<b>12.06</b>	<b>10.72</b>	<b>9.38</b>	<b>14.74</b>				
					0.15	<b>27.06</b>	<b>24.05</b>	<b>21.05</b>	<b>33.07</b>				
		19	1.22	0.60	19	1.22	0.60	<b>3.81</b>	<b>3.38</b>	<b>2.96</b>	<b>4.65</b>		
							0.40	<b>7.56</b>	<b>6.72</b>	<b>5.88</b>	<b>9.24</b>		
							0.30	<b>11.31</b>	<b>10.05</b>	<b>8.79</b>	<b>13.82</b>		
							0.15	<b>26.31</b>	<b>23.39</b>	<b>20.46</b>	<b>32.16</b>		
				29	0.87	0.60	29	0.87	0.60	<b>2.31</b>	<b>2.05</b>	<b>1.79</b>	<b>2.82</b>
									0.40	<b>6.06</b>	<b>5.38</b>	<b>4.71</b>	<b>7.40</b>
									0.30	<b>9.81</b>	<b>8.72</b>	<b>7.63</b>	<b>11.99</b>
									0.15	<b>24.83</b>	<b>22.07</b>	<b>19.31</b>	<b>30.34</b>
<b>Blocs creux de béton léger</b>	< 1 200	0.30	14	2.05	0.60	<b>5.31</b>	<b>4.72</b>	<b>4.13</b>	<b>6.49</b>				
					0.40	<b>9.06</b>	<b>8.05</b>	<b>7.04</b>	<b>11.07</b>				
					0.30	<b>12.81</b>	<b>11.38</b>	<b>9.96</b>	<b>15.65</b>				
					0.15	<b>27.8</b>	<b>24.72</b>	<b>21.63</b>	<b>33.98</b>				
		0.35	19	1.86	19	1.86	0.60	<b>5.08</b>	<b>4.52</b>	<b>3.95</b>	<b>6.21</b>		
							0.40	<b>8.83</b>	<b>7.85</b>	<b>6.87</b>	<b>10.80</b>		
							0.30	<b>12.58</b>	<b>11.18</b>	<b>9.79</b>	<b>15.38</b>		
							0.15	<b>27.58</b>	<b>24.52</b>	<b>21.45</b>	<b>33.71</b>		
		0.45	29	1.57	29	1.57	0.60	<b>4.63</b>	<b>4.12</b>	<b>3.60</b>	<b>5.66</b>		
							0.40	<b>8.38</b>	<b>7.45</b>	<b>6.52</b>	<b>10.25</b>		
							0.30	<b>12.13</b>	<b>10.78</b>	<b>9.44</b>	<b>14.83</b>		
							0.15	<b>27.13</b>	<b>24.12</b>	<b>21.10</b>	<b>33.16</b>		
<b>Blocs de béton très léger</b>	< 600	0.22	14	1.21	0.60	<b>3.79</b>	<b>3.37</b>	<b>2.95</b>	<b>4.64</b>				
					0.40	<b>7.54</b>	<b>6.71</b>	<b>5.87</b>	<b>9.22</b>				
					0.30	<b>11.29</b>	<b>10.04</b>	<b>8.78</b>	<b>13.80</b>				
					0.15	<b>26.28</b>	<b>23.36</b>	<b>20.44</b>	<b>32.12</b>				
		19	0.95	0.60	19	0.95	0.60	<b>2.77</b>	<b>2.46</b>	<b>2.16</b>	<b>3.39</b>		
							0.40	<b>6.52</b>	<b>5.80</b>	<b>5.07</b>	<b>7.97</b>		
							0.30	<b>10.27</b>	<b>9.13</b>	<b>7.99</b>	<b>12.55</b>		
							0.15	<b>25.26</b>	<b>22.46</b>	<b>19.65</b>	<b>30.88</b>		
		29	0.66	0.60	29	0.66	0.60	<b>0.73</b>	<b>0.65</b>	<b>0.56</b>	<b>0.89</b>		

					0.40	<b>4.48</b>	<b>3.98</b>	<b>3.48</b>	<b>5.47</b>		
					0.30	<b>8.23</b>	<b>7.31</b>	<b>6.40</b>	<b>10.05</b>		
					0.15	<b>23.18</b>	<b>20.61</b>	<b>18.03</b>	<b>28.33</b>		
<b>Blocs de béton cellulaire</b>	< 500	0.18	15	0.98	0.60	<b>2.91</b>	<b>2.58</b>	<b>2.26</b>	<b>3.55</b>		
					0.40	<b>6.66</b>	<b>5.92</b>	<b>5.18</b>	<b>8.14</b>		
					0.30	<b>10.41</b>	<b>9.25</b>	<b>8.09</b>	<b>12.72</b>		
					0.15	<b>25.41</b>	<b>22.59</b>	<b>19.76</b>	<b>31.05</b>		
				20	0.77	0.60	<b>1.66</b>	<b>1.47</b>	<b>1.29</b>	<b>2.03</b>	
			0.40			<b>5.41</b>	<b>4.81</b>	<b>4.21</b>	<b>6.61</b>		
			0.30			<b>9.16</b>	<b>8.14</b>	<b>7.12</b>	<b>11.19</b>		
			0.15			<b>24.16</b>	<b>21.47</b>	<b>18.79</b>	<b>29.52</b>		
				30	0.54	0.60	–	–	–	–	
			0.40			<b>2.91</b>	<b>2.58</b>	<b>2.26</b>	<b>3.55</b>		
			0.30			<b>6.66</b>	<b>5.92</b>	<b>5.18</b>	<b>8.14</b>		
			0.15			<b>21.67</b>	<b>19.26</b>	<b>16.85</b>	<b>26.48</b>		
<b>Blocs de terre cuite lourds</b>	1 600 à 2 100	0.90	14	2.92	0.60	<b>5.96</b>	<b>5.30</b>	<b>4.63</b>	<b>7.28</b>		
					0.40	<b>9.71</b>	<b>8.63</b>	<b>7.55</b>	<b>11.86</b>		
					0.30	<b>13.46</b>	<b>11.96</b>	<b>10.47</b>	<b>16.45</b>		
					0.15	<b>28.46</b>	<b>25.3</b>	<b>22.13</b>	<b>34.78</b>		
					19	2.51	0.60	<b>5.71</b>	<b>5.07</b>	<b>4.44</b>	<b>6.98</b>
							0.40	<b>9.46</b>	<b>8.41</b>	<b>7.36</b>	<b>11.56</b>
							0.30	<b>13.21</b>	<b>11.74</b>	<b>10.27</b>	<b>16.14</b>
							0.15	<b>28.21</b>	<b>25.07</b>	<b>21.94</b>	<b>34.48</b>
			29	1.96	0.60	<b>5.21</b>	<b>4.63</b>	<b>4.05</b>	<b>6.36</b>		
					0.40	<b>8.96</b>	<b>7.96</b>	<b>6.97</b>	<b>10.95</b>		
					0.30	<b>12.71</b>	<b>11.30</b>	<b>9.88</b>	<b>15.53</b>		
					0.15	<b>27.70</b>	<b>24.63</b>	<b>21.55</b>	<b>33.86</b>		
<b>Blocs de terre cuite perforés</b>	1 000 à 1 600	0.54	14	2.24	0.60	<b>5.49</b>	<b>4.88</b>	<b>4.27</b>	<b>6.71</b>		
					0.40	<b>9.24</b>	<b>8.21</b>	<b>7.19</b>	<b>11.29</b>		
					0.30	<b>12.99</b>	<b>11.55</b>	<b>10.10</b>	<b>15.88</b>		
					0.15	<b>27.99</b>	<b>24.88</b>	<b>21.77</b>	<b>34.21</b>		
					19	1.86	0.60	<b>5.07</b>	<b>4.51</b>	<b>3.95</b>	<b>6.20</b>
							0.40	<b>8.82</b>	<b>7.84</b>	<b>6.86</b>	<b>10.79</b>

					0.30	<b>12.57</b>	<b>11.18</b>	<b>9.78</b>	<b>15.37</b>			
					0.15	<b>27.58</b>	<b>24.52</b>	<b>21.45</b>	<b>33.71</b>			
			29	1.38	0.60	<b>4.24</b>	<b>3.77</b>	<b>3.30</b>	<b>5.18</b>			
					0.40	<b>7.99</b>	<b>7.10</b>	<b>6.22</b>	<b>9.77</b>			
					0.30	<b>11.74</b>	<b>10.44</b>	<b>9.13</b>	<b>14.35</b>			
					0.15	<b>26.74</b>	<b>23.77</b>	<b>20.80</b>	<b>32.68</b>			
<b>Blocs de terre cuite perforés</b>	700 à 1 000	0.27	14	1.42	0.60	<b>4.32</b>	<b>3.84</b>	<b>3.36</b>	<b>5.29</b>			
					0.40	<b>8.07</b>	<b>7.18</b>	<b>6.28</b>	<b>9.87</b>			
					0.30	<b>11.82</b>	<b>10.51</b>	<b>9.20</b>	<b>14.45</b>			
					0.15	<b>26.83</b>	<b>23.85</b>	<b>20.87</b>	<b>32.79</b>			
						19	1.12	0.60	<b>3.49</b>	<b>3.10</b>	<b>2.72</b>	<b>4.27</b>
								0.40	<b>7.24</b>	<b>6.44</b>	<b>5.63</b>	<b>8.85</b>
								0.30	<b>10.99</b>	<b>9.77</b>	<b>8.55</b>	<b>13.43</b>
								0.15	<b>25.98</b>	<b>23.10</b>	<b>20.21</b>	<b>31.76</b>
						29	0.79	0.60	<b>1.82</b>	<b>1.62</b>	<b>1.42</b>	<b>2.23</b>
								0.40	<b>5.57</b>	<b>4.95</b>	<b>4.34</b>	<b>6.81</b>
								0.30	<b>9.32</b>	<b>8.29</b>	<b>7.25</b>	<b>11.40</b>
								0.15	<b>24.30</b>	<b>21.60</b>	<b>18.90</b>	<b>29.70</b>
<b>Blocs silico-calcaire creux</b>	1 200 à 1 700	0.60	14	2.38	0.60	<b>5.61</b>	<b>4.98</b>	<b>4.36</b>	<b>6.85</b>			
					0.40	<b>9.36</b>	<b>8.32</b>	<b>7.28</b>	<b>11.44</b>			
					0.30	<b>13.11</b>	<b>11.65</b>	<b>10.19</b>	<b>16.02</b>			
					0.15	<b>28.11</b>	<b>24.99</b>	<b>21.86</b>	<b>34.36</b>			
						19	1.98	0.60	<b>5.23</b>	<b>4.65</b>	<b>4.07</b>	<b>6.40</b>
								0.40	<b>8.98</b>	<b>7.98</b>	<b>6.99</b>	<b>10.98</b>
								0.30	<b>12.73</b>	<b>11.32</b>	<b>9.90</b>	<b>15.56</b>
								0.15	<b>27.73</b>	<b>24.65</b>	<b>21.57</b>	<b>33.89</b>
						29	1.49	0.60	<b>4.48</b>	<b>3.98</b>	<b>3.49</b>	<b>5.48</b>
								0.40	<b>8.23</b>	<b>7.32</b>	<b>6.40</b>	<b>10.06</b>
								0.30	<b>11.98</b>	<b>10.65</b>	<b>9.32</b>	<b>14.65</b>
								0.15	<b>26.98</b>	<b>23.98</b>	<b>20.98</b>	<b>32.98</b>

Source : Isolation thermique des murs pleins réalisée par le CSTC à la demande de la DGTR.

### **9.7.6 Réduction du rayonnement solaire :**

Les apports thermiques dus aux façades transparentes constituent dans la plupart des cas la part la plus importante du bilan thermique d'été d'une pièce. La conception des surfaces vitrées doit par conséquent être faite avec beaucoup de précautions. Le parcours du soleil et l'intensité du rayonnement sont des aspects essentiels pour évaluer qualitativement les apports solaires thermiques. Sur la base d'une analyse des ombrages, il est possible de définir, les surfaces chargées thermiquement de l'enveloppe du bâtiment. En raison des ombrages dus au bâti environnant, la situation d'une façade peut varier d'un étage à l'autre, voire d'une pièce à l'autre. Pour une évaluation simplifiée du parcours des ombres, il suffit de considérer le rayonnement solaire des 21 décembre, 21 mars et 21 juin. Pour le calcul de la protection thermique d'été, l'intensité du rayonnement du 21 juin est décisive. Il faut à ce niveau garder à l'esprit qu'en Europe centrale, en raison du parcours du soleil, les façades est et ouest reçoivent des rayonnements bien plus forts que les façades sud, les intensités les plus importantes frappent les surfaces horizontales.

En outre, un ombrage des façades est et ouest s'accompagne la plupart du temps d'une perte non négligeable en apport lumineux, et en vue sur l'extérieur, en raison des angles d'incidence plats des rayons du soleil. L'illustration B 3.53 montre les orbites du soleil et les valeurs de rayonnement solaire de différentes surfaces d'inclinaison d'enveloppe en fonction de leur orientation.

### **9.7.7 Ventilation décentralisée :**

Bénéficier d'un air de bonne qualité dans les bâtiments nécessite son renouvellement régulier en fonction de l'utilisation et du nombre de personnes. Les modes de construction actuels permettent d'obtenir une grande étanchéité à l'air, de sorte que les fuites d'air au travers des joints et des fentes sont pratiquement écartées. Cela suppose une conception attentive des systèmes de ventilation qui peuvent être réalisés au moyen de l'enveloppe, mais aussi d'une installation technique. Sur le plan écologique, il est préférable de privilégier la ventilation naturelle, où l'air est mû par la pression du vent et l'effet de cheminée ou tirage thermique. Une ventilation électrique génère une forte demande d'énergie - entre 0,15 et 0,3 wh/m<sup>3</sup> d'air déplacé. En raison de la durée importante de fonctionnement des systèmes de ventilation, renoncer à une ventilation mécanique peut entraîner une forte diminution de la demande en énergie et des coûts d'exploitation. En outre, de nombreux systèmes de ventilation sont très gourmands en espace à cause des gaines verticales et horizontales. Si l'on peut éviter les gaines d'amenée et d'extraction d'air, des économies substantielles seront réalisées grâce à une diminution du volume construit.

### **9.7.8 Ventilation naturelle :**

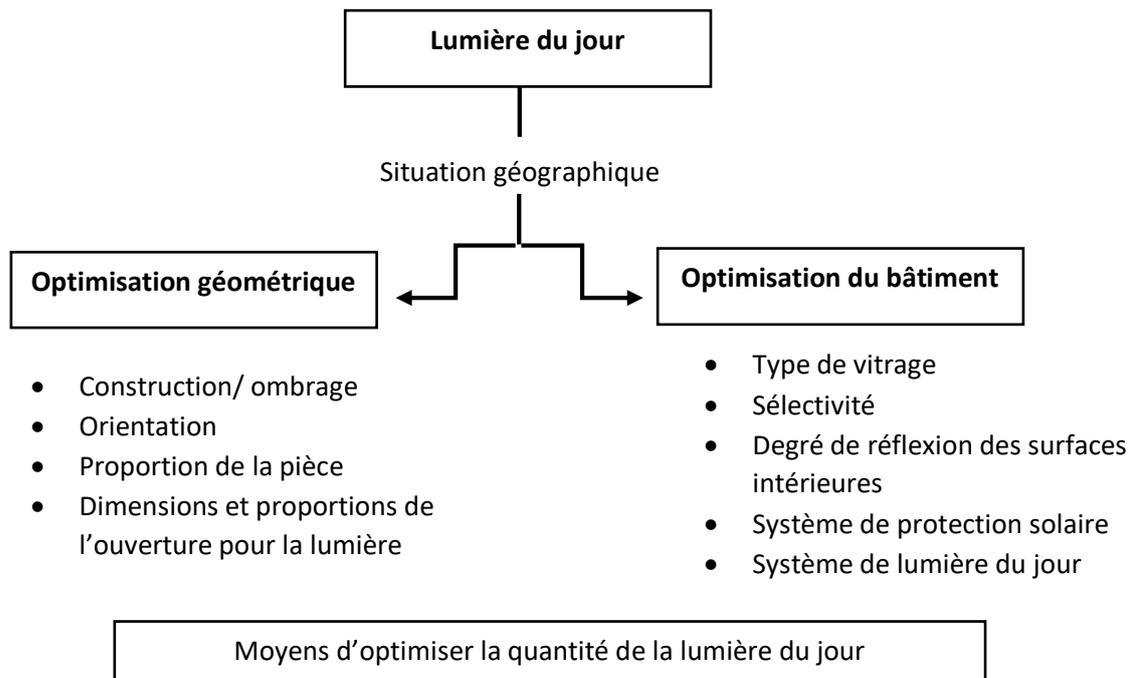
La conception de systèmes de ventilation naturelle ne peut faire l'économie d'une analyse précise des exigences climatiques et d'utilisation. Un mouvement d'air naturel résulte toujours d'un différentiel de pression dû à des différences de température. Au niveau microclimatique, cette énergie est disponible sous forme de vent, il s'agit de tirage thermique au niveau microclimatique. Par un renouvellement direct de l'air, une ventilation naturelle peut en principe se faire par l'enveloppe (ventilation libre) ou par des systèmes spécifiques qui créent un mouvement d'air naturel au moyen de différences de pression concentrées thermiquement ou induites par le vent.

- Ventilation par les fenêtres : par l'ouverture d'une fenêtre, l'utilisation peut lui-même, et selon les besoins, renouveler l'air.
- Ventilation naturelle utilisant la force du vent : Les forces exercées par le vent sur les bâtiments sont dues aux conditions de circulation d'air influencées essentiellement par les données climatiques, la topographie et le contexte bâti elles doivent faire l'objet d'une analyse individuelle Le vent entraîne toujours sur les bâtiments des forces de pression et de dépression L'intensité et la répartition de ces forces sont déterminées par la hauteur et la volumétrie du bâtiment. Dans le cas de bâtiments élevés comprenant une façade double avec des ouvrants correspondants, les forces du vent peuvent être exploitées pour permettre une ventilation naturelle de la façade intérieure Des éléments de construction adaptés peuvent créer une dépression grâce au mouvement du vent L'intégration du volume spatial permet ainsi une extraction naturelle d'air de grands volumes (par exemple des halles d'expositions. Des atriums, etc.). La reprise des forces de succion dans une gaine d'extraction prévue à cet effet permet à l'air d'être extrait dans plusieurs locaux contigus L'utilisation de ces principes suppose une conception soignée des extractions d'air Pour équilibrer les variations de température et de vent, des gaines d'extraction peuvent être assistées par une ventilation mécanique pour assurer un fonctionnement permanent
- Ventilation naturelle thermique : En plus des mouvements du vent, l'effet de tirage thermique peut servir d'énergie d'entraînement pour l'extraction d'air La force de cet effet dépend du différentiel de température et de la hauteur du bâtiment. Le concept de ventilation par tirage thermique est particulièrement adapté pour les bâtiments élevés. La transposition constructive peut se faire selon trois principes de base :
  - Dans le cas de bâtiments à doubles façades, le tirage thermique induit par la température élevée de l'air dans l'espace intermédiaire peut être intégré dans le concept de ventilation. La façade double peut par exemple servir en été de façade d'extraction pour l'espace intérieur.
  - Sur le même principe, les atriums vitrés peuvent être utilisés pour amener de l'air extérieur.
  - En outre, le tirage thermique peut être exploité, de façon alternative ou complémentaire, comme énergie d'entraînement pour une extraction par des gaines. Par intégration en toiture ou en façade, ce système appelé aussi « cheminée solaire » exerce un rôle esthétique majeur grâce à ses surfaces sombres d'absorption.

### 9.7.9 Utiliser la lumière du jour :

La lumière du jour joue un rôle central pour le confort intérieur La lumière naturelle stimule le système circulatoire de l'homme et commande de nombreuses fonctions corporelles. Il est essentiel pour la perception visuelle et influence notablement la performance au poste de travail. L'utilisation de la lumière du jour suppose des surfaces transparentes ou translucides. Hélas, cela s'accompagne toujours dans la pièce d'un apport thermique solaire indésirable en été. Si la lumière du jour permet cependant une réduction de la demande en lumière artificielle, elle diminue aussi, en plus de la demande en électricité nécessaire à l'éclairage, les apports thermiques internes, étant donné que la lumière artificielle produit plus de chaleur que la lumière du jour à performance égale Dans la mesure où les surfaces vitrées ont, en principe, une conductivité thermique plus élevée que les parois opaques, une proportion importante de vitrage affaiblit la protection thermique d'hiver des enveloppes de bâtiments. La recherche de la lumière du jour doit par conséquent toujours s'accorder étroitement avec la protection thermique d'hiver et d'été. Il convient surtout de comparer l'énergie nécessaire à l'évacuation

des charges thermiques liées à l'apport excessif en lumière du jour et les économies d'énergie faites grâce à une diminution de la durée de fonctionnement de la lumière artificielle.



### 9.7.10 Produire de l'électricité :

La technologie photovoltaïque permet de produire de l'électricité grâce à l'enveloppe du bâtiment sans usure mécanique, émissions aériennes ou nuisances sonores. Après le solaire thermique, ces systèmes représentent la seconde possibilité d'utilisation active du rayonnement solaire. Tandis que systèmes solaires thermiques étaient dès l'origine étroitement liés à la conception du bâtiment, le photovoltaïque s'est d'abord développé dans le secteur des technologies de l'énergie. C'est seulement au début des années 1980 qu'une intégration des éléments photovoltaïques dans l'enveloppe du bâtiment a été envisagée. Devenus des produits industriels aboutis, les modules photovoltaïques sont disponibles selon un large éventail. En plus de la production d'énergie, ces modules assurent aussi des fonctions complémentaires et exploitent ainsi de nombreux effets de synergie : les éléments photovoltaïques peuvent servir de protection contre les intempéries de protection solaire ou visuelle, ou encore assurer le rôle d'enveloppe thermique en tant que module de vitrage isolant. Ils peuvent également avoir une fonction esthétique.



# **Le sixième chapitre**

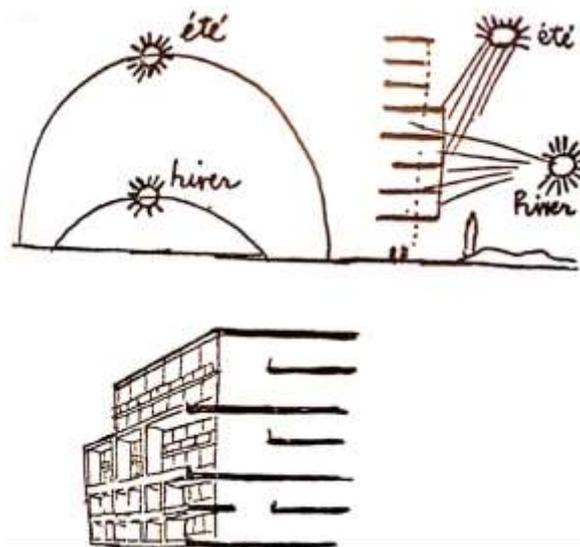
**Les matériaux**

Le monde bâti est un monde matériel. Il immobilise une grande part des ressources renouvelable ou non qui sont extraites de la terre pour le bien de l'homme. Pour les modes de construction courants, un mètre cube d'espace bâti représente environ 650kg de matériau et un ouvrage léger environ 450kg. On ne s'étonnera donc pas que le secteur du bâtiment est celui qui consomme à l'échelle mondiale la plus grande part des ressources.

Le choix des matériaux est déterminé par plusieurs considérations. Certaines sont objectives, comme les propriétés physiques ou chimiques, les dimensions ou le coût et elles occupent une part importante dans la décision. La perception du matériau s'effectue pourtant souvent de façon individuelle et subjective, par le contact et l'aspect de sa surface. L'homme et son besoin de bien-être se trouvent ici au centre des considérations.

Pour garantir un usage sûr et durable, les propriétés exigées d'un matériau de construction résultent d'exigences relatives à la sécurité incendie, à l'acoustique, à la protection contre l'humidité, à la chaleur et le froid, et de résistance statique pour les éléments porteurs. Un matériau peut rarement remplir à lui seul la totalité des exigences imposées à un élément de construction ; d'où le recours à des constructions multicouches dont chaque couche remplit une fonction particulière.

Au cours de la durée de vie du matériau, d'autres exigences peuvent venir s'ajouter qui ne sont pas encore prévues lors de la conception. On sait maintenant que le choix des matériaux peut définir des conditions de santé pour l'utilisateur, avoir de l'influence sur la demande en énergie et sur l'environnement, mais aussi favoriser ou rendre difficile une utilisation postérieure. Pour de nombreuses utilisations, l'objectif consiste à laisser ouvertes des variantes pour le cycle de vie d'un bâtiment et à ne pas inutilement compromettre des options. Nombre d'architectes de renom ont pris position en ce sens. L'architecte d'Alvar Aalto, Carlo Scarpa ou Peter Zumthor, entre autres est fortement marquée par leur approche du matériau.



## 10.1 Matériau et énergie

Des considérations sur l'énergie et le caractère durable se superposent au moment de la sélection des matériaux. Une analyse du processus énergétique ne signifie donc pas une approche partielle ; elle se trouve en fait toujours impliquée dans une approche globale de la durabilité. Par des processus physiques, le matériau et sa mise en œuvre déterminent de façon décisive les performances énergétique d'un bâtiment. D'une manière générale, trois principes s'imposent ici :

-Les matériaux isolants réduisant le flux thermique. Ils permettant ainsi une réduction notable de la consommation d'énergie globale du bâtiment. La consommation d'énergie s'accompagne souvent de conséquences écologiques comme les rejets de  $\text{CO}_2$ , les pluies acides, le potentiel d'altération de la couche d'ozone ou le smog d'été. Une consommation réduite limite ces effets sur l'environnement. D'autres matériaux régulent le flux thermique, transmettent ou stockent de la chaleur.

-la fabrication, la maintenance ou l'exploitation d'un matériau consomme de l'énergie qui peut être qualifiée d'« énergie grise » et qui est mesurée sous forme de contenu énergétique primaire. La fabrication entraîne notamment une multitude d'effets irréversibles pour l'environnement. Un usage rationnel des matériaux ou la création de cycles de matériaux permet de les diminuer.

-enfin, les matériaux peuvent, au cours de leur utilisation et notamment par entretien, déclencher des processus énergétiques secondaires, sources à leur tour de conséquences considérables sur mes plans énergétique, écologique et économique au cours de leur durée de vie.

Une prise en compte globale des effets de la mise en œuvre d'un matériau sur l'énergie, l'environnement et la durabilité s'avère par conséquent nécessaire. L'analyse du cycle de vie des matériaux en passant par leur recyclage, créant ainsi les conditions d'une sélection responsable de celui-ci.

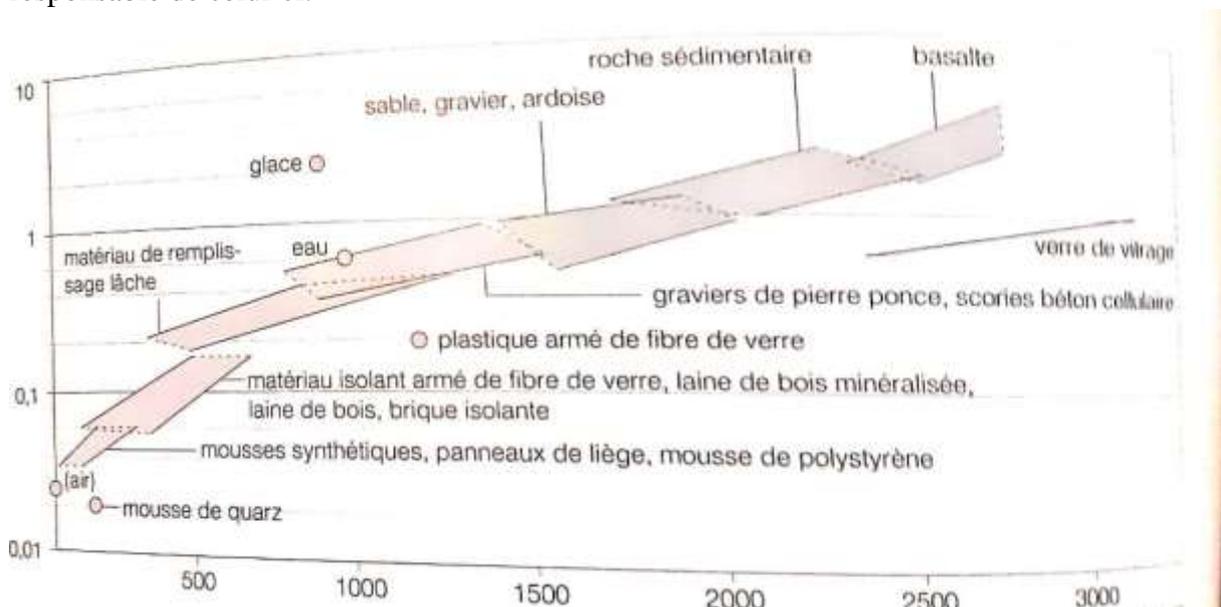


Figure 48 Flux thermique et matériaux isolants

## 10.2 Flux thermique et matériaux isolants :

La réduction de la demande en énergie d'un bâtiment est centrale pour la protection thermique. Plus celle-ci est efficace, plus les déperditions énergétiques seront limitées et plus le confort thermique sera amélioré. Outre la réduction des déperditions par transmission en hiver, la protection thermique par le matériau joue d'autres rôles :

- Protection thermique d'été.
- Protection de la construction contre l'humidité de condensation et le gel.
- Protection acoustique.

### 10.2.1 Conductivité thermique :

La conductivité thermique occupe une place centrale dans l'optimisation énergétique des matériaux. Comme l'eau coule de haut en bas, la chaleur passe naturellement de zones chaudes aux zones froides, en utilisant essentiellement quatre mode de transport :

- La conduction, qui est transmission de proche en proche de l'agitation moléculaire par interaction directe entre les molécules.
- La convection naturelle, transport de chaleur par transfert de fluide (air, eau) chaud vers une zone froide ou vice versa, le fluide étant mis en mouvement par sa dilatation thermique.
- Le rayonnement : les molécules et atomes agités émettent des ondes électromagnétique (infrarouge ou visible) qui se propagent l'air et chauffent la matière qui absorbe ces ondes.
- L'évaporation –condensation dans les matériaux humides : il faut beaucoup de chaleur pour évaporer de l'eau et cette chaleur, prise à l'endroit de l'évaporation, est restituée à la surface sur laquelle la vapeur se condense.

### 10.2.2 Transmission :

La transmission d'un matériau dépend de sa masse et de sa structure interne. L'illustration indique la conductivité thermique de matériaux en fonction de leur masse volumique : plus de masse volumique d'un matériau de construction est faible, plus de conductivité le sera aussi. Ceci résulte de la forte proportion d'air dans le matériau. Les matériaux légers avec de nombreux pores comme le liège sont ainsi utilisées comme matériaux isolants. Avec une conductivité thermique de 0,024 W/mk, l'air est un des meilleurs isolants connus. En fait, l'air n'agit comme isolant que lorsque la convection est limitée.

Ceci peut être assuré par la formation de petites cavités comme dans les mousses. Les gaz rares ont une conductivité encore plus faible que l'air. L'argon (0.016 W/Mk) est par exemples couramment employé dans l'espace intercalaire des vitrages isolants.

### 10.2.3 Evapo-condensation :

L'humidité dans un élément de construction augmente au contraire fortement la transmission à cause de l'évapo-condensation. Elle pénètre habituellement dans l'isolant par l'air, sous forme de vapeur d'eau, et peut s'y condenser en raison de la différence de température. D'où une diminution de l'effet isolant suivie par la formation de champignons, de corrosion, de décomposition de l'isolant ou de désordres liés au gel les isolants doivent par conséquent être secs et protégés de l'humidité.

#### **10.2.4 Convection :**

Si la place est suffisante, l'air peut transférer par convection naturelle de la chaleur des surfaces chaudes vers les surfaces froides avec lesquelles il est en contact. La capacité isolante d'une couche d'air n'est pas linéaire, elle atteint son maximum pour environ 60mm. Des couches plus épaisses et plus épaisses et plus fines ont une action isolante plus faible. Pour réduire la convection, on empêche l'air de bouger en l'enfermant dans des bulles ou en gênant le mouvement par des fibres. D'autres part, aucune convection n'a lieu dans le vide. Les panneaux d'isolation sous vide utilisent cette propriété avec leur enveloppe en film composite étanche aux gaz entourant un noyau résistant à la pression et composé de fibres, ou de mousses à pores ouverts. L'enveloppe doit être très étanche. Malgré cette mesure préventive, la pression du gaz à l'intérieur du PIV augmente régulièrement de transmission thermique augmente ainsi petit à petit.

Selon les standards actuels- utilisation d'aluminium ou de films plastique multicouches avec vaporisation métallique- on estime la durée de vie des PIV entre 30 et 50 ans. Le risque de perforation pendant le chantier ou l'exploitation est toutefois trop grand pour pouvoir envisager leur utilisation dans le bâtiment ailleurs que dans des éléments préfabriqués.

#### **10.2.5 Rayonnement thermique**

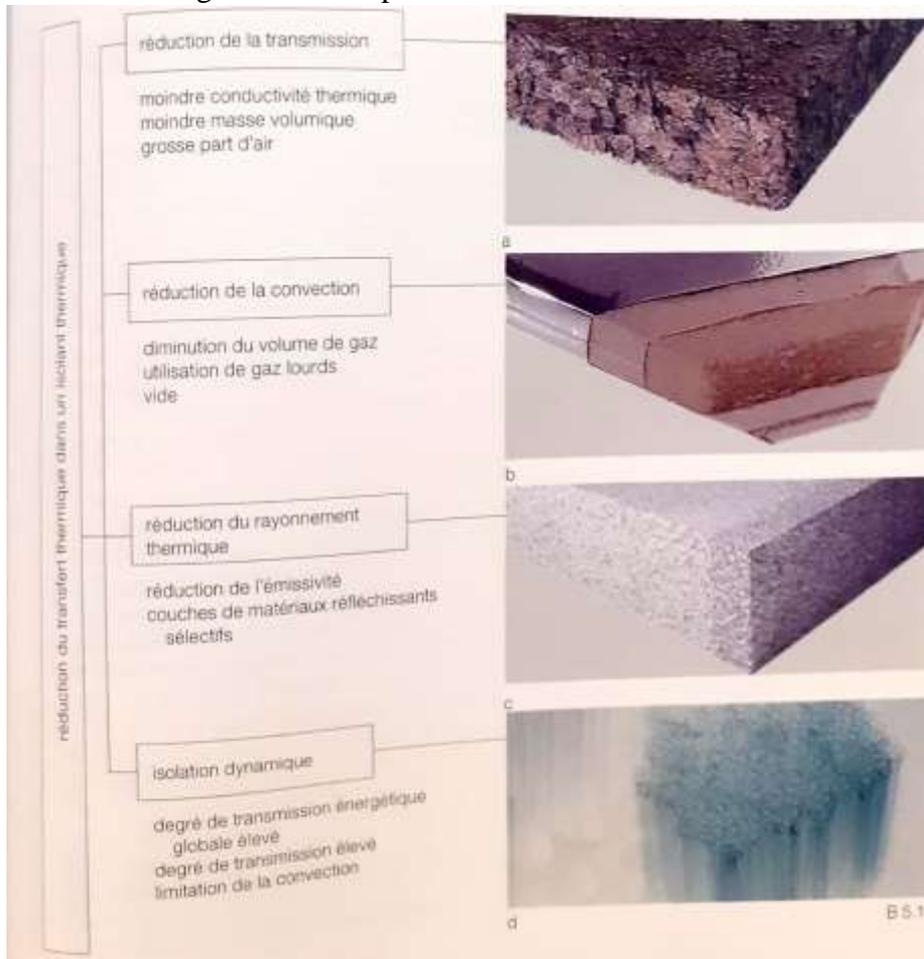
Pour réduire l'émission de chaleur par rayonnement, des couches réfléchissantes sont appliquées sur les matériaux- souvent des fines couches métalliques vaporisées sont invisibles. L'action s'exerce alors indépendamment de la part visible du rayonnement et s'applique particulièrement aux parties transparentes. Issue de l'industrie du verre, cette technique a permis dans ce secteur d'améliorer d'environ 25% la valeur U. étant donné qu'elle fonctionne indépendamment du matériau porteur, cette technologie s'est également étendue à la production d'isolants standard, sous forme notamment d'un polystyrène expansé modifié (EPS), dont la conductivité de 0.032 W/mk est meilleure que celle d'un EPS courant.

#### **10.2.6 Système de gains solaires**

La conductivité peut atteindre des coefficients très bas grâce à ces trois possibilités de réduction décrites plus haut. Si l'on considère aussi le rayonnement solaire, les parties transparentes, peuvent même générer des gains temporaires. L'optimisation des gains solaires nécessite des matériaux transparents présentant un coefficient global de transmission d'énergie g (%) élevé, que l'on trouve notamment dans les verres spéciaux ou les isolations transparentes. Les valeurs g des plastiques et du verre flotté (floatglas) courant sont largement équivalentes. Les tubes capillaires horizontaux ou les structures en nid d'abeille laissent passer la quasi-totalité du rayonnement solaire à travers le matériau isolant. La structure des plaques ou la forme de la section limitent aussi la convection (III B5.10 d). Les constructions faites à partir de plaques alvéolaires ou de structures en nid d'abeille ont des performances semblables. Les murs trombe-murs massifs à inertie placés derrière des surfaces transparentes- suivent aussi ce principe. Leur construction est économique mais leurs rendements sont plus faibles.

Selon leur principe de fonctionnement, les systèmes de chauffages passifs sont regroupés en deux catégories :

- Systèmes de gains directs : les fenêtres et éléments d'isolation transparente intégrés dans la façade laissent pénétrer la lumière du jour dans la pièce, répartissent l'énergie dans l'épice et y chauffent les masses présentes.
- Systèmes de murs massifs : ils associent le système de gains directs à une masse placée à l'arrière. Souvent de couleur sombre pour augmenter le rendement, cette surface absorbe l'énergie incidente et la restitue dans la pièce sous forme de chaleur avec un décalage dans le temps.



### 10.2.7 Vitrage :

La présence de surfaces perméables à la lumière permet de satisfaire plusieurs objectifs : l'utilisation de la lumière du jour, l'apport d'énergie dans le bâtiment et les contacts avec l'extérieur. Ces surfaces peuvent être transparentes ou translucides.

L'industrie du verre a considérablement amélioré ses produits au cours des dernières décennies. Depuis les années 1970, les valeurs U des verres isolants disponibles ont été divisées par un facteur 10. Si l'on considère les gains solaires des surfaces vitrées et leur mise en œuvre soignée de l'énergie, les verres isolants présentent des performances thermiques équivalentes, voire supérieures, à celles des isolants standard. Ce que l'on appelle l'effet de serre agit de la façon suivante : le rayonnement solaire pénètre dans la pièce et frappe une surface où il est transformé en chaleur. Tout corps chaud émet un rayonnement thermique à longues ondes. Le verre est opaque à ce rayonnement qui sert donc à l'intérieur. Le bilan de rayonnement occupant une part plus importante au final, on assiste à un réchauffement. Dans le cas d'une orientation favorable, le gain énergétique dû à cet effet peut même dépasser les

dépense par transmission de la surface vitrée il devient alors un système passif de gain d'énergie pour le bâtiment.

La quantité de lumière du jour dans le bâtiment est essentielle pour l'emploi des qualités du verre. L'augmentation de la part de lumière du jour dans une pièce entraîne une diminution de la demande en énergie pour l'éclairage électrique et permet de réaliser des économies d'énergie significatives. Mais l'apport énergétique du aux parties transparentes n'est pas toujours souhaité. Le renforcement de la protection thermique doit s'accompagner surtout dans les bâtiments aux charges internes importantes d'une réduction du rayonnement solaire, ou du moins d'une amélioration des possibilités de régulation et de pilotage les protections solaires et anti-éblouissement peuvent être réglées par le matériaux même ou par des éléments extérieurs.

Ce sont toujours ces quatre processus, dans des proportions variables, qui transportent la chaleur. On peut réduire chacun de ces processus. On peut dire d'une manière générale que plus de conductivité thermique d'un matériau est faible, plus la perte d'énergie d'un élément de construction est faible. En Europe les fabricants de matériaux isolants d éclairants et garantissent la conductivité thermique de leurs produits Selon EN ISO 10456(1)

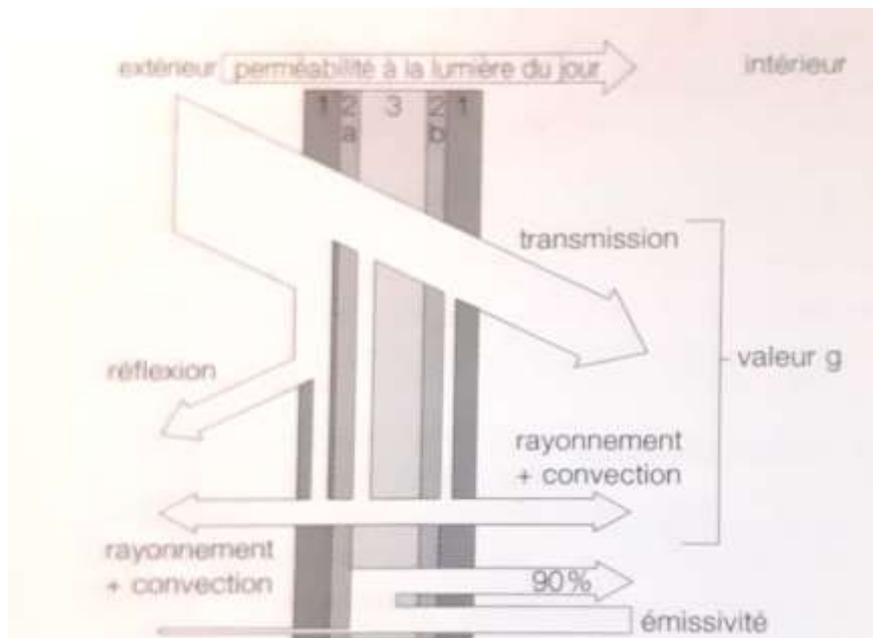


Figure 49 transmission de vitrage

### 10.2.8 Verres à orientation de lumière

Les effets d'éblouissement sont stoppés par des diffuseurs. Simples dispositifs, les verres sablés augmentent le rayonnement diffus de la lumière dans la pièce. Les structures à chambres, que l'on retrouve dans l'isolation transparente, produisent un effet comparable. Une orientation ciblée de la lumière peut également améliorer l'éclairage d'une pièce. Les plaques prismatiques en acrylique placées dans l'espace intercalaire utilisent la capacité propre au matériau à dévier les rayons lumineux. Le rayonnement direct est réfléchi vers l'extérieur ou au plafond en fonction de son angle d'incidence ; le rayonnement diffus peut néanmoins passer en partie. Des découpes de petite taille dans le verre permettent de cumuler un meilleur contact visuel avec l'extérieur et une protection réduite contre l'éblouissement. Disponibles sur



le marché sous forme d'éléments découpés au laser (Laser Cut Panels, LCP), ils doivent être fabriqués en fonction du lieu de mise en œuvre et de l'angle de rayonnement.

Les lentilles optiques orientent elles de façon ciblée la lumière vers le fond de la pièce. Comme elles sont chères et mobiles, elles supposent une maintenance. Il est possible de les remplacer par des éléments optiques holographiques qui, en plus d'orienter la lumière, peuvent aussi servir de protection solaire ou pour la concentration de la lumière sur des modules photovoltaïques.

### **10.2.9 Verres de protection solaire :**

Afin de réduire l'apport en énergie par les sur faces vitrées, des verres de protection solaire existent en plus des systèmes de protection solaire.

Plus simplement, il est possible de recourir à l'émaillage ou à l'impression des surfaces vitrées pour diminuer l'apport énergétique. Les revêtements réfléchissants du verre extérieur peuvent également contribuer à la protection solaire d'un bâtiment, cela toutefois au détriment de la transparence du vitrage. Les revêtements sélectifs comme ceux à basse émissivité (L<sub>0</sub> E) qui agissent vers l'extérieur permettent la limitation de l'apport énergétique sans perte de transparence. Comme l'indique l'illustration, il importe néanmoins de contrôler le rendu des couleurs des verres si l'on opte pour des revêtements de protection solaire.

### **10.2.10 Vitrages adaptatifs**

Les verres adaptatifs ouvrent de nouveaux domaines d'application. Les principaux produits sont les suivants :

- Verres électro chromes,
- Verres à cristaux liquides,
- Verres gasochromes,
- Verres photochromes ou thermo chromes.

Recouverts de revêtements, ces vitrages réagissent d'une façon autonome ou par une commande aux influences climatiques et pas sent d'un état perméable à la lumière et aux rayonnements à un état diffusant la lumière, assombrissant ou réfléchissant. Les couches électro chromes sont constituées d'un film polymère d'environ 1 mm d'épaisseur qui régule la transmission globale d'énergie du verre par le passage d'une tension électrique. Le verre passe alors d'un état transparent à une couleur bleu foncé. Cette couche permet de réduire jusqu'à 20% l'apport énergétique. Les verres électro chromes conviennent donc pour réaliser des protections solaires par teilles ou contre l'éblouissement.

### **10.2.11 Capacité de sorption**

En fonction du matériau, ce n'est pas seulement le flux thermique qui peut être influencé, mais aussi la teneur en humidité qui est régulée. Comme l'humidité de l'air joue sur la température ambiante ressentie par l'homme - celle-ci s'élève d'environ 0,3°C dans la plage de confort à chaque augmentation de 10% de l'humidité de l'air -, la sorption exerce aussi un rôle énergétique. Son utilisation sert toutefois essentiellement à l'amélioration du confort. Chaque matériau de construction dispose de sa propre teneur en humidité à l'équilibre qui, en fonction de la température et de l'humidité de l'air, est généralement représentée sous forme de courbes isothermes de sorption. La sorption de la vapeur d'eau contenue dans l'air est essentielle pour



un matériau de construction lorsque celui-ci présente une grande surface intérieure, c'est-à-dire une forte proportion de pores très petits.

Dans l'argile, le bois ou le plâtre, le processus d'adsorption peut aisément déboucher sur des processus de capillarité qui activent aussi, pour la sorption, des couches de matériau de construction plus profondes. Le choix de matériaux absorbants devrait se faire en tenant compte de facteurs climatiques (variations typiques par exemple) et des conditions d'utilisation - apport soudain et massif d'humidité lié par exemple à la présence de nombreuses personnes. Ainsi pour un passage

De l'humidité relative de l'air de 50 à 80%, une couche d'enduit de finition de 2mm n'attient sa teneur en humidité à l'équilibre qu'au bout d'environ 2 heures tandis qu'une couche de 15mm peut au contraire exercer un effet régulant durant 12 heures.

### **10.3 Energie liée**

La matière est indispensable pour éviter que le fonctionnement d'un bâtiment n'entraîne une trop forte consommation d'énergie ou pour réguler le flux de chaleur. Elle est transformée en matériau ou en élément de construction grâce à un apport énergétique. La fabrication des matériaux de construction et la construction sont responsables d'une part importante de la demande globale en énergie d'un bâtiment (voir Stratégies, p. 187, B 6.29). Même si le secteur du bâtiment produit en règle générale des produits à longue durée de vie, il reste tout de même, et de loin, le principal consommateur de ressources. C'est en ce sens que se pose la question du bon choix des matériaux sous l'angle de la consommation d'énergie et des effets sur l'environnement. Ce qui devrait aller de pair avec une diminution notable des quantités de matériaux et donc des flux de masse destinés à la construction.

### **10.4 Energie grise :**

L'énergie dépensée pour la fabrication - et donc liée au matériau - est aussi appelée énergie grise. Elle définit la quantité d'énergie nécessaire à la fabrication, au transport, au stockage et à l'élimination d'un produit. En général, l'énergie grise liée au bâtiment existant, est approximativement 20 fois supérieure à l'apport en énergie annuel nécessaire pour le fonctionnement des bâtiments. L'amélioration constante de l'enveloppe du bâtiment et de ses installations techniques ne fait que faiblement augmenter l'énergie grise contenue dans le matériau. Sa part dans la consommation globale d'énergie, rapportée à la durée de vie totale du bâtiment, augmente toutefois fortement. Dans le cas d'une maison passive, jusqu'à 50% de la totalité de la consommation d'énergie est contenue dans les matériaux (ill. B6.29). L'augmentation de l'efficacité du fonctionnement d'un bâtiment doit par conséquent toujours suivre celle de la mise en œuvre des matériaux.

### **10.5 Contenu en énergie primaire des éléments de construction**

Les produits de construction sont toujours engagés dans une relation fonctionnelle. Ils sont assemblés et souvent avec un adhésif. Ainsi se forment des couches fonctionnelles qui permettent une comparaison réciproque. Un revêtement de façade ne peut par exemple pas être évalué sans prendre en compte sa fixation ou les nécessaires ossatures secondaires. Contrairement à une considération liée au matériau de construction, une analyse fonctionnelle par mètre carré ne permet d'identifier plus que des différences pouvant atteindre un facteur 100. On divise d'une manière générale les couches fonctionnelles en deux groupes : les parties non visibles qui, en raison d'exigences spécifiques, doivent être prévues au sein du bâtiment,



et les parties visibles qui, en plus de satisfaire à des exigences fonctionnelles, déterminent également l'esthétique et la valeur perçue de l'ouvrage. Les couches fonctionnelles non visibles doivent être optimisées en comparant leurs contenus en énergie primaire. Dans le domaine de l'aménagement.

On distingue :

- Isolations,
- Murs massifs,
- Chapes,
- Étanchéités de toiture.
- Étanchéités.

Les parties visibles comme les façades présentent aussi des potentiels. Il s'agit des parties suivantes :

- Revêtements de murs extérieurs
- Parties transparentes
- Couvertures
- Revêtements de sol
- Revêtements muraux et de plafond
- Enduits
- Revêtements

La réduction de la quantité de matériaux offre des potentiels d'optimisation énergétique sans porter atteinte à l'aspect esthétique. En ce qui concerne le montage ou la fixation, ce sont surtout les composants fonctionnels des couches, comme les produits de fixation, qui offrent les plus grandes possibilités d'optimisation. Cela se manifeste dans les revêtements de sol pour lesquels renoncer par exemple à un collage sur le support permet des économies énergétique importantes.

## **10.6 Groupe de composants de construction :**

Les différents groupes de composants d'un bâtiment contiennent plus ou moins d'énergie primaire. Pour la quasi-totalité des bâtiments, c'est la structure porteuse qui présente le plus fort contenu en énergie primaire. Suivent ensuite les grands groupes de composants que sont les façades et l'aménagement intérieur. Cette affirmation garde son évidence dans le forum chriesbach : le gros œuvre représente 56% de l'énergie grise, la réalisation de la façade 14% et l'aménagement intérieur 20%. L'optimisation de la construction agit positivement sur la réduction de l'énergie grise.

Les modes de construction durables et légers sont en principe préférables à ceux qui sont massifs. Chaque kilogramme supplémentaire de matériau de construction utilisé augmente la demande en ressources et donc la pollution de l'environnement et la consommation d'énergie.

## **10.7 Contenu en énergie primaire dans le cycle de vie :**

La proportion de la dépense d'énergie des éléments de construction évolue au cours du cycle de vie car ils demeurent plus ou moins longtemps dans le bâtiment, et ont donc des durées de vie différentes. Au cours de la phase d'utilisation, les processus de remplacement font régulièrement augmenter les dépenses énergétiques. L'illustration indique à titre d'exemple la



dépense en énergie primaire nécessaire à la construction d'un plancher. Une fois réalisée, la construction monopolise 37% de l'énergie grise contre 40% pour le revêtement de sol. Si l'on considère maintenant la construction sur une période définie de 100 ans - soit la durée de vie normale d'un bâtiment -, on constate que le revêtement de sol doit être remplacé plusieurs fois au cours de cette période, à la différence de la structure porteuse. Les dépenses de revêtements de sol cumulées sur 100 ans dépassent de loin celles de l'installation d'origine. Sur l'ensemble du cycle de vie, le revêtement de sol représente environ 80% de la totalité de l'énergie grise dépensée. Plus le remplacement d'un élément de construction est fréquent, plus sa part dans la consommation en énergie grise globale du bâtiment sera importante. C'est une base de réflexion pour une diminution des dépenses en énergie grise au cours du cycle de vie. Parallèlement aux propriétés des matériaux,

le type et l'évolution du cycle de vie jouent un rôle central dans l'optimisation du choix des matériaux. L'objectif consiste à accorder le choix des matériaux et la configuration constructive avec la durée de vie probable, le mode d'utilisation et les processus d'utilisation attendus. Les processus d'optimisation énergétique s'accompagnent dans la plupart des cas d'économies financières.

## **10.8 Durabilité :**

La durabilité décrit la période au cours de laquelle un matériau de construction peut continuer à assurer la fonction qui lui est attribuée. L'évaluation de la durabilité consiste à comparer entre elles les périodes que traversent les éléments de construction sans dommages et selon une relation d'utilisation définie. Celles-ci sont notamment liées aux potentiels de risque spécifiques ou au contexte du bâtiment. Le résultat obtenu est une courbe de Gauss qui répartit les probabilités entre 50 et 90% pour un intervalle de temps donné et qui précise ainsi les limites inférieures et supérieures d'une durée d'utilisation normale.

La durabilité est donc indiquée sous forme d'intervalle en fonction des influences d'utilisation et de facteurs de risques classés. La valeur basse décrit la durabilité pour une conception et une utilisation courantes, la valeur haute se rapporte à des relations optimisées entre la conception et l'utilisation.

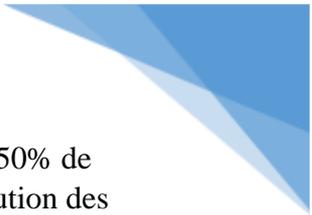
## **10.9 Matériaux dans le cycle de vie :**

La considération sur le contenu en énergie primaire des matériaux fait apparaître l'intérêt du modèle de cycle de vie. Outre la consommation d'énergie, l'usage de chaque matériau s'accompagne d'effets environnementaux liés au flux de ressources correspondant. Ces effets ne peuvent être réduits qu'à partir d'une diminution de la demande du bâtiment.

### **10.9.1 Consommation des ressources :**

La disponibilité en matières premières a été déterminante pour l'évolution du bien-être matériel des pays industrialisés. Leur exploitation et leur traitement ont permis la prospérité industrielle.

Leur raréfaction les rend chères conformément aux lois du marché ; pour d'autres encore, l'accès n'est plus assuré durablement comme le prouvent les conflits autour du gaz, du pétrole ou de l'eau.



La construction et le fonctionnement des bâtiments consomment au total près de 50% de l'ensemble des ressources mondiales. Ils constituent le principal facteur de diminution des ressources et des problèmes environnementaux. De plus, les produits de construction perdent en qualité en raison de leur niveau de développement technique souvent bas et de leur forte consommation en matériaux. Certains secteurs pourtant comme les industries automobile ou électronique se sont imposés une préservation des ressources et une amélioration de leur efficacité énergétique qui leur procure des avantages concurrentiels. Sans nouveaux développements technologiques, sans produits ou niveaux d'exigences internes relevés, ce seront bientôt des exigences politiques qui seront imposées au secteur du bâtiment. Pour pouvoir durablement mettre à disposition des matériaux, il faut transformer des chaînes de matières ouvertes, surtout pour les matières premières non renouvelables, en chaînes qui soient les plus fermées possible.

#### 10.9.2 Analyse du cycle de vie :

L'analyse du cycle de vie des matériaux est une approche nouvelle qui reste encore en partie à définir. Elle examine les conséquences sociales, économiques et environnementales de l'utilisation d'un matériau pendant un cycle de vie complet allant de l'extraction et la production au recyclage ou l'élimination. Le cycle de vie ne peut toutefois pas être prévu et conçu dans son ensemble. Il s'agit donc souvent d'assurer des options, comme l'adaptation à l'évolution réelle de l'utilisation. Les stratégies de flexibilisation sont souhaitables : une durabilité élevée prolonge la durée potentielle d'utilisation, un aménagement intérieur léger permet de modifier la disposition du mobilier, des assemblages amovibles entre les éléments de construction facilitent le démantèlement et la réintégration des matériaux dans le cycle des matériaux de construction.

La prise en compte de l'énergie primaire permet en principe déjà d'accélérer la réduction de la mise en œuvre des matériaux.

Le fait de se limiter à l'essentiel sur le plan constructif par une exploitation maximale des performances du matériau, par des constructions légères, par l'adaptation de la durabilité et la mise en œuvre de matériaux renouvelables entraîne une nette diminution de la consommation d'énergie et des ressources. D'autres facteurs viennent s'ajouter à l'analyse du cycle de vie, à savoir notamment les émissions secondaires liées à l'entretien ou la modification de l'air ambiant due aux émanations des matériaux.

Nombre de ces facteurs ne peuvent être appréhendés et décrits que sous forme de potentiels. Ils ne doivent pas nécessairement être rejetés, parce que négatifs, ou utilisés, parce que positifs, mais ils constituent un élément central pour une conception satisfaisante et offrent une garantie pour l'avenir.

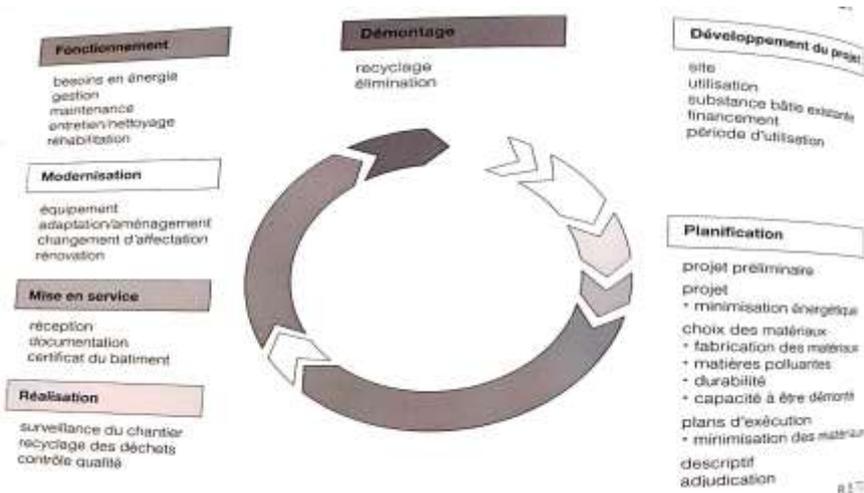


Figure 50 Matériaux dans le cycle de vie

## 10.10 Matériau et fabrication

Pour un développement durable, la productivité liée à l'énergie et aux ressources doit se situer à un niveau tel que le standard actuel de vie puisse être assuré à l'avenir sans augmenter l'exploitation de la nature. Outre l'augmentation de la part des matières premières renouvelables dans le secteur de la construction, deux stratégies peuvent être suivies pour optimiser la fabrication : l'une consiste à recourir à des matériaux produits localement, permettant la création d'emplois locaux mais en générant parfois des coûts supérieurs. La réduction des distances de transport et la possibilité d'un meilleur contrôle des effets sur l'environnement peuvent contribuer à augmenter l'emploi rationnel des ressources et à limiter la pollution due aux produits toxiques. Dans l'autre solution consistant à employer des matériaux de construction du marché mondial, ce ne sont pas seulement les différentes constructions qui se retrouvent au premier plan, mais aussi l'amélioration de la performance des matériaux utilisés. Ceux-ci devraient déboucher sur des modes de construction particulièrement optimisés et aptes à préserver les ressources. L'amélioration de leur mise en œuvre devrait alors au moins contrebalancer la pollution plus importante due notamment aux transports.

### 10.10.1 Modes de construction

Le débat autour des modes de construction légers ou massifs est récurrent, surtout dans le secteur du logement. Les deux types de construction présentent des avantages et des inconvénients spécifiques qui empêchent toute prise de position générale. Les bâtiments massifs consomment environ 20% d'énergie grise en plus que les bâtiments légers, mais permettent une meilleure utilisation du chauffage solaire passif. La forme d'un bâtiment joue aussi son rôle. Les modes de construction mixtes comprenant par exemple une structure en bois et des noyaux massifs et rigidificateurs en béton permettent de tirer profit des avantages des deux types de constructions.

### 10.10.2 Processus de construction et traitement

Un traitement adapté au matériau réduit les déchets accumulés. Une production précise limite les chutes, notamment avec des pièces préfabriquées, par le recours à des dimensions de



trames déterminées en fonction du matériau ou par des matériaux qui s'adaptent sur place comme les matériaux isolants soufflés.

Pour réduire la « masse inerte », il est notamment possible d'utiliser des terres non contaminées pour aménager le terrain, sachant que la capacité de tassement détermine fortement le futur usage. Le dépôt des déchets dans des décharges permet de baisser les dépenses et de supprimer les émissions dues au transport.

La transformation des déchets en nouvelles matières premières ou en énergie suppose une importante législation. Pour assurer une valorisation supérieure, les producteurs et les propriétaires de déchets de construction ou de démolition doivent les tenir séparés, les ramasser, les entreposer et les transporter en vue de leur revalorisation.

### 10.10.3 Matériau et utilisation du bâtiment

En règle générale, un bâtiment est déterminé en fonction d'un utilisateur bien défini et d'un lieu. Les matériaux ont un rapport particulier avec le site et renforcent l'identification de l'utilisateur et de l'observateur. Un bon emploi des matériaux de construction peut faire fusionner le bâtiment avec son environnement- ou bien le détacher du lieu.

Cet objectif ne peut toutefois pas négliger le caractère durable des matériaux employés, leur longévité et leur facilité d'entretien, leur recours à l'énergie, leurs effets sur l'environnement et sur la santé de leurs utilisateurs. Sur le plan physique, les matériaux de construction doivent garantir l'usage prévu et sont à cette occasion souvent soumis à de fortes sollicitations. Les exigences en matière d'utilisation déterminent, pour les matériaux de construction, des profils de performances complexes qui ont trait à des dimensions constructives, fonctionnelles, physiques et esthétiques. Les matériaux assurent des prestations techniques et fonctionnelles afin de créer des espaces de vie durablement sûrs pour l'homme et des bâtiments qu'il convient d'entretenir pour leur valeur ou en leur qualité de bien culturel. Les différentes exigences ne peuvent toutefois pas être assurées par un seul matériau de construction. Les propriétés physiques du matériau de construction déterminent si ce dernier peut satisfaire essentiellement à une exigence ou s'il peut, dans le même temps, jouer un rôle de protection acoustique, thermique et contre le feu. Les revêtements de sol doivent par exemple présenter une résistance au frottement correspondant à la fréquentation attendue du bâtiment, être pourvus d'arêtes résistantes aux éclatements, supporter les produits d'entretien ou les liquides, avoir une stabilité des couleurs et bien plus. Une grande durabilité suppose à long terme un faible entretien - à condition que les matériaux retenus garantissent aussi une certaine indépendance vis à vis des modes passagères et/ou atteignent une bonne qualité esthétique. Elle sera favorisée par une nette séparation entre les parties présentant une grande durée de vie, les aménagements prévus pour une durée limitée et la technique à mettre à niveau. De même que les modes, les exigences sont les aussi soumises aux évolutions du groupe.

Moment-on pense notamment aux directives en matière d'isolation thermique et d'économies d'énergie en perpétuelle modification. Une conception prospective peu de temps à autre fait preuve d'anticipation comme c'est le cas avec les économies d'énergie et la protection climatique. Dans d'autres cas, les modifications sont impossibles à prévoir ; un remplacement



facile des éléments et une nette séparation entre les sous-systèmes du bâtiment aux durées de vie et aux fonctions différentes permettent aussi d'effectuer des modifications qui ne sont pas prévues. Les principales exigences imposées aux matériaux de construction pour préserver leur utilisation seront décrites plus loin.

#### 10.10.4 Absence de risques pour la santé :

Les matériaux de construction peuvent émettre des substances nocives au cours des phases de fabrication, de montage, d'utilisation et d'utilisation postérieure. L'absence de risques pour la santé est bien sûr une exigence fondamentale.

Sur les quelque 20000 matières couramment utilisées (pour une production annuelle > 1t), seuls les effets de quelques-unes sur l'homme sont connus avec précision. On soupçonne néanmoins une majorité des matériaux d'entraîner des conséquences négatives sans toutefois pouvoir l'établir. De tels produits polluants potentiels sont déjà considérés comme problématiques, parfois même par les autorités publiques. A cela s'ajoute le fait que les produits polluants peuvent exercer entre eux des influences réciproques et renforcer leur action.

Leur introduction dans un bâtiment entraîne la plupart du temps des coûts démesurément élevés liés à leur élimination ultérieure. On estime d'une manière approximative que les coûts de désamiantage du Palais de la République de Berlin, qui s'est achevé en 2002, s'élèvent à une valeur comprise entre 35 et 40% du coût de construction d'un bâtiment équivalent. Pour une sélection dite durable des matériaux de construction, il convient par conséquent de vérifier dans quelle mesure ils pourraient avoir des effets allergiques et toxicologiques pour l'homme et son environnement.

Les matières polluantes exercent des effets très divers. Même pour de faibles charges, certains matériaux, comme les métaux lourds, s'enrichissent dans le corps humain par la peau ou la nourriture. D'autres sont volatils et endommagent durablement le système nerveux. D'autres encore ne sont pas dégradables, pénètrent les poumons et y exercent un effet cancérigène. La capacité d'absorption par l'homme de la matière permet de déterminer si des mesures locales peuvent être à même de protéger les utilisateurs, ou bien si le matériau de construction doit être remplacé en totalité. Il convient dans ce domaine de considérer les directives nationales en matière.



## **Etude des cas similaires**

### **11.1 Masdar**

**« L'éco ville de l'émirat d'Abou Dhabi »**



Figure 51 Vue aérienne de Masdar City

## Masdar City, rêves et mirages d'une ville « verte » au milieu du désert<sup>65</sup>

---

<sup>65</sup> Olivier Dessibourg, Abu Dhabi Publié lundi 16 février 2015, le temps

### 11.1.1 Présentation de la ville

Masdar City, une éco-ville en cours de construction dans les Emirats Arabes Unis. Elle est un de son genre, qui a pour objectif de développer une offre d'électricité, zéro-déchet et zéro carbone. Elle représente un progrès important dans le domaine de la conception urbaine durable. Situé dans le désert près d'Abu Dhabi et à côté de l'aéroport international, et en construction depuis 2007. (Wagle, 2014)

L'éco-cité de 6 km<sup>2</sup>, dessinée par le cabinet d'architecture de Norman Foster, devait être achevée en dix ans. Autonome en énergie, lieu de vie et d'activités technologiques – l'objectif était d'attirer 1500 multinationales et start-up –, la ville devait accueillir 50 000 habitants et 40 000 pendulaires d'ici à 2020.

Masdar ou « source » en arabe est une éco-cité à vocation expérimentale dans les domaines des énergies renouvelables, des transports « propres » et de la gestion des déchets.

Dès 2008, le cœur du projet est érigé: une quinzaine d'édifices hébergeant le Masdar Institute ainsi que des logements pour ses 500 étudiants. Dans les rues, aucun bruit. Toutes sont piétonnes, un concept assumé. Qui permet aux bâtiments d'être très rapprochés et de se faire mutuellement de l'ombre. « Tout a été longuement étudié », détaille Chris Wan :

- Murs absorbant peu la chaleur, donc ne la rediffusant que peu le soir
- Surfaces de fenêtres réduites et couvertes de persiennes fixes ou mobiles et automatiques
- Rues orientées dans le sens du vent
- Installation sur la place centrale d'une vision moderne de la tour à vent
- Le « phare », un dispositif inventé par les Perses permettant de capter les airs circulant au-dessus de la ville et de les rediriger vers le sol.
- «Si bien qu'en été, lorsqu'il fait 45 °C dans les rues d'Abu Dhabi, la température ressentie en fait bien dix de moins à Masdar», assure Stephen Severance, responsable du développement.

### 11.1.2 Le contexte de l'opération :

Le contexte de cette construction est de créer une oasis dans le désert, selon plusieurs critères :

- A. Garantir un développement durable et orienter la grille de la ville d'une façon optimale, fournissant ainsi un peu d'ombre au niveau de la rue tout au long de la journée et minimisant les gains thermiques sur les murs du bâtiment
- B. L'intégralité où il n'existe pas de zones séparées pour l'industrie ou la culture et tous les aspects de la vie urbaine sont intégrés
- C. Création des pôles prioritaires pour piétons, cela signifie des rues étroites, et des passerelles ombragées agréables et d'autres chemins qui encouragent la marche.
- D. Forme compacte avec faible hauteur et haute densité, ces deux éléments sont essentiels pour une communauté urbaine à faible consommation d'énergie
- E. Faire un royaume public vibrant à travers les parcs linéaires et les espaces publics qui sont aussi importants que les bâtiments de la ville de Masdar, avec une variété de tactiques utilisées pour activer ces espaces.

### 11.1.3 Contexte et justification

- **Masdar City**

La construction de la ville de Masdar a commencé par l'édification des six premiers bâtiments du Masdar Institute de façon à enclencher rapidement des activités d'enseignement et de recherche. Ces bâtiments sont destinés à l'enseignement (salles de classe et de travaux pratiques), la recherche (laboratoires, bibliothèque) et la vie étudiante (logements, restaurants, magasins). Le quartier général de Siemens pour le Moyen-Orient devrait être achevé fin 2012.

Le projet urbain est de construire une ville qui se rapproche le plus près possible d'un modèle zéro émission, zéro déchet. La ville, de 7 km carrés, devrait être en mesure de loger 50 000 résidents et d'accueillir en plus 40 000 travailleurs non-résidents. L'objectif de réalisation avait été initialement fixé à 2025.

Masdar City représente un type particulier de ville intelligente. Les acteurs de la ville s'engagent dans une politique massive de réaménagement urbain : des îlots et des quartiers à haute performance énergétique et environnementale, jusqu'à une ville nouvelle à énergie positive sont construits ex nihilo.

La ville est conçue dans une stratégie d'optimisation énergétique locale, mais pour des raisons de sécurité d'approvisionnement, elle est aussi connectée à un réseau central de distribution d'énergie.

Les espaces construits fonctionnent selon les principes de l'économie circulaire, qui cherche à rapprocher le fonctionnement des écosystèmes industriels de celui, quasi cyclique, des écosystèmes naturels, en optimisant les flux d'énergie et de matière.



Figure 52 Schéma de synthèse des services de la ville de Masdar source : mémoire de fin d'étude master

### 11.1.4 Problématique de la durabilité urbaine :

#### 11.1.4.1 Masdar Carbone

Masdar Carbone est une entité qui développe des projets de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> par une amélioration de l'efficacité énergétique et par des procédés de capture et de séquestration du carbone (CCS). Masdar Carbone est impliqué, par ailleurs, dans la mise en œuvre des Mécanismes de Développement Propre (Clean Development Mechanisms) au

Moyen-Orient, en Afrique et en Asie : identification des projets, montage technologique et financier, enregistrement des projets auprès des organismes onusiens. Ces actions couvrent la réduction des torchages de gaz (gas flaring), la réduction des pertes et fuites, ainsi que les installations de cogénération. A Abu Dhabi, Masdar Carbon est engagé dans un vaste programme de capture des émissions de carbone industrielles, de transport du carbone à travers un réseau d'oléoducs et réinjection du carbone dans les puits, permettant d'augmenter la productivité des gisements de pétrole brut (enhanced recovery). Un pilote a été installé en partenariat avec la compagnie Abu Dhabi Company for Onshore Oil Operation (ADCO).

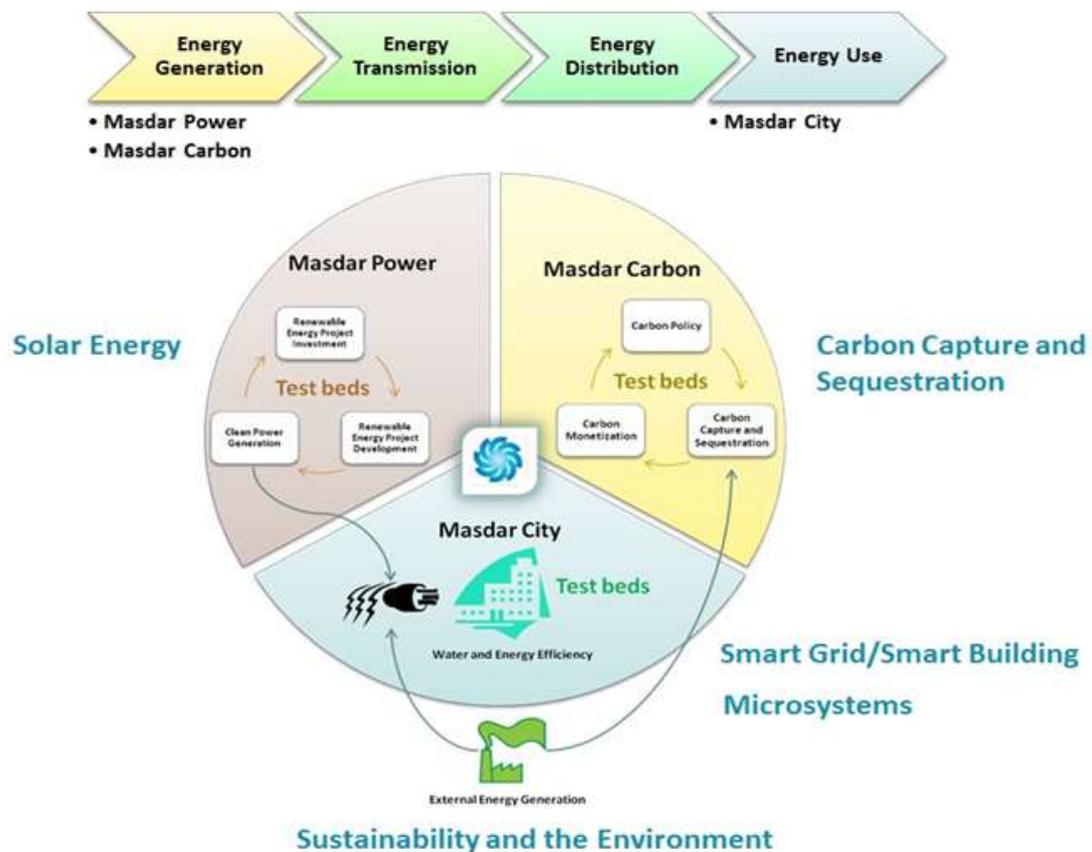


Figure 53 les piliers de Masdar city Source Masdar Institute (2012)

### 11.1.5 Stratégies d'implantation :

Une forme compacte pour créer de l'ombre et améliorer la mobilité au cœur de la ville



Figure 54 La forme de base de la ville de Masdar

La bonne orientation pour minimiser le gain de chaleur

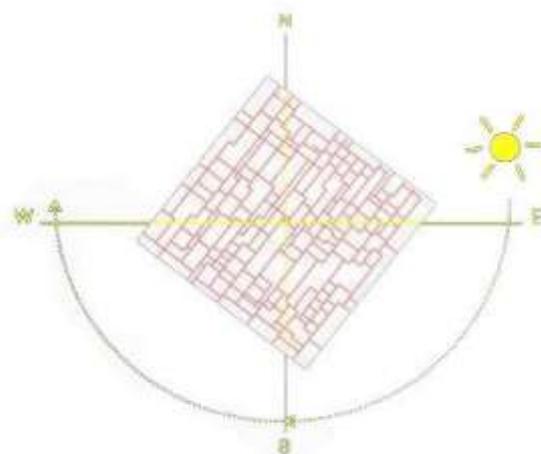


Figure 55 L'orientation de la ville de Masdar

## Des parcs linéaires pour maximiser le vent



Figure 56 L'orientation de la ville de Masdar

### 11.1.6 Principes fondateurs<sup>66</sup> :

#### 11.1.6.1 Un pôle d'excellence technologique :

L'objectif de la ville est d'inciter étudiants, experts, hommes d'affaires, spécialistes de l'environnement et entreprises innovantes de tous les pays à venir s'y installer (à l'image du projet NEOM en Arabie saoudite). Le Masdar Institute, dédié à la recherche et créé avec le soutien du Massachusetts Institute of Technology (MIT), a été initié en 2007. Les premiers étudiants et chercheurs y ont investi une partie des lieux dès novembre 2010. En 2017, l'institut a fusionné avec la Khalifa University of Science, Technology and Research (KUSTAR) et l'Institut du pétrole (il est désormais appelé « *Masdar City Campus of Khalifa University* »).

---

<sup>66</sup> Sources

1. Abou Dhabi est l'un des 7 émirats des Émirats arabes unis.
2. Les travaux de Masdar City devaient initialement durer 5 ans.
3. Abu Dhabi Economic Vision 2030.
4. Masdar Institute.
5. Site de Shams Power Company
6. IRENA Opens Doors on New Permanent Headquarters in Masdar City, Irena, 3 juin 2015.



Figure 57 organisation de masdar city

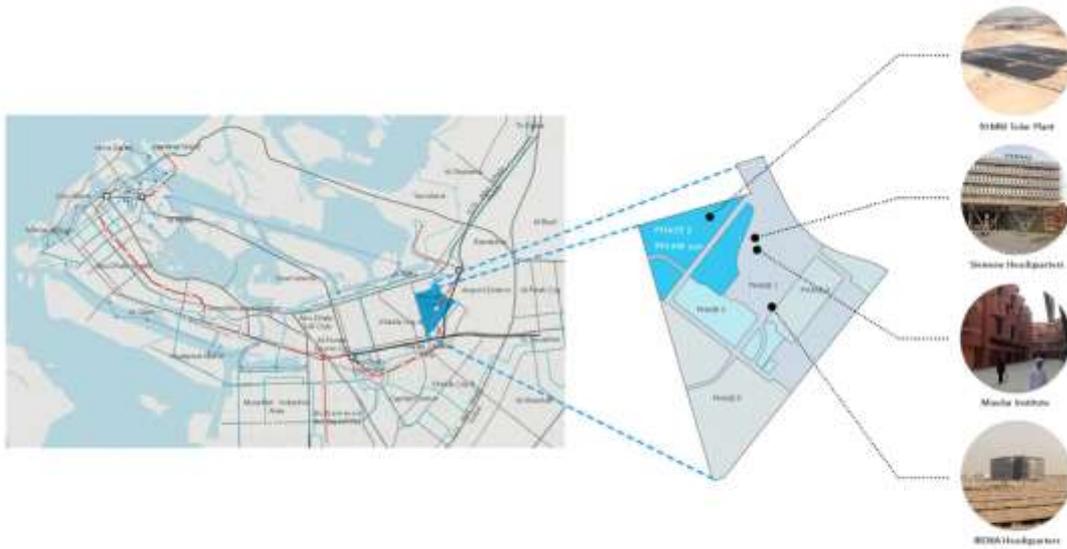


Figure 58 fonctionnement de la cité de masdar



### A Sustainable City in the Desert

Promoters of Masdar, a city under construction near Abu Dhabi, say that it will be the world's first carbon-neutral city. It will be home to a research institute focused on renewable energy and sustainability, and eventually, it all goes as planned, to various clean-technology companies, and to a projected 45,000 residents and another 45,000 commuters.

■ Complete this fall ■ Under construction

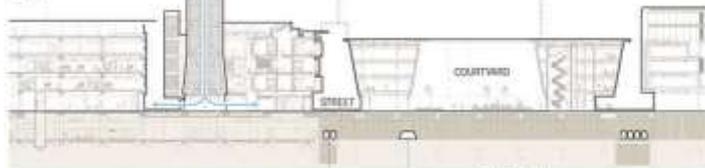
The surrounding boes will help mitigate windblown dust and sand.

Computer rendering of the planned city.

#### Phase 1 MASDAR INSTITUTE

The area being completed this fall has some design features common to the entire project.

The wind tower funnels wind to ventilate a public square at its base. The air is cooled with water sprays.



Narrow streets allow for some sunlight, but overhangs create shade.

Photovoltaic panels power the buildings and provide shade to keep roofs cooler.



Automated cars with room for four adults.

**Automated transportation**  
Masdar will be using an automated system of electric vehicles, including passenger cars and freight trucks. The city's ground level was elevated 23 feet, and the vehicles will operate underground.



Control panel

The city is surrounded by recreation areas, power generation facilities, parking garages and food production areas.

#### Masdar Headquarters

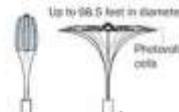
Photovoltaic panels on Masdar Headquarters, the city's biggest office building, are expected to produce more energy than the building consumes. It is scheduled to be finished in 2013.

A light rail line will pass through the center of Masdar, linking it to downtown Abu Dhabi and providing transport within the new city.

Wind cones will provide natural ventilation and soft daylight to the building's interior.



Neighborhoods will have distinct buildings and design elements. Masdar Plaza, for example, will have 54 sunshades that open and close automatically at dawn and dusk.



Streets are laid out at angles that optimize shading. Long, narrow parks catch and cool the prevailing winds, and assist in ventilating the city.



Figure 59 schema illustration sur the smart city of masdar

### 11.1.6.2 Une cité alimentée par les énergies renouvelables :

- La construction d'une centrale solaire d'une puissance de 100 mégawatts, équipée de 768 miroirs paraboliques sur 2,5 km<sup>2</sup> (investissement de 350 millions de dollars). Sa puissance doit être ultérieurement portée à 500 MW ;
- La couverture des toits de la ville de 5 000 m<sup>2</sup> de panneaux photovoltaïques ;
- le recours à l'hydrogène et à des agro carburants issus de cultures utilisant les eaux usées pour remplacer les carburants fossiles ;
- L'utilisation des eaux usées, après recyclage, pour l'irrigation des cultures destinées à l'alimentation. Ce recyclage de l'eau est censé permettre de réduire de 80% la consommation d'eau de mer dessalée dont la production nécessite une quantité importante d'énergie ;
- La construction d'une ferme éolienne de 20 MW ;
- L'utilisation du surplus d'énergies renouvelables produit par la ville d'Abou Dhabi.

### 11.1.6.3 Une architecture adaptée à l'environnement de la ville :

L'architecture de la ville croise les technologies nouvelles et l'architecture traditionnelle arabe. Sa conception intègre notamment :

- Des ruelles étroites et ombragées, rafraichies par un réseau de cours d'eau ;
- Des « couloirs » ventés traversant la ville de part en part pour une aération naturelle afin de favoriser l'apparition d'un « microclimat » ;
- Un plan général de type traditionnel, carré, entouré de murs destinés à protéger des vents chauds du désert ;
- Des constructions basses et équipées de panneaux solaires sur les toits utilisant la climatisation naturelle ;
- Des fenêtres reproduisant le principe des moucharabiehs.

### 11.1.6.4 Organisation des quartiers résidentiels :

Les bâtiments résidentiels sont définis par claustra en béton armé en couleur de sable rouge, qui joue le même rôle que les Mashrabiya arabes traditionnels et faire une planification urbaine bien intégrée.



Figure 60 Photo d'illustration des bâtiments résidentiels



*Figure 61 Photo d'illustration des bâtiments résidentiels*



*Figure 62 Inscriton des bâtiments résidentiels dans la ville*

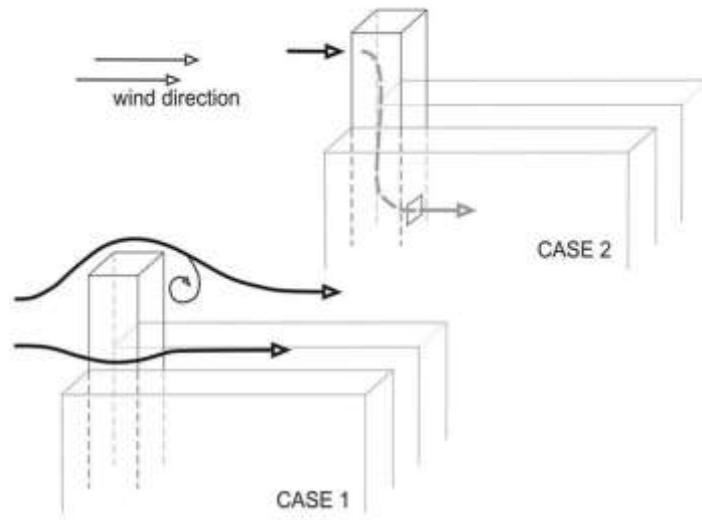


Figure 63 Inscription des bâtiments résidentiels dans la ville



Figure 64 Photo d'illustration du parc linéaire



Figure 65 Photo d'illustration du square



### **11.1.7 Conclusion**

Masdar City, un pôle de technologies propres situé dans le but d'être l'une des villes les plus durables au monde. La mise en œuvre d'un tel projet commence nécessairement au stade de la conception, bien avant que la première pelle de sable ne soit levée. Elle se poursuivra tout au long de la phase de construction et sera maintenu pendant la vie de la ville. Une ville totalement intégrée avec tous les aspects de vie urbaine

## 11.2 Une forêt dans le ciel de Milan : Deux tours et un hectare de végétation



Figure 66 Photo d'illustration de Bosco vertical

### 11.2.1 Présentation :

Le « bosco verticale » est un complexe architectural conçu et porté par Stefano Boeri avec l'aide d'horticulteurs et de botanistes. Wikipédia

**Adresse :** Via Gaetano de Castillia, 11, 20124 Milano MI, Italie

**Architectes :** Stefano Boeri, Giovanni La Varra, Gianandrea Barreca

**Début de la construction :** 2009

**Date d'achèvement :** 2014

**Ouverture :** 17 octobre 2014

**Construction :** 2009-2014

Le Bosco Verticale arbore l'une des façades les plus végétalisées jamais réalisée auparavant. Sa combinaison de plantes soigneusement sélectionnées permet la création d'un ensemble unique où les tonalités de verdure varient en fonction de la saison. Le projet a été inauguré en octobre 2014 à Milan dans la zone de Porta Nuova Isola.

### 11.2.2 Objectif :

Le concept de Bosco Verticale est réintroduire la végétation et favoriser la réintégration de la nature en ville. C'est un exemple unique d'architecture durable, dans laquelle les plantes, combinées au choix des matériaux et aux solutions technologiques, réduisent de 30% la consommation d'énergie des bâtiments, les protègent du bruit, du vent et du parasite, filtrent les particules et augmentent la biodiversité urbaine.



Figure 67 Photo d'illustration sur l'espace extérieur de Bosco verticale

### 11.2.3 Description du projet :

Cette réalisation de l'architecte Stefano Boeri est présentée comme la première forêt verticale du monde ayant pour objectif de proposer un nouveau format de biodiversité architecturale. Composée de deux tours de logements de 78 et 111,15 mètres de haut respectivement, elle abrite l'équivalent de 711 arbres, 5000 arbustes et 20000 plantes qui correspondent approximativement à 20 000 mètres carrés de bois et de sous-bois.<sup>67</sup>

Les deux tours sont de hauteurs différentes mais possèdent la même caractéristique qui est un apport de végétation sur l'ensemble des étages. La tour E, de 111,15 mètres de haut est composée de 26 étages tandis que la tour D, de 78 mètres de haut est composée de 18 étages. La position des bâtiments est telle que les façades sont positionnées aux quatre points cardinaux.

La surface moyenne d'un étage de la tour D est de 500 mètres carrés contre 660 mètres carrés pour la tour E. La dimension des appartements varie entre les étages mais on retrouve principalement des logements de deux à quatre personnes.

---

<sup>67</sup> <https://www.archdaily.com>



Figure 68 Plan d'un étage type du Bosco verticale

Toute la végétation prend racine dans de grands pots situés à l'extérieur des terrasses qui sont elles-mêmes en porte à faux et accessibles depuis les appartements. Agissant sur l'ensemble du périmètre en relation avec les appartements, les plantes font l'effet d'un filtre entre l'environnement urbain extérieur et l'intérieur des tours. Cette enveloppe si particulière du projet vient de la création de son surnom de forêt verticale. Son dynamisme végétal est issu d'une combinaison de formes et de couleurs rigoureusement sélectionnées et réparties qui changent au fil des saisons de l'année. La couleur grisée du bâtiment permet une mise en valeur de ce filtre végétal qui assume plusieurs rôles au niveau architectural, sociétal et environnemental.

#### 11.2.4 Structure :

Les deux structures sont reliées par d'une base de L. et sont caractérisées par la présence de balcons en verre et en béton armé qui, avec la dalle de 28 cm d'épaisseur et parapets pleine (hauteur égale à 130cm), font saillie de façon irrégulière sur les quatre côtés des bâtiments, avec une projection de 3,25 mètres. Le déphasage des balcons, ainsi que de donner du dynamisme au profil de Bosco, permet le règlement des arbres élevés jusqu'à neuf mètres ; les plantes de taille similaire greffage n'a pas été envisagée dans les premières versions du projet, qui impliquait la construction de balcons en bandes continues.



*Figure 69 Photo d'illustration sur la façade de Bosco verticale*

Sur un terrain plat, chaque bâtiment est égal, avec un même nombre d'arbres, soit une superficie équivalant à 10,000m<sup>2</sup> de forêt.



*Figure 70 Photo d'illustration sur l'espace extérieur de Bosco verticale*

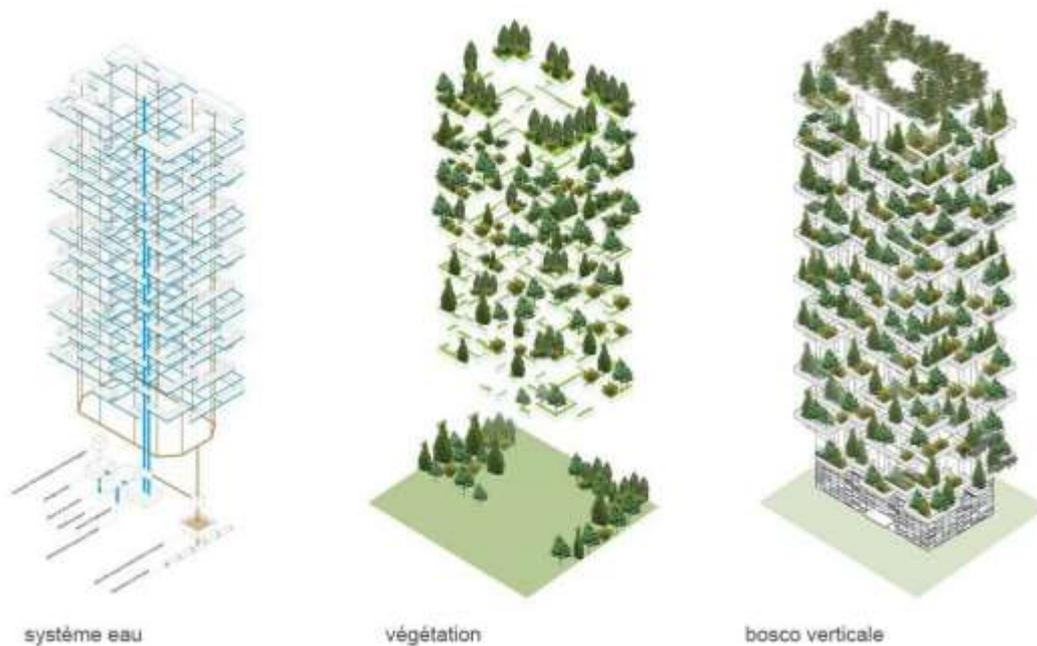


Figure 71 Photo d'illustration du système d'eau et la végétation de Bosco verticale

### 11.2.5 Végétation :

Le Verticale Bosco est un système qui optimise, récupère et produit de l'énergie. Il aide à la création d'un microclimat et à filtrer les particules de poussières contenues dans l'environnement urbain. Le projet intègre les caractéristiques utiles pour la vie urbaine : les plantes produisent de l'humidité, absorbent le dioxyde de carbone et les particules de poussière, produisent de l'oxygène, permettent de protéger les habitants contre les rayonnements et la pollution acoustique, attirent les oiseaux et les insectes.

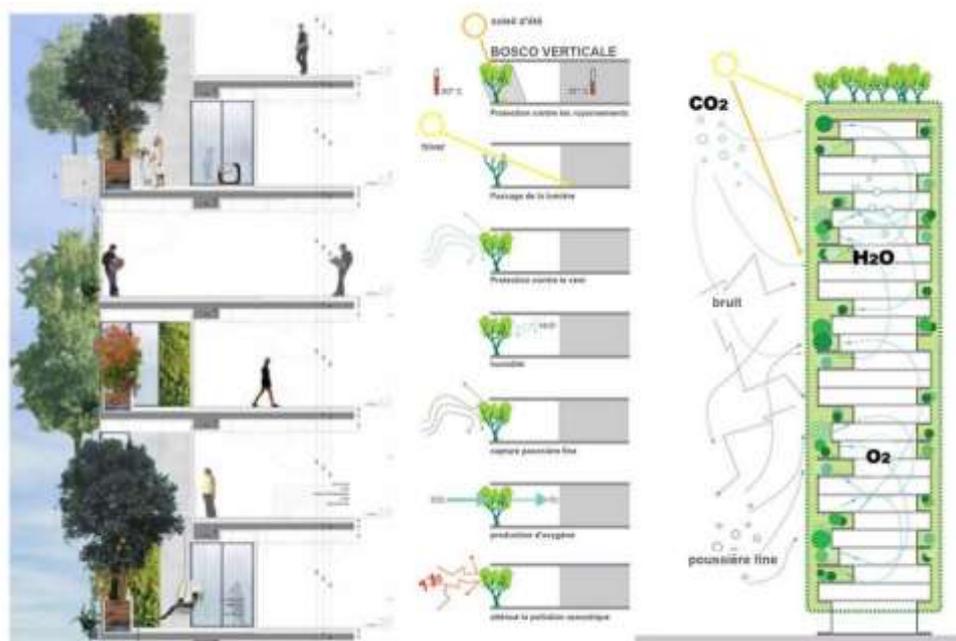


Figure 72 Photo d'illustration du système d'optimisation de Bosco verticale

Les arbres qui créent une agréable fraîcheur en été, tombent les feuilles pour que le soleil puisse entrer dans les appartements en hiver, offrant une réduction des dépenses en énergie



annuelle. L'irrigation des plantes sera produite grâce à un processus de filtrage et permettra de réutiliser les eaux grises produites par le bâtiment. En outre les systèmes d'énergie éolienne et photovoltaïque contribueront, en plus du reste, à augmenter le degré d'autosuffisance énergétique des deux tours. La gestion et l'entretien de la végétation de la Verticale Bosco sera centralisée et confiée à une agence avec un guichet ouvert au public. D'après les concepteurs, le dernier avantage est que ce type de projet n'aura qu'un surcoût de 5% par rapport à un gratte-ciel traditionnel.

### **11.2.6 Avantages des murs végétaux :**

Concevoir des projets architecturaux avec des apports de végétaux intégrés aux façades offre une multitude de bénéfices à de nombreux niveaux. Ces avantages, bien qu'ils restent assez semblables, varient en fonction de nombreux facteurs tels que la géométrie du bâtiment, les espèces végétales, la situation géographique...

Certains immeubles ont même dépassé la notion de bienfait à l'échelle du bâtiment en ayant des effets positifs à l'échelle urbaine. Le mur végétal peut donc être bénéfique pour les occupants du bâtiment ainsi que les habitants à proximité. C'est en tout cas ce que préconise le guide technique du Council on Tall Buildings and Urban habitat (CTBUH). Il définit ces avantages en deux classes distinctes : « l'échelle urbaine » et « l'échelle du bâtiment »

#### **11.2.6.1 Avantages à l'échelle urbaine :**

- Réduction de l'effet d'îlot de chaleur urbain / atténuation de la température de l'air.
- Amélioration de la qualité de l'air
- Séquestration du carbone
- Côté esthétique
- Assurer la biodiversité et créer des habitats naturels pour les animaux.

#### **11.2.6.2 Avantages à l'échelle du bâtiment :**

- Bénéfique pour la santé
- Améliore l'énergie thermique du bâtiment
- Qualité de l'air intérieur, filtration et oxygénation de l'air
- Protection des enveloppes
- Réduction des enveloppes
- Réduction du bruit
- Bénéfices liés à l'agriculture
- Augmenter la valeur des biens
- Crédit de système de notation de la durabilité :
  - A. Développement durable du site
  - B. Efficacité de l'eau
  - C. Energie et atmosphère
  - D. Matériaux et ressources
  - E. Amélioration de la qualité de l'environnement et de la conception
  - F. Innovation dans le fonctionnement<sup>68</sup>

Cette distinction entre les deux échelles permet une différenciation claire entre les effets liés au bâtiment et ceux situés dans ses alentours. Tous ces critères ne vont pas être analysés.

---

<sup>68</sup> Giacomello, E., Valagussa, M., & Council on Tall Buildings and Urban Habitat. (2015b). Vertical Greenery.

Seuls les sujets qui sont liés aux réponses des enjeux sociétaux, architecturaux et environnementaux que le Bosco Verticale défend vont être décortiqués et analysés.

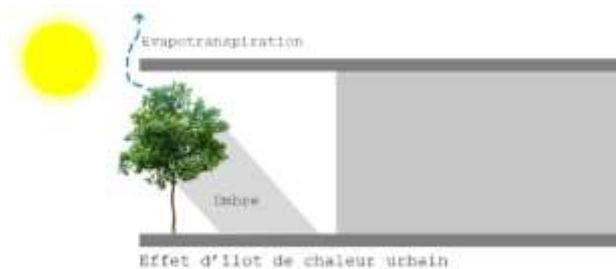


Figure 73 Effet d'îlot de chaleur urbain



Figure 74 Amélioration de la qualité de l'air

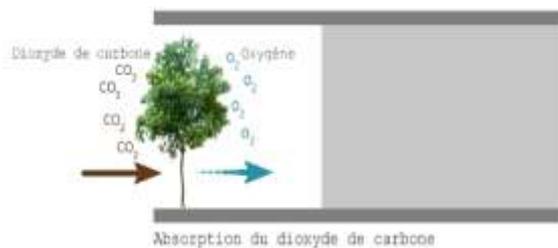


Figure 75 Absorption du dioxyde de carbone



Figure 76 Biodiversité



Figure 77 Isolant acoustique

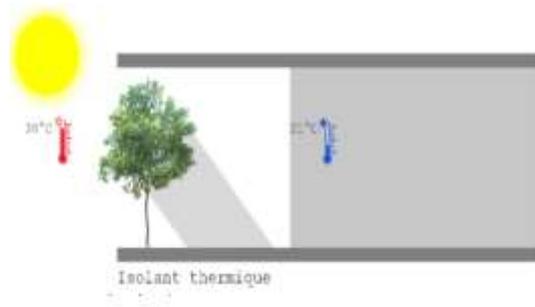


Figure 78 Isolant thermique

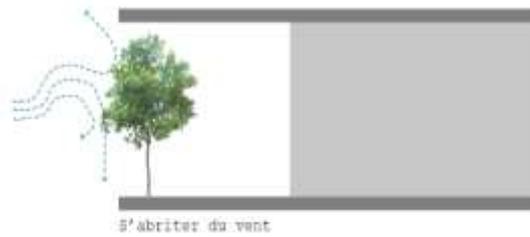


Figure 79 S'abriter du vent.



Figure 80 Rétention d'eau.



Figure 81 Humidité



Figure 82 bien-être

### 11.2.7 Conclusion

Après avoir énoncé brièvement les effets positifs que le Bosco Verticale offre, je peux dorénavant réaliser un premier constat. La végétation, fruit de la terre qui existe depuis des millénaires, offre une multitude d'avantages qui ont servi depuis toujours à pérenniser la vie sur Terre. En plus d'apporter de nombreux bienfaits en terme de qualité de vie, les plantes peuvent avoir un rôle à jouer face aux urgences climatiques. Positionnées sur des tours, elles absorbent le CO<sub>2</sub>, purifient l'air et rafraichissent la ville tout en prenant moins de surface qu'un parc ou une forêt. Faisant face au problème d'étalement urbain, cette alternative de verticalité permet de concilier habitat et espace vert.



**Les arbres sont nés de la terre et ils y sont beaux. Je ne fais pas d'autres commentaires <sup>69</sup>**

---

<sup>69</sup> Botta, M. (2007, 23 novembre). Vive la ville moderne mais Milan n'est pas Abu Dhabi. Milano

Alors que les arbres sont conditionnés à pousser à même le sol, ce n'est pas le cas de tous les végétaux. C'est ce que nous prouve Patrick Blanc, botaniste français, qui est reconnu comme l'inventeur des murs végétaux. Il apporte sous une nouvelle forme la végétation au sein de la ville. L'une de ses particularités est qu'il arrive à transformer un mur aveugle et sans vie en façade végétale remplie de vie. Sa manière de composer ses projets est intéressante par le fait qu'il a une connaissance approfondie du végétal. Chaque projet, par ses caractéristiques de localisation dans le monde, va être élaboré avec des plantes qui s'acclimateront parfaitement à son nouveau milieu.<sup>70</sup>

C'est son principe même du choix des plantes qui fait sens, il ne compose qu'avec des plantes qui poussent en milieu incliné ou vertical. Elles viennent donc majoritairement de milieux proches de falaises. Lui-même l'affirme dans un article (Chahi, 2009) : « Je n'introduis jamais une plante sur un mur avant de m'assurer qu'elle pousse en milieu rocheux. »<sup>71</sup>



Figure 83 Mur végétal réalisé par Patrick Blanc en Malaisie

### 11.2.8 Pourquoi installer un mur végétal extérieur ?

Placer un mur végétal en extérieur présente plusieurs avantages, quel que soit le type de structure employé. Il peut s'agir de couvrir une façade un peu abîmée, d'inciter les clients à entrer, de masquer le vis-à-vis sur un balcon ou une terrasse exposée au voisinage. Ou encore tout simplement de profiter des bienfaits des plantes tout en optimisant l'espace disponible.

---

<sup>70</sup> Mémoire de fin d'études : "Les forêts verticales sont-elles capables d'apporter une réponse aux problèmes en milieu urbain ?" Auteur : Hissette, Louis

<sup>71</sup> Chahi, C. (2009, 27 janvier). Patrick blanc, l'artiste du mur végétal. Batiactu.

« Je me demande combien de temps il faudra pour que le CO<sub>2</sub>libéré lors de la fabrication du béton qui soutient les arbres ait la même quantité de CO<sub>2</sub>absorbée par les arbres. Je pense que jamais.»<sup>72</sup>

### 11.2.9 Arbre béton :

Ci-dessous, on peut y voir un arbre surélevé par une grue au milieu de deux énormes tours de béton. Elles sont grisâtres sans aucune âme alors que l'arbre est quant à lui coloré et rempli de vie. Cette photo, ci-dessous, met en évidence la face cachée de ces tours qui ont dû nécessiter énormément d'énergie et de matière première pour être construites.



Figure 84 Photographie du Bosco Verticale lors de la mise en place des arbres sur les balcons.

### 11.2.10 Réalisation d'un balcon type :

La première étape de cette démarche est de réaliser un balcon type qui généralise l'ensemble des balcons des deux tours. Il permettra de réaliser des calculs et ensuite de les ramener à l'échelle de l'ensemble des balcons présents. Dans son livre, Stefano Boeri (2015) précise que la surface approximative de l'ensemble des balcons est de 8900m<sup>2</sup> et qu'il y a 250 sur l'ensemble des deux tours. Sachant que la largeur est de 3,25 mètres, la longueur moyenne est rapidement connue ( $8900 \text{ m}^2 / 3,25 \text{ m} / 250 = 10,95\text{m}$ ). Une fois le résultat arrondi, un balcon type fait 11m x 3,25m. L'épaisseur de la dalle du balcon en porte-à-faux est également connue et fait 28 cm.

---

<sup>72</sup> Alter, L. (2013, 25 juin). Putting trees on skyscrapers: An interview with Lloyd Alter. Archdaily.

### 11.2.11 Végétation par balcon :

Afin de donner un aperçu des charges présentes sur chaque balcon, une division de l'ensemble des végétaux sur les tours permet de mettre en évidence la quantité de végétation plantée. Sachant qu'il y a environ 711 arbres, 5000 arbustes et 20 000 plantes (Boeri, 2015) et que les deux tours contiennent 250 balcons, cela revient à 2,84 arbres, 20 arbustes et 80 plantes par balcon. Toute cette végétation est contenue dans des pots qui sont placés sur l'ensemble de la longueur des balcons et fait office de garde-corps. Ils subissent donc d'énormes charges, sans compter qu'ils sont placés en porte-à-faux. D'où l'intérêt de se pencher sur ces balcons jouant un rôle crucial dans ce projet de forêt verticale.



Figure 85 Nombre de végétaux présents par balcon



Figure 86 Illustration d'un balcon type du Bosco Verticale



# **Septième chapitre : L'environnement**

**immédiat de l'aire d'étude**

Le site est encadré au nord par la mer, au sud par la RN11 et délimité à l'Est par la salamandre et à l'ouest par les sablettes.

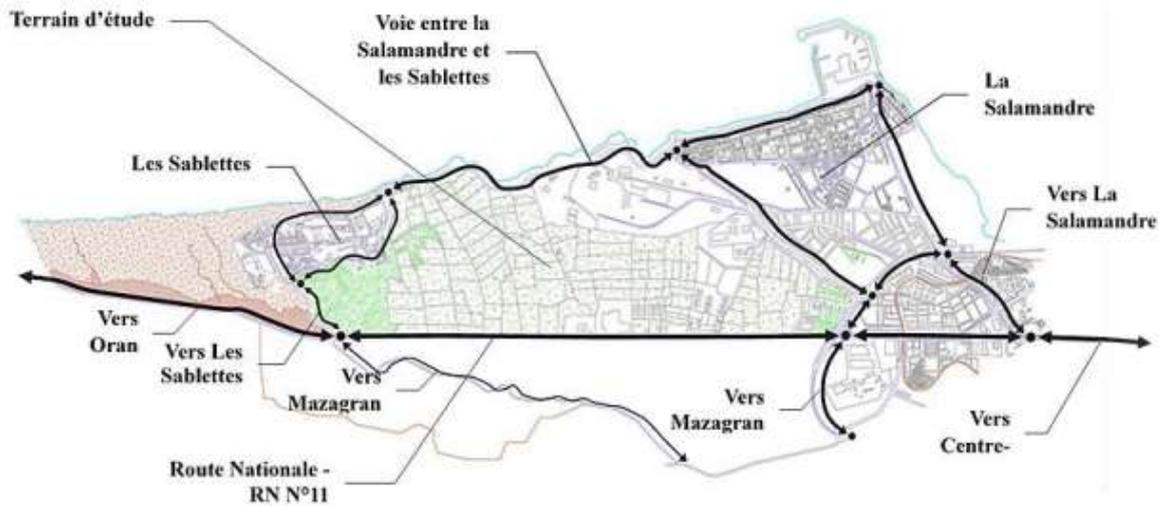


Figure 87 Schéma de l'environnement de l'aire d'étude

Le terrain d'étude se caractérise par une forte dominance de terres agricole et quelques habitations dédiées aux propriétaires.

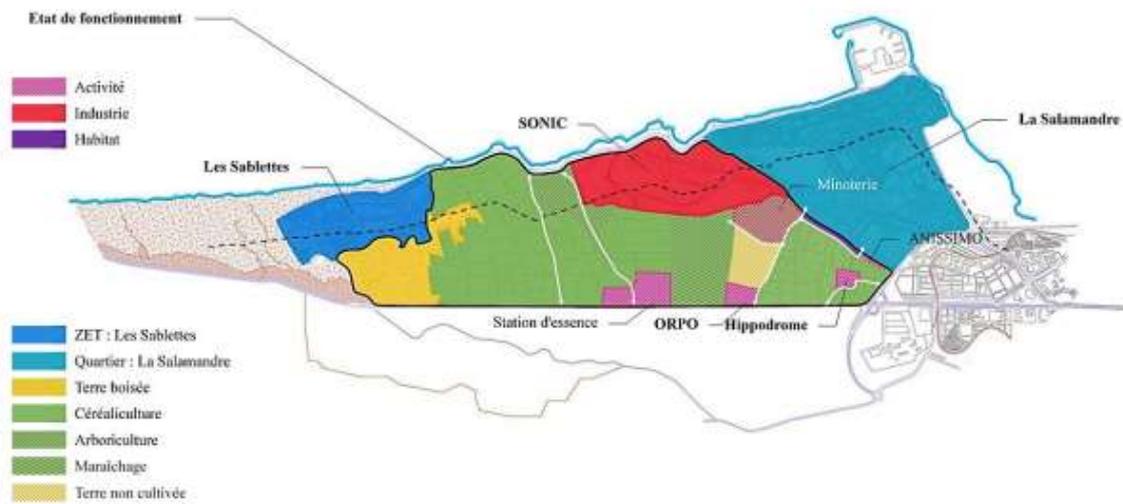


Figure 88 Schéma des fonctions de l'aire d'étude et l'environnement immédiat

L'ensemble du tracé interne de l'aire d'étude est constitué de quelques voies et de pistes dont certaines sont praticables qu'à pied, menant aux parcelles agricoles et les habitations existantes à partir de la RN11.



Figure 89 Le tracé des voies et des cheminements de l'aire d'étude

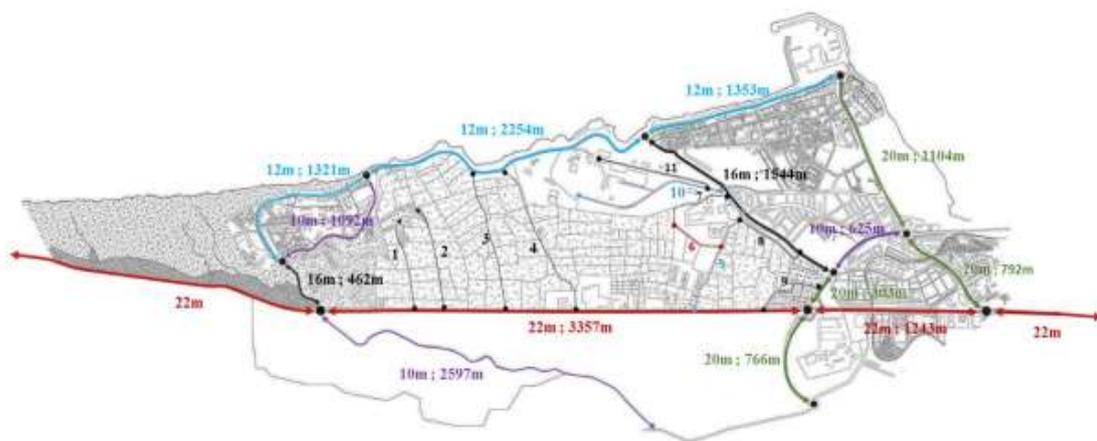


Figure 90 Les longueurs des voies et des cheminements de l'aire d'étude

Le terrain d'étude s'implante sur un site en relief marqué par la présence des pentes. On remarque ainsi que les voies existantes franchissent perpendiculairement les courbes de niveaux.



Figure 91 Superposition des courbes de niveau au terrain d'étude



Figure 92 La topographie de l'aire d'étude

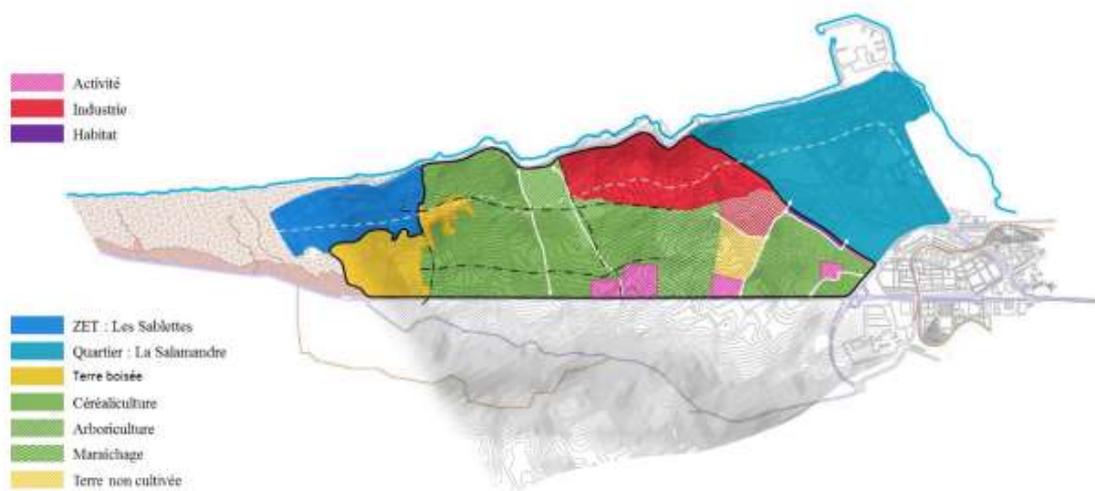


Figure 93 Devisions en secteurs du terrain d'étude

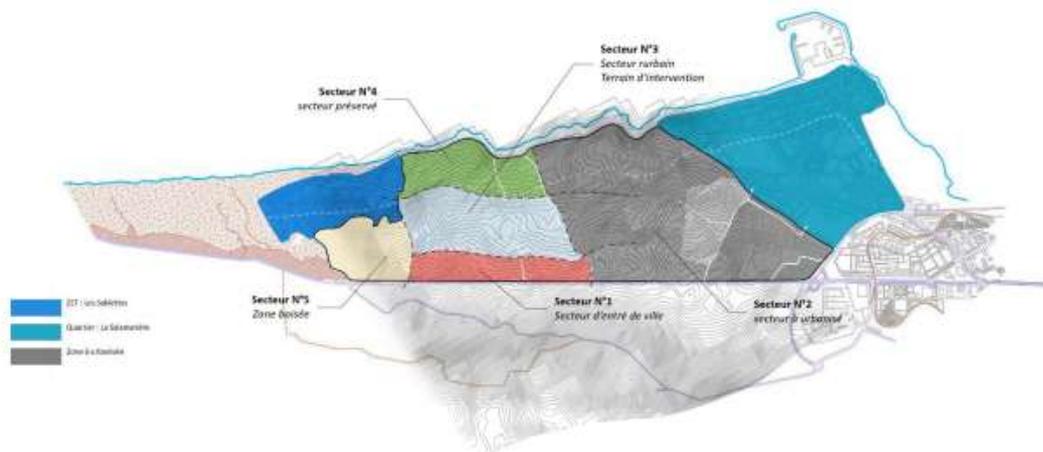


Figure 94 Schéma des différents secteurs



# **Le projet**

**13.1 L'air d'étude :**



**VUE SUR MER**



**TRAMEWAY**



**Eau TRAITE**



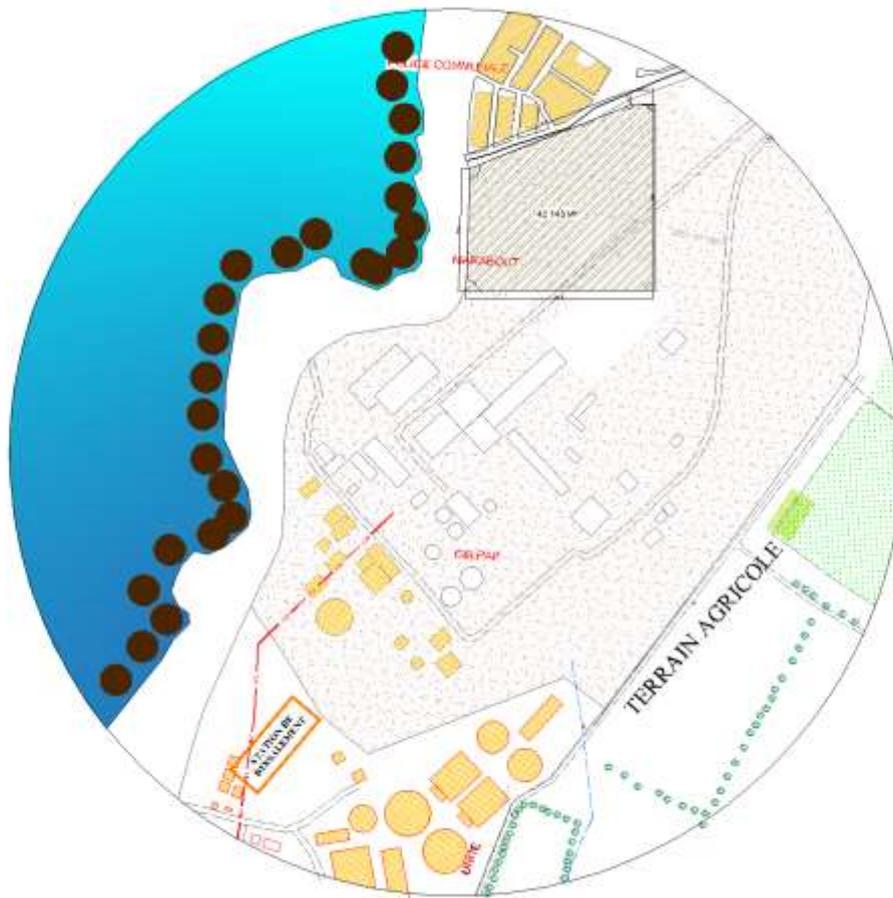
**RUE CW7A**



**STATION D'épuration**



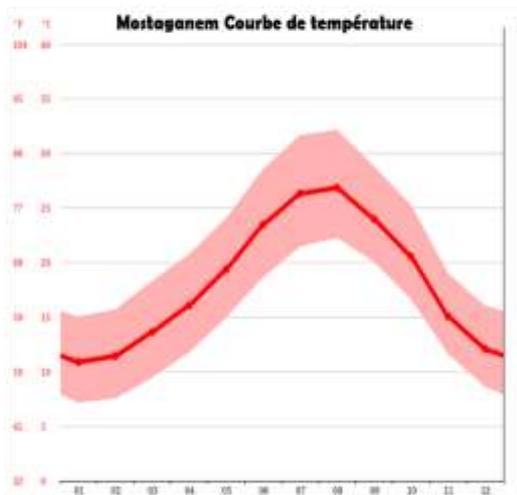
**MARABOUT**



## 13.2 Climatologie :



**Le mois le plus sec est celui de juillet avec seulement 1 mm. Le mois de Novembre, avec une moyenne de 74 mm, affiche les précipitations les plus importantes.**



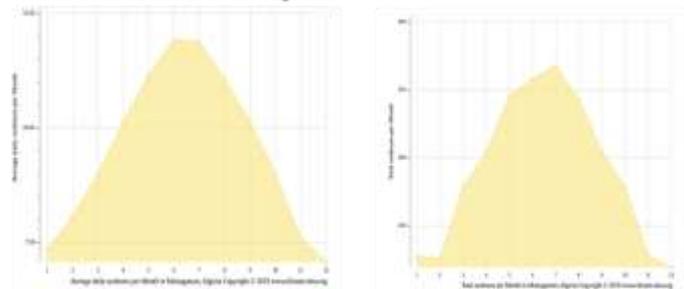
**Aout est le mois le plus chaud de l'année. La température moyenne est de 26.9 °C à cette période. Au mois de Janvier, la température moyenne est de 10.9 °C. Janvier est de ce fait le mois le plus froid de l'année.**

**Mortaganem Tableau climatique**

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température moyenne (°C)	10.9	11.4	12.8	16.1	19.4	23.7	25.2	25.9	24	20.8	16.1	12.1
Température minimale moyenne (°C)	7.2	7.8	9.5	11.3	15	18.7	21.9	22.3	20	16.8	11.9	8.8
Température maximale moyenne (°C)	14.6	15.1	16.1	20.9	23.9	28.7	32.5	33.5	28.9	25.3	19	15.1
Précipitations (mm)	32	41	44	38	24	4	1	1	18	34	74	48
Humidité (%)	78%	75%	74%	70%	65%	62%	62%	64%	67%	71%	74%	75%
Jours de pluie (JAL)	8	9	9	8	5	1	0	0	2	4	7	8

**Une différence de 73 mm est enregistrée entre le mois le plus sec et le mois le plus humide. 16.0 °C de variation sont affichés sur l'ensemble de l'année**

**Heures d'ensoleillement en Mortaganem**



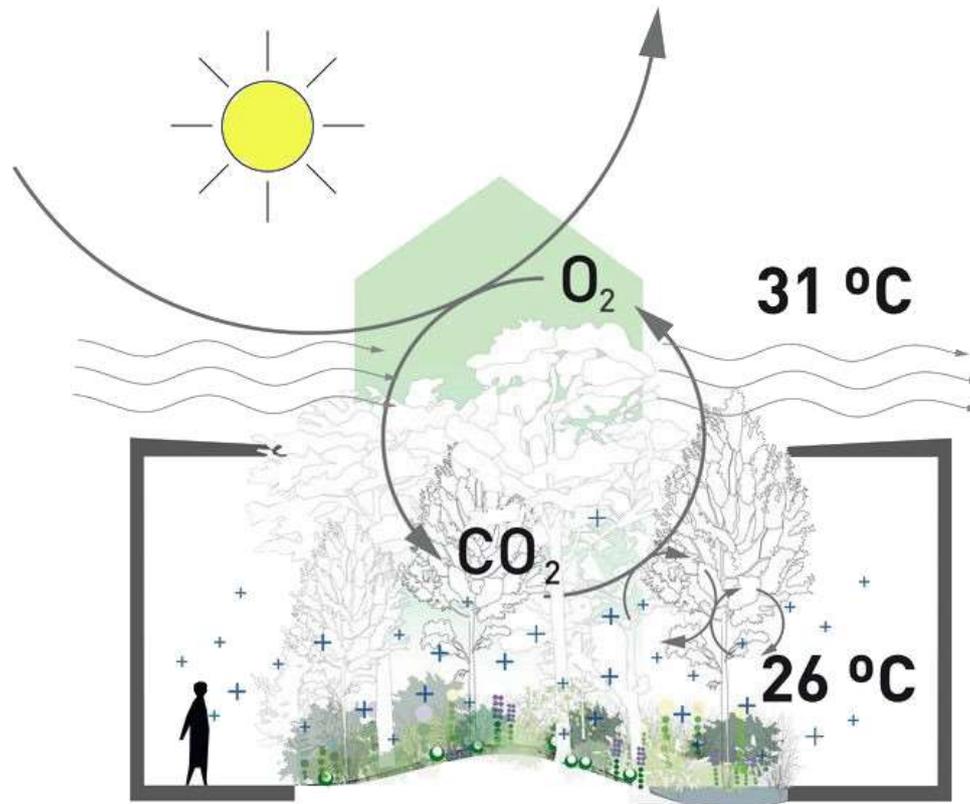
**En Juin, le plus grand nombre d'heures d'ensoleillement quotidien est mesuré à Mortaganem en moyenne. En Juin, il y a en moyenne 11.89 heures d'ensoleillement par jour et un total de 368.13 heures d'ensoleillement en Juin.**

**En Janvier, le nombre d'heures d'ensoleillement quotidien le plus bas est mesuré à Mortaganem en moyenne. En Janvier, il y a en moyenne 7.07 heures d'ensoleillement par jour et un total de 219.32 heures d'ensoleillement.**

**Environ 3481.94 heures d'ensoleillement sont comptées à Mortaganem tout au long de l'année. Il y a en moyenne 114.39 heures d'ensoleillement par mois.**

### 13.3 La première action : A l'échelle du site

A partir de cette dernière, notre mission se débute avec le développement d'un système économique à la Howard pour « intégrer » la nature dans la ville où le végétal, à l'image de l'architecture, est employé afin de renforcer le côté pittoresque du paysage urbain et donner à voir aux passants et aux habitants le spectacle d'une nature idéalisée mais aussi parfaitement maîtrisée. Autrement dit, c'est réaliser une synthèse entre la ville et la végétation.



### 13.4 La deuxième action :

Les schémas ci-après représentent le principe de l'évolution

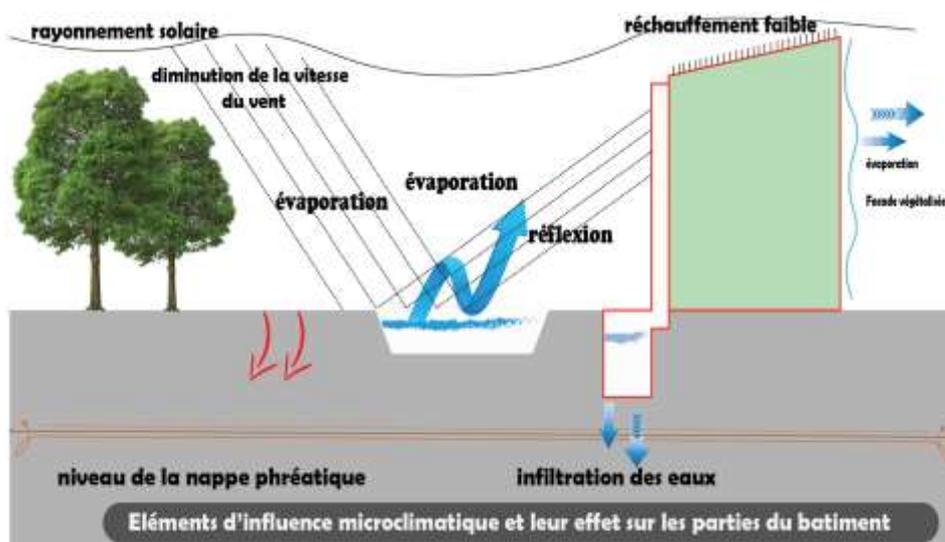


Figure 95 Eléments d'influence microclimatique et leur effet sur la conception

### 13.5 Troisième action :

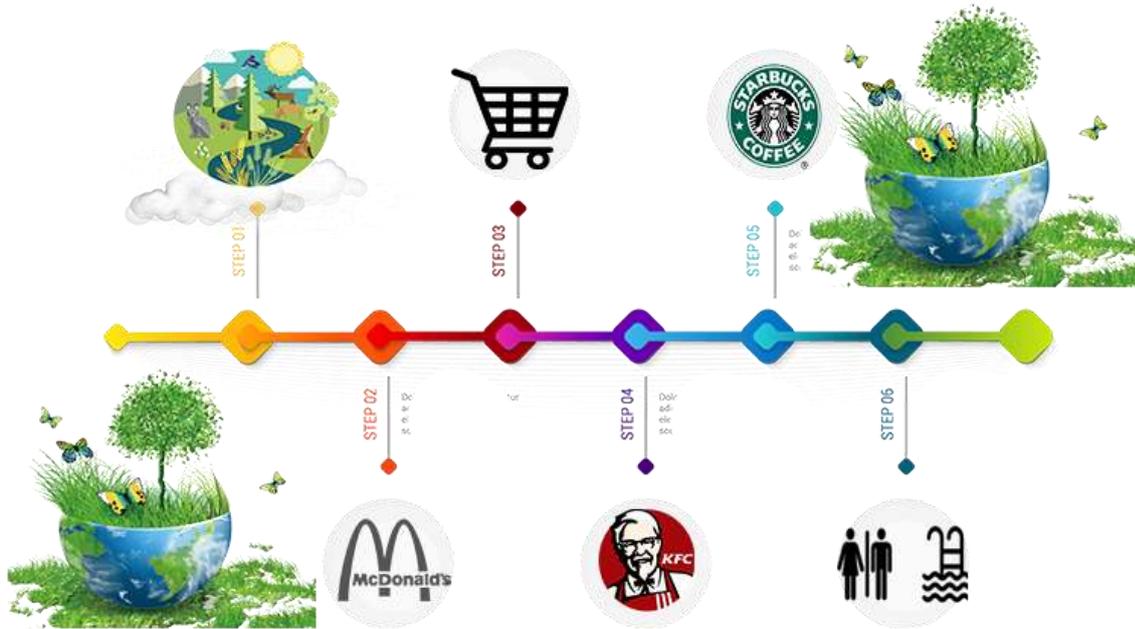


Figure 96 les éléments d'attraction

### 13.6 Quatrième action :

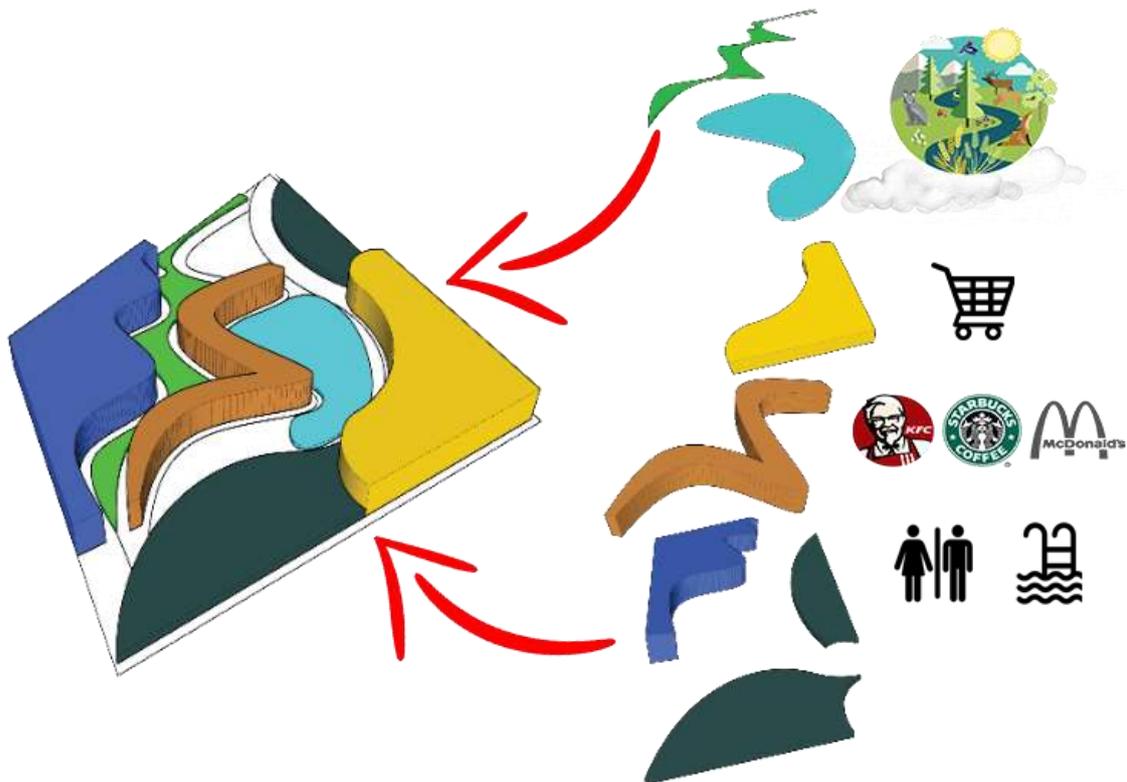


Figure 97 : schéma de développement du tracé et fonctionnement



Figure 98 Plan de masse du site

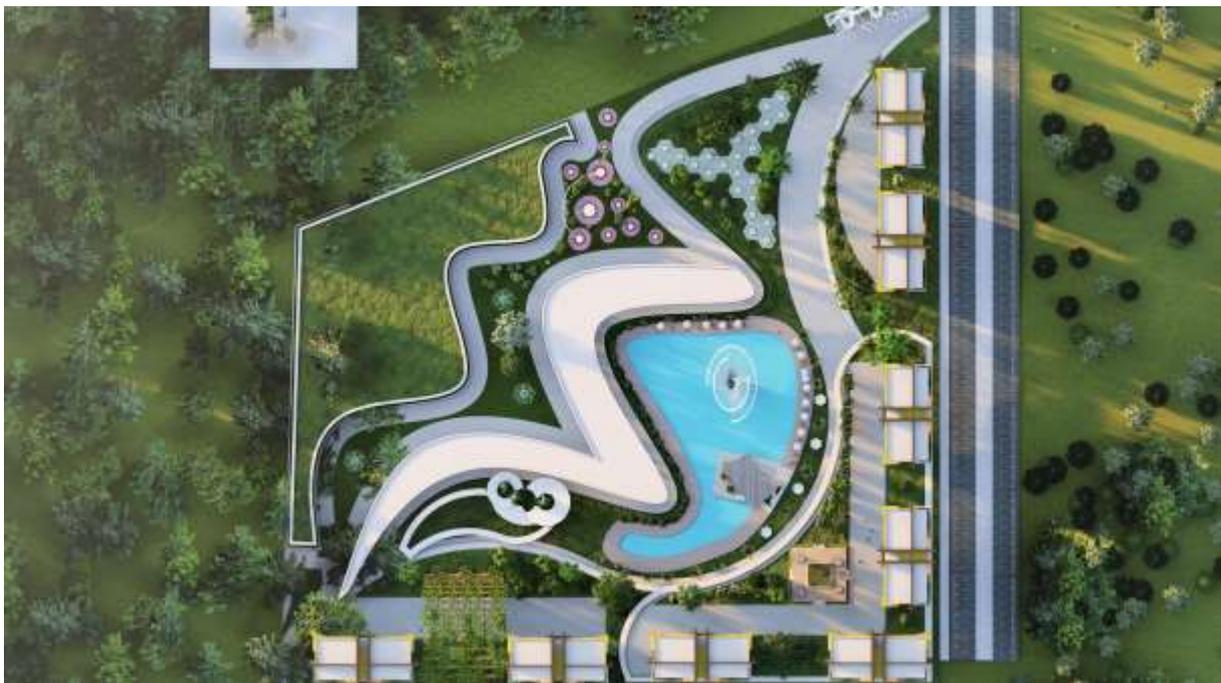


Photo 1 vue aérienne sur l'ensemble





*Photo 2 : Vue perspective sur l'axe de l'eau*



*Photo 3 : photo perspective d'aménagement du pôle commercial*



Photo 4 : photo perspective d'aménagement arbre de purification

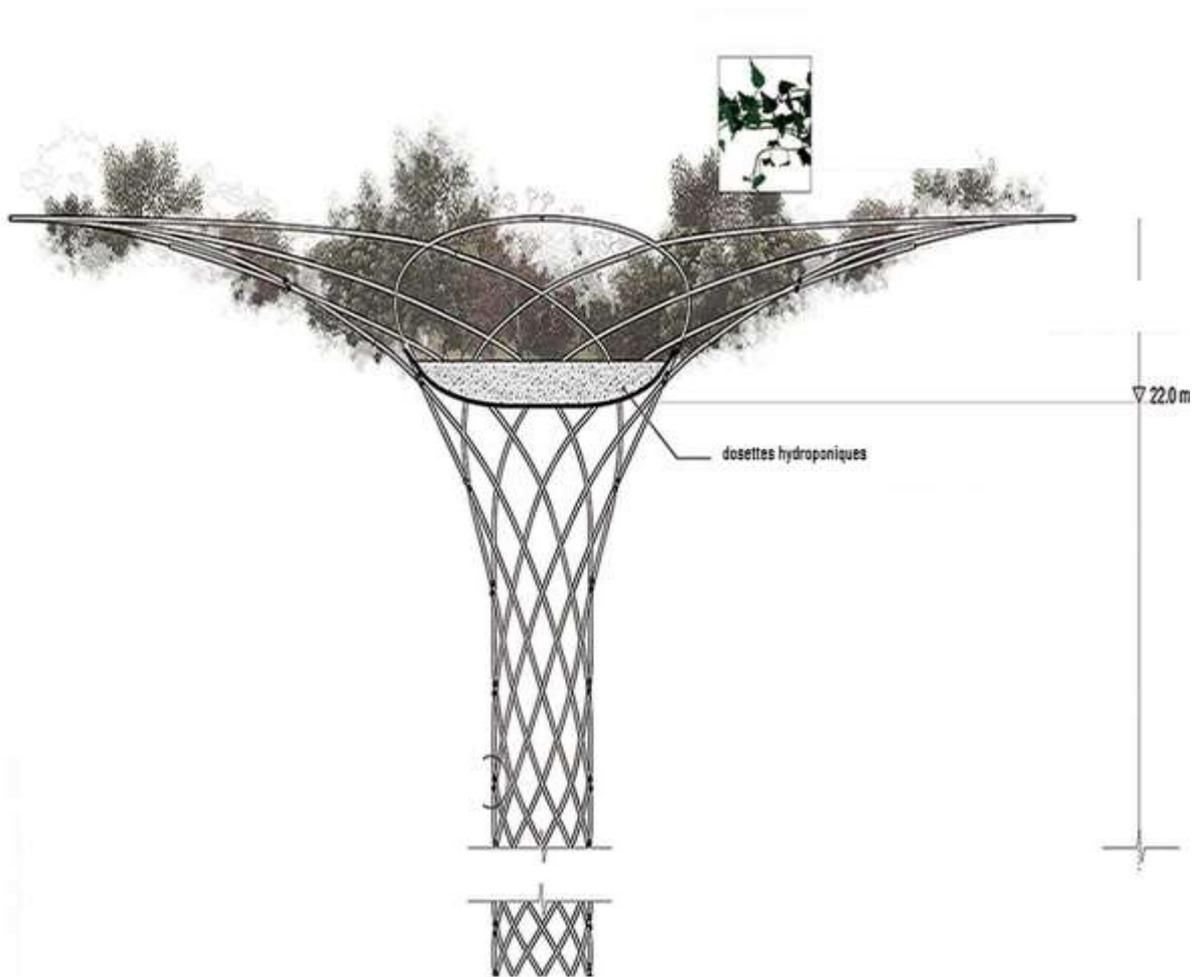


Figure 99 coupe sur l'arbre de purification type 1

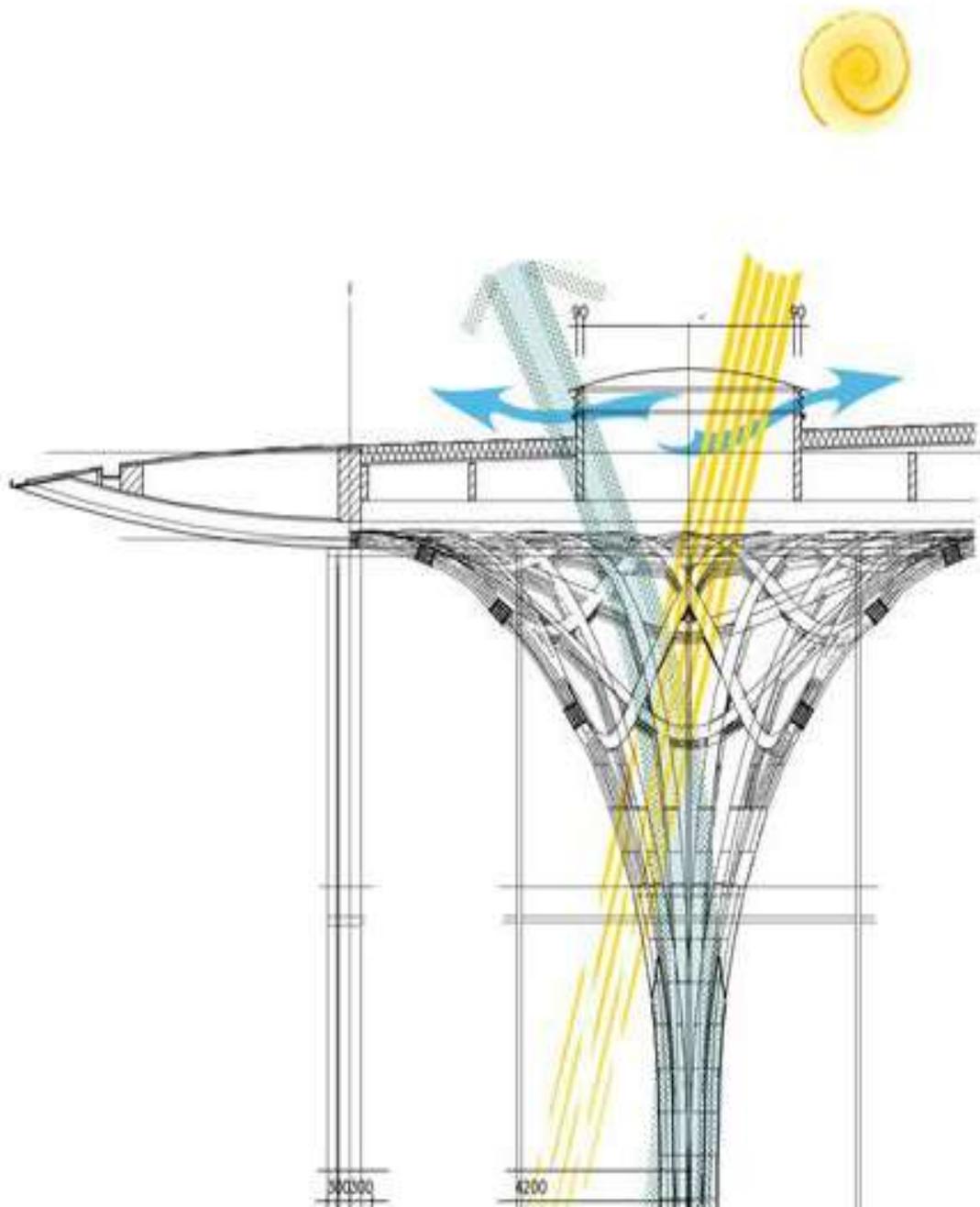


Figure 100 fonctionnement d'un élément d'aménagement type 2

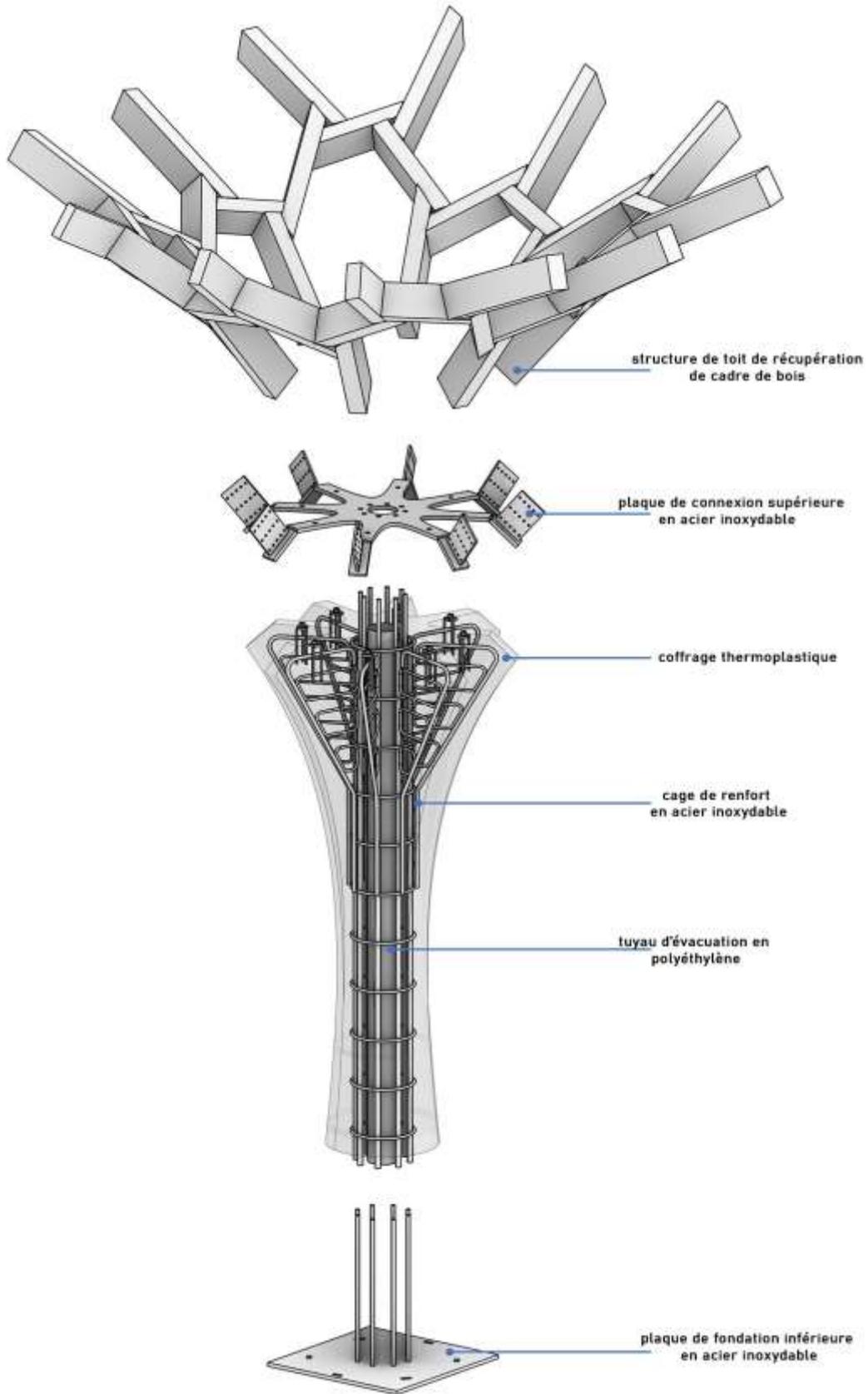


Figure 101 coupe sur la structure d'une arbre artificiel en acier type 3

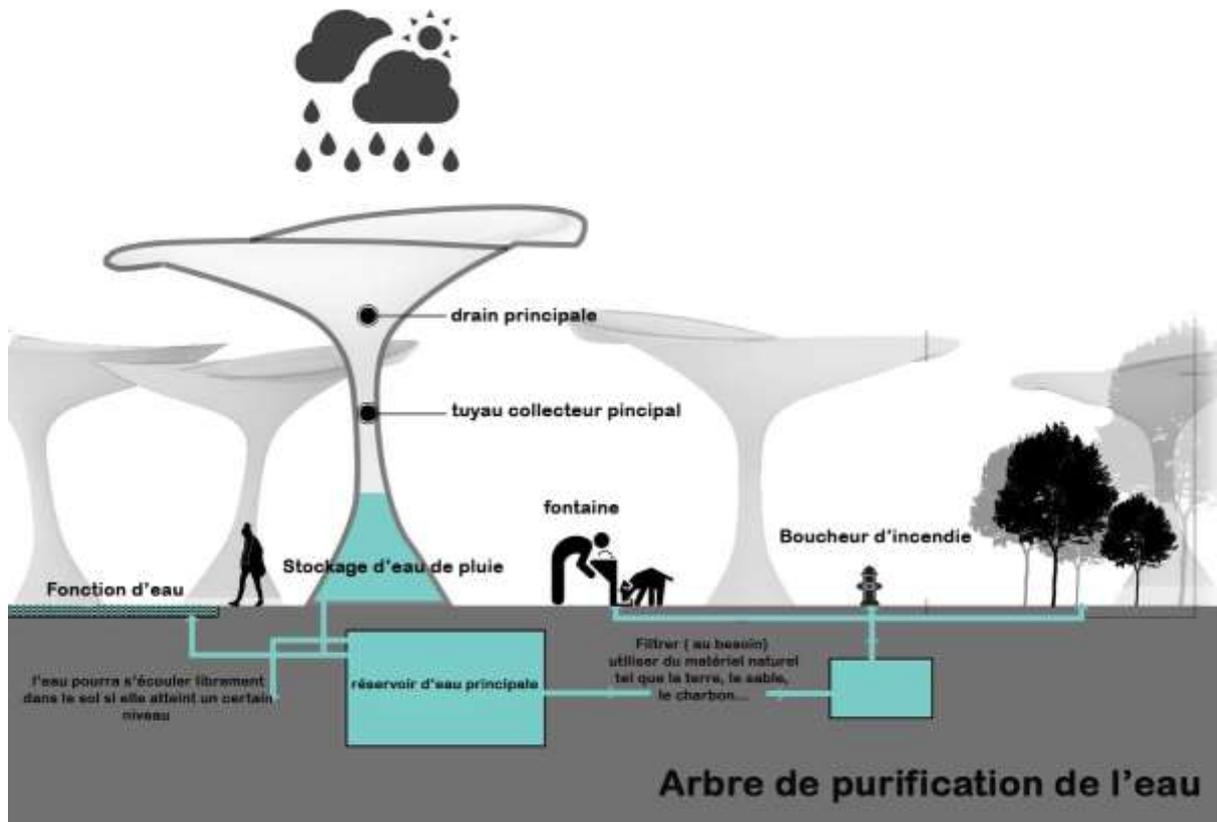


Figure 102 schéma d'un fonctionnement d'arbre de purification de l'eau

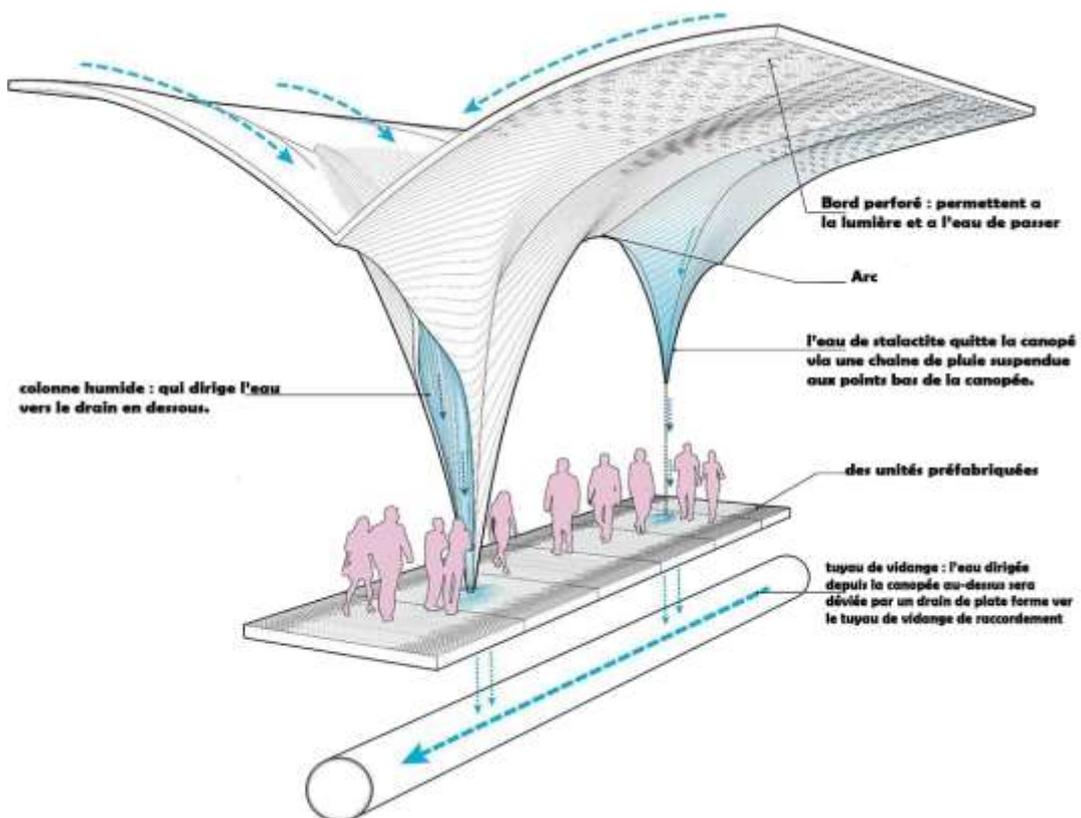


Figure 103 schéma de fonctionnement d'un collecteur d'eau type 4

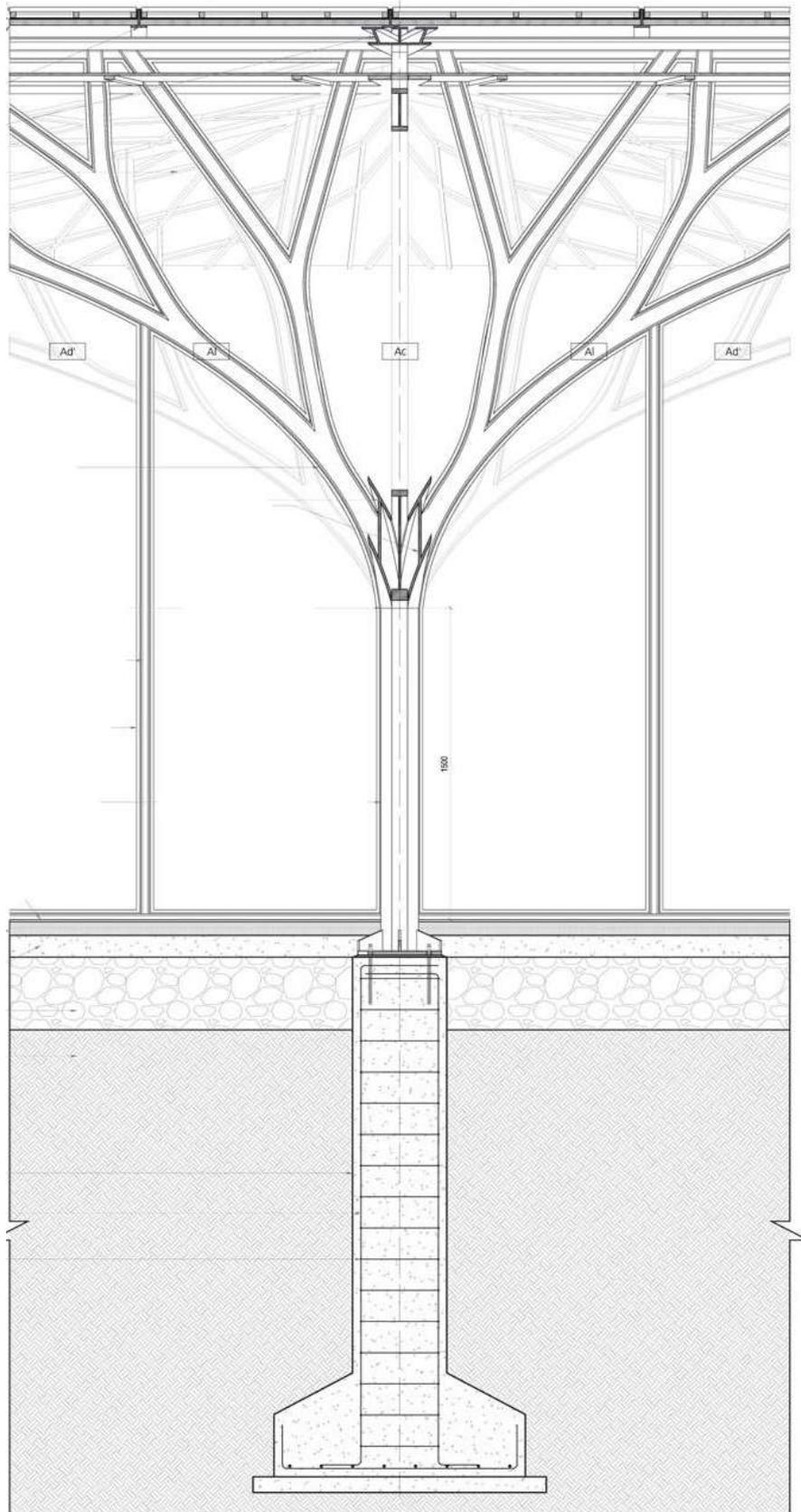


Figure 104 plan de structure et fondation d'un parasol

## 13.7 Cinquieme action :

### 13.7.1 A l'échelle du projet : L'habitat collectif

Dans l'optique de notre orientation à cette échelle, nous étions intéressés aux bâtiments, leurs formes, programme...etc.

Cet équipement est intimement lié et inspiré de l'exemple thématique « Bosco verticale » et l'habitat traditionnel algérienne dans la configuration spatiale, il tend à offrir une large place à la faune et la flore en multipliant les zones de nature, la biodiversité, y compris sur le bâti.



Figure 105 plan de la cellule : duplex



Figure 106 plan 2 de la cellule type F3



Photo 5 photo d'illustration de vue du bâtiment



*Photo 6 photo d'illustration de la façade du bâtiment*



*Photo 7 photo d'illustration de vue d'ensemble*

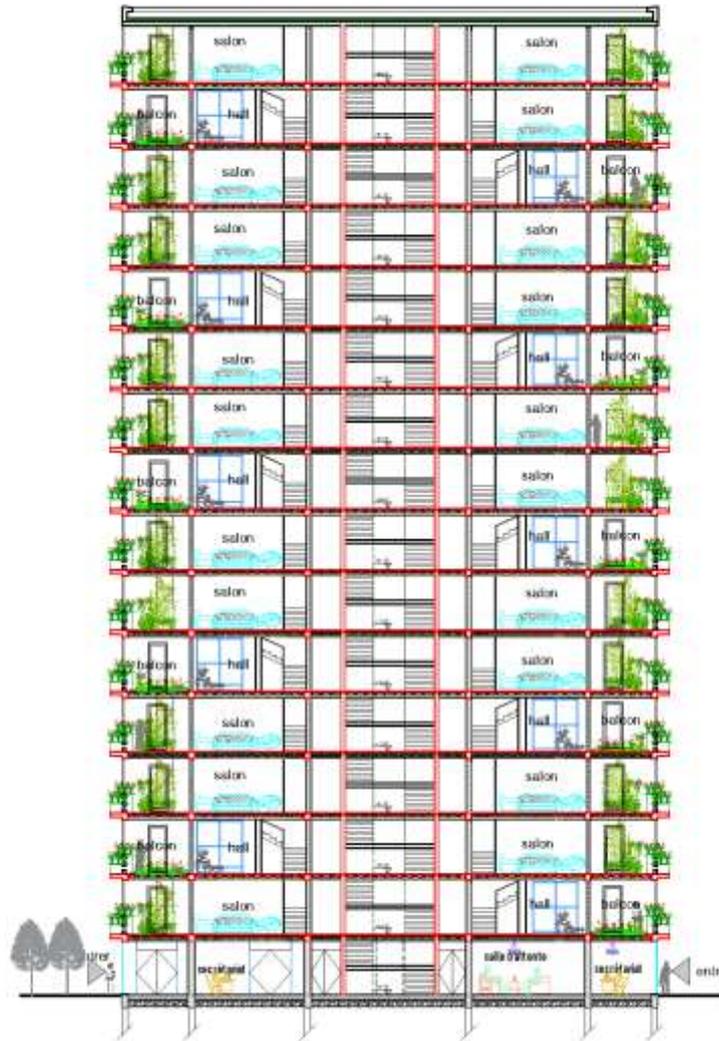
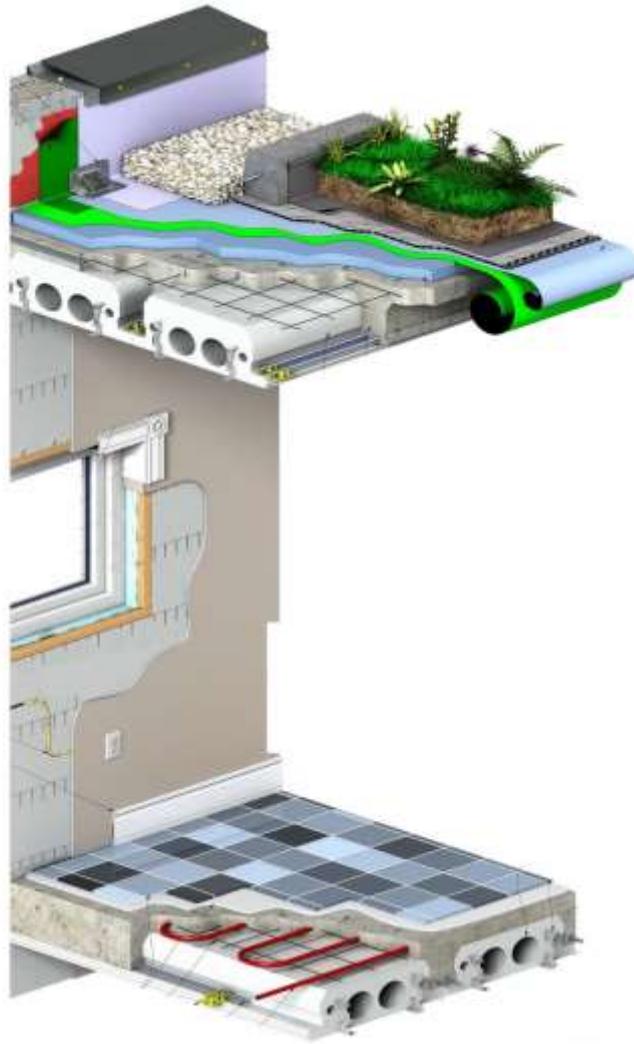


Figure 107 : coupe du bâtiment collectif



*Figure 108 coupe sur le mur*

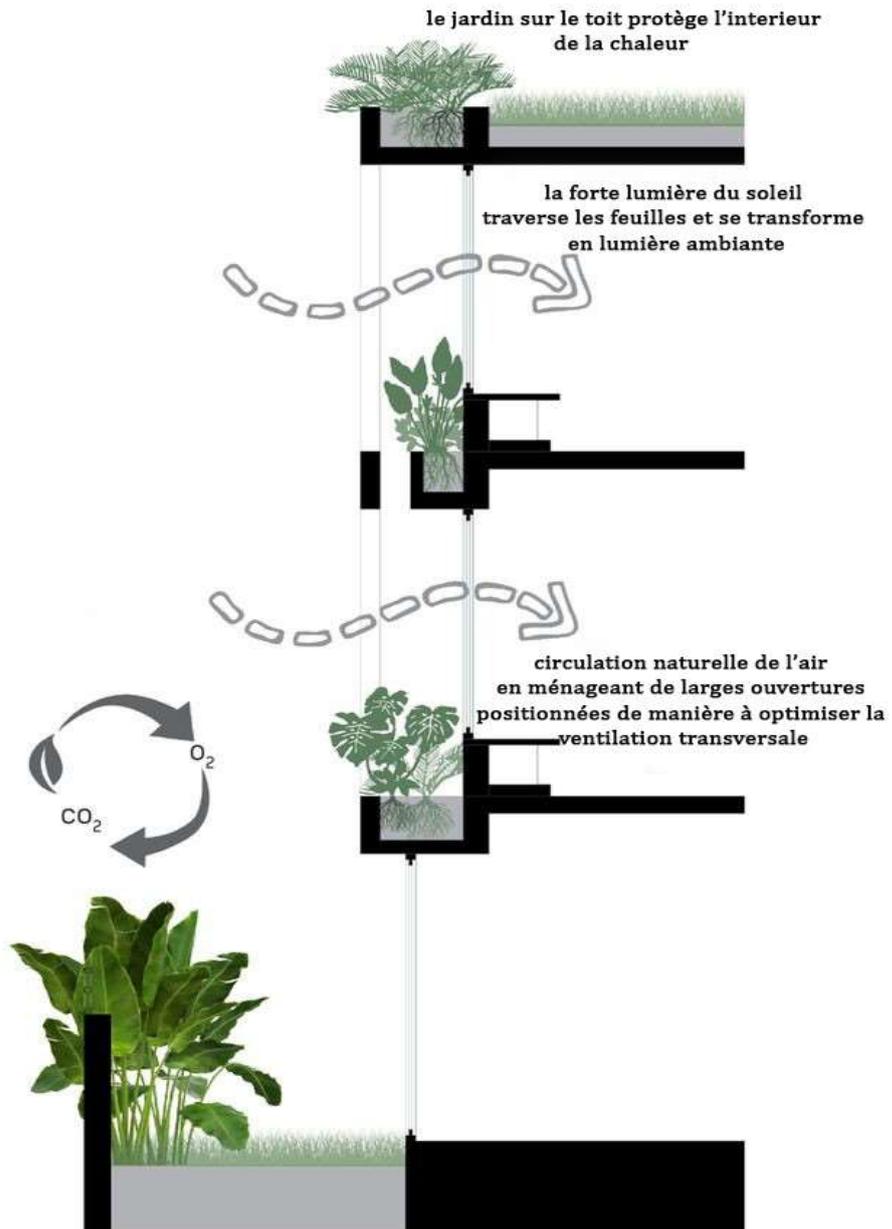


Figure 109 schéma sur le mur et les plantes intégré

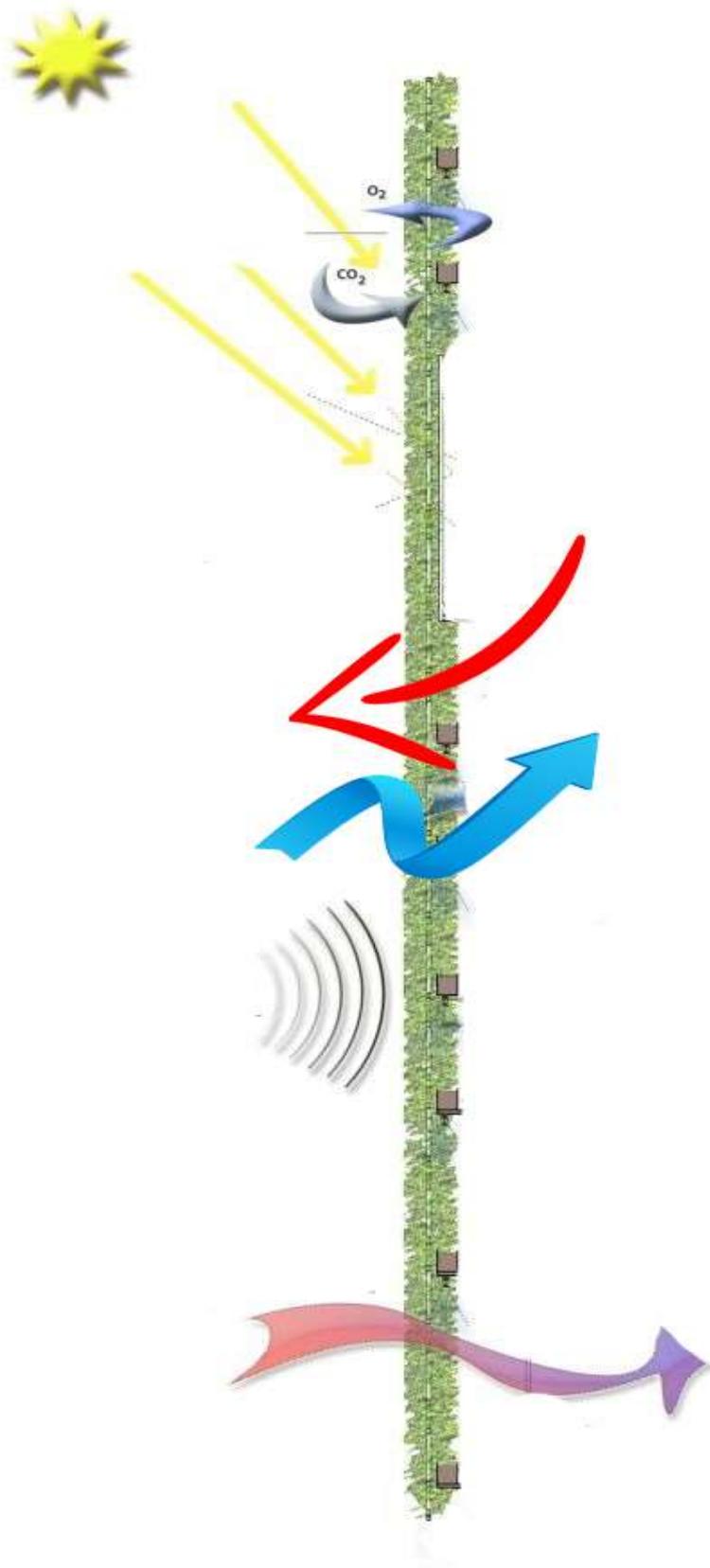


Figure 110 fonctionnement de mur végétalisé

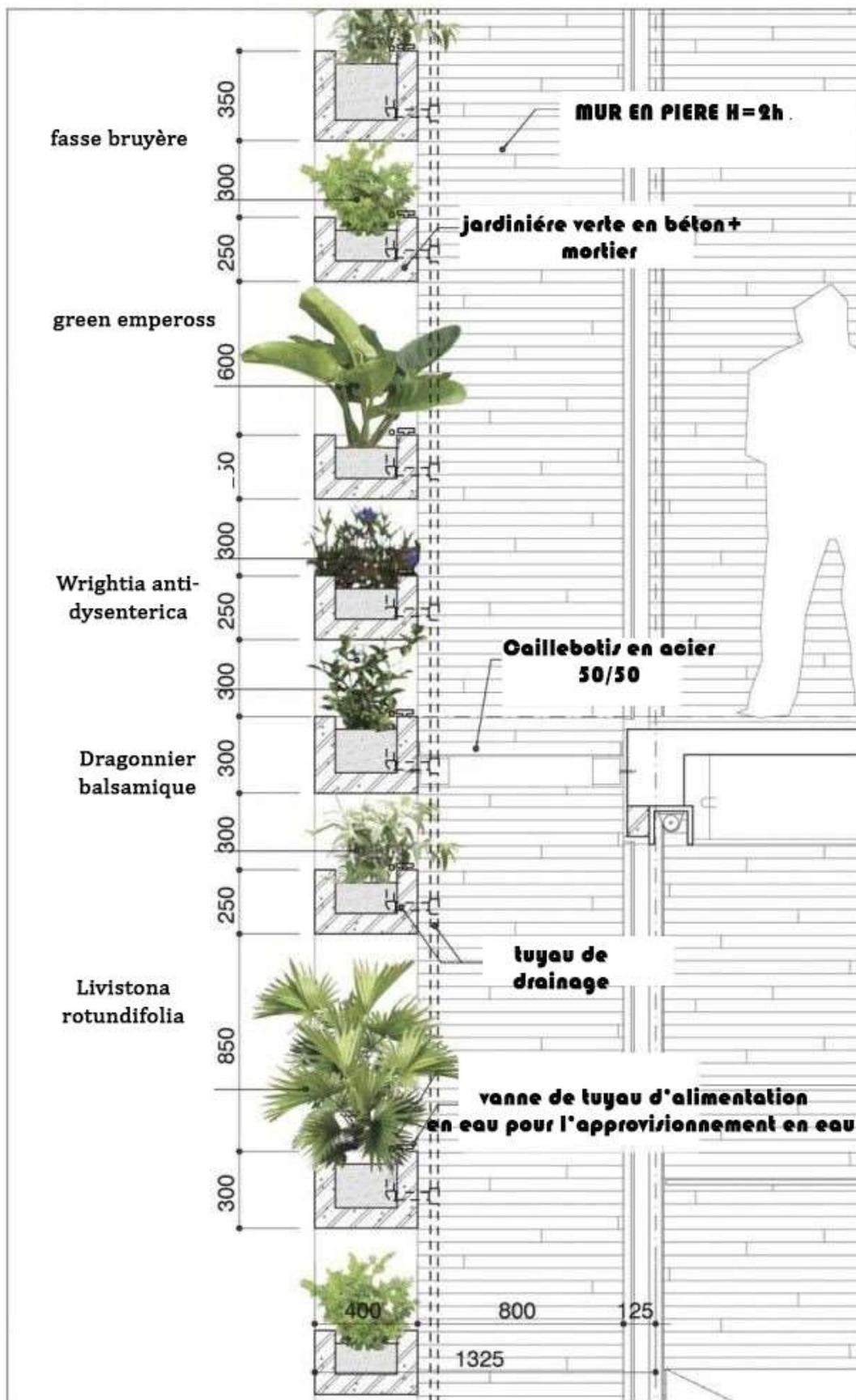


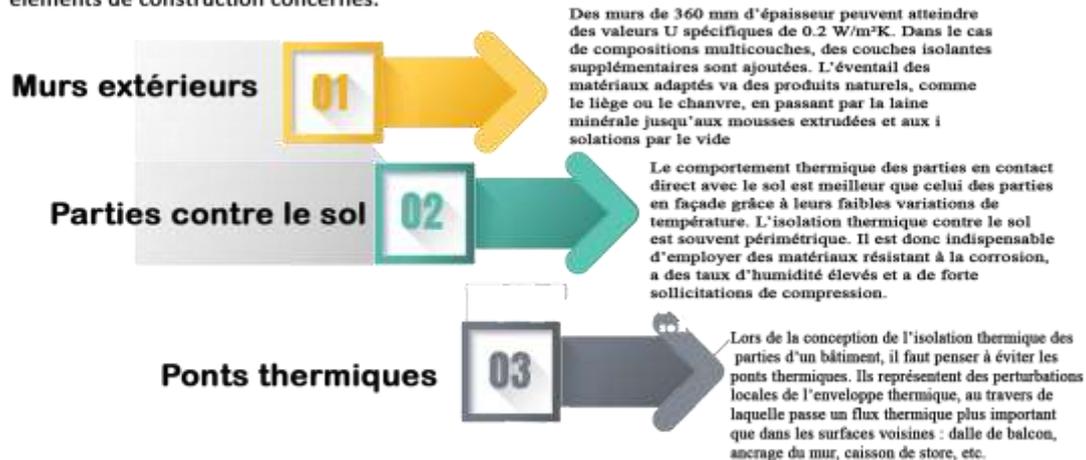
Figure 111 coupe sur le mur végétalisé et types des plantes utilisées

## 13.8 Sixième action :

### 13.8.1 Isolation thermique des parties :

#### • Isolation thermique des parties opaques

Le niveau de déperditions par transmission des enveloppes opaques est en grande partie déterminé par la conductivité thermique des éléments entourant le volume chauffé. Celle-ci est liée aux propriétés spécifiques des matériaux et à la composition des éléments de construction concernés.



Types de paroi	Coefficient de transmission thermique U [W/m <sup>2</sup> K]
Mur plein de 29 cm	2,2
Mur plein de 39 cm	1,8
Mur creux non isolé	1,7
Mur plein bardé isolé	0,5
Mur de pierre non isolé de 30 cm / 40 cm / 50 cm / 60 cm	3,9 / 3,5 / 3,2 / 2,9
Mur de béton cellulaire de 25 cm / 30 cm / 35 cm	0,7 / 0,6 / 0,5

**Le coefficient de transmission thermique U est la quantité de chaleur traversant la paroi du matériau en régime continu par unité de temps, par unité de surface et par unité de différence de température entre les atmosphères situées de part et d'autre de la paroi. Il s'exprime en W/m<sup>2</sup>K. Plus sa valeur est faible et plus la paroi est isolée.**

Figure 112 types de paroi

Le coefficient K définit le niveau d'isolation thermique global d'un bâtiment. Plus il est bas, plus la perte d'énergie du bâtiment est faible. Cette valeur K est calculée sur la base des valeurs U et de la compacité du bâtiment.

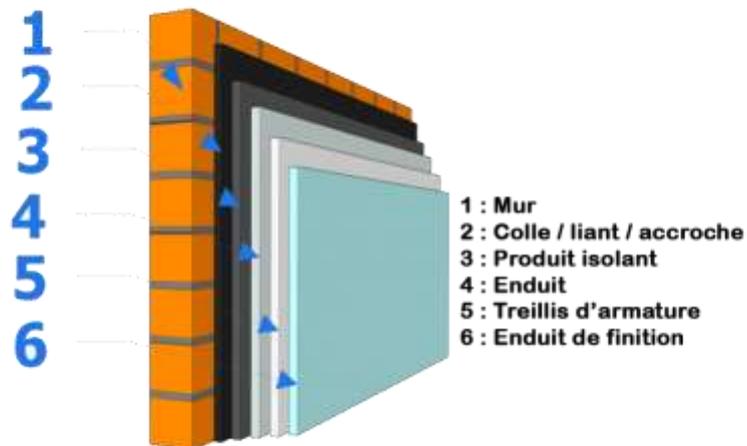
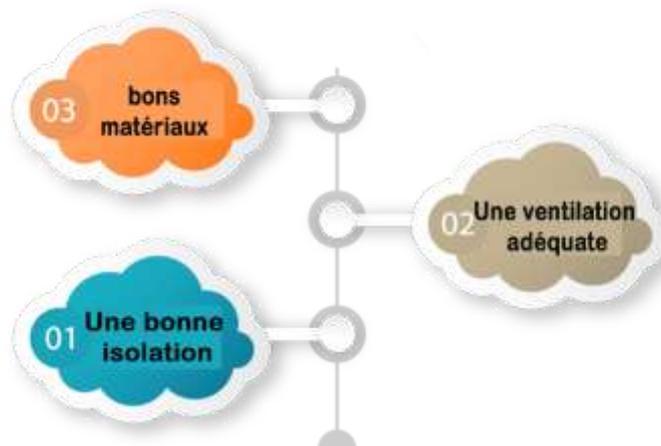


Figure 113 schéma sur la structure d'un mur

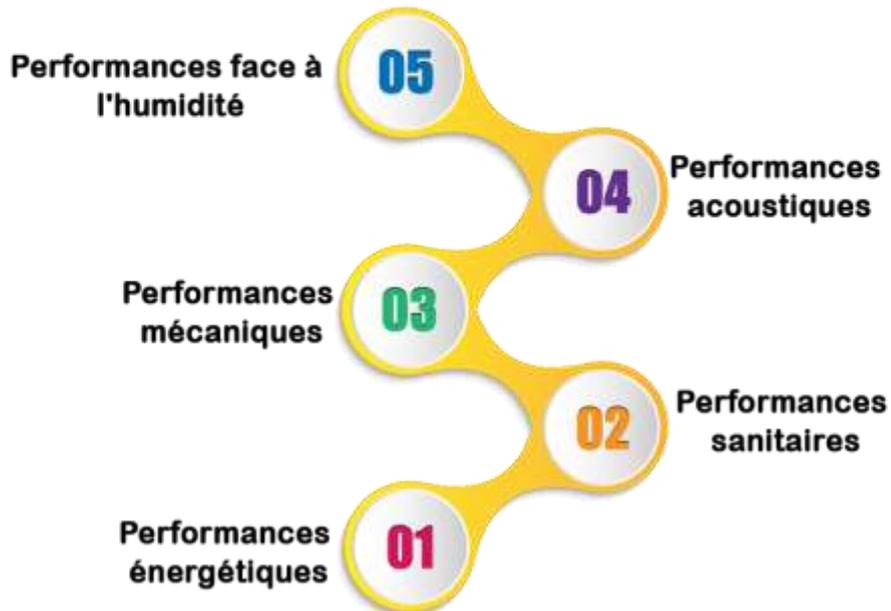
Dans le même temps, la construction durable se doit de tout mettre en œuvre pour limiter l'impact de la construction sur l'environnement et pour assurer la plus grande qualité de vie possible aux occupants et un environnement sain et confortable grâce à :



## 13.8.2 Type de mur :

### le Mono mur de béton cellulaire ou de terre cuite

La cloison terre cuite offre à vos projets de nombreux avantages :



### Performances énergétiques

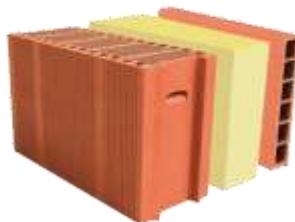
L'intérêt des briques de cloison en matière de performance énergétique est triple ::

Isolation thermique  
bloc béton  
+ 10 cm de laine minérale  
+ cloison de doublage brique plâtrière



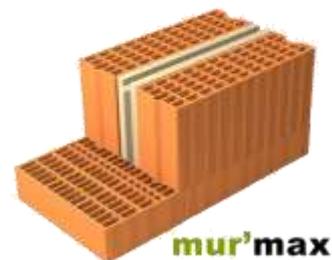
$$R_{t0} = 3,55 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Isolation thermique  
brique bgv'thermo+  
+ 10 cm de laine minérale  
+ cloison de doublage brique plâtrière



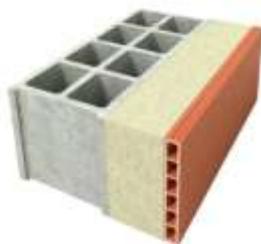
$$R_{t0} = 4,85 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Isolation thermique  
brique bgv<sup>15</sup>  
+ isolant 12 cm  
+ brique bgv<sup>15</sup>



$$R_{t0} = 7,15 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

**Isolation thermique bloc béton**  
 + 10 cm de laine minérale  
 + cloison de doublage brique plâtrière



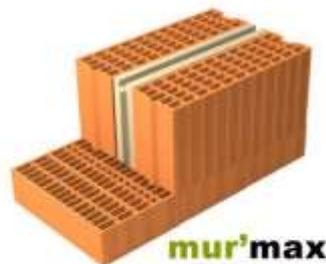
$R_{th} = 3,55 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

**Isolation thermique brique bgv'thermo+**  
 + 10 cm de laine minérale  
 + cloison de doublage brique plâtrière



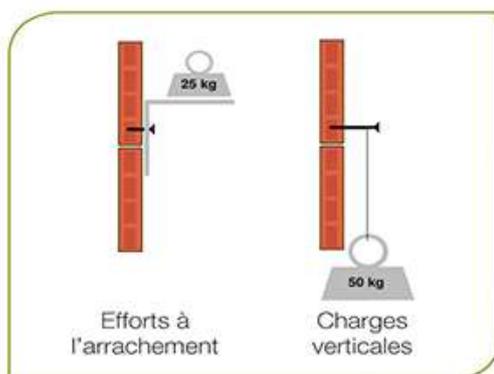
$R_{th} = 4,85 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

**Isolation thermique brique bgv<sup>15</sup>**  
 + isolant 12 cm  
 + brique bgv<sup>15</sup>



$R_{th} = 7,15 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

## Performances mécaniques



## Performances sanitaires



### 13.8.2.1 Fiche technique BGV

<b>Autres classements, Certificats, Labels, Marques</b>	
<b>Autres :</b>	Tenue au feu :EI30 avec complexe Th 38 (18 + 80) pour BGVCosto
<b>Classements</b>	
<b>Classement de réaction au feu :</b>	A1
<b>Couleur et finition</b>	
<b>Aspect :</b>	à enduire ; à peindre
<b>Dimensions</b>	
<b>Longueur :</b>	à partir de 40 cm
<b>Hauteur :</b>	entre 21 cm et 50 cm
<b>Largeur :</b>	(l x h x p) : 50 x 21,2 x 20 cm ; 50 x 31,4 x 20 cm ; 57 x 31,4 x 15 cm (BGV Primo) ; 50 x 31,4 x 20 cm (BGV Thermo et BGV Costo).

<b>Divers</b>	
Accessoires :	appui ; arase ; coffre volet roulant ; poteau ; tableau
<b>Compléments de gamme :</b>	mortier-colle (PoseBrikC).
<b>Mise en œuvre</b>	
Mise en œuvre :	à joint mince au mortier-colle à l'aide d'un rouleau distributeur en 3mm d'épaisseur.
<b>Performances acoustiques</b>	
Indice d'affaiblissement acoustique aux bruits aériens (Rw) :	55 dB (enduit 1 face + polystyrène élastifié (13 + 80 mm)).
<b>Performances thermiques</b>	
Résistance thermique (R) :	0,75 à 1 m <sup>2</sup> .K/W selon type de maçonnerie isolante.
<b>Poids / Volume / Masse</b>	
Poids :	entre 12.8 kg et 21.4 kg

#### Autres caractéristiques techniques du produit

Caractéristiques techniques :

Nombre au m<sup>2</sup>; : 5,5/ 6,35 ou 9,4 unités. ; Résistance mécanique: 60kg/cm<sup>2</sup>; (BGVPrimo et BGVThermo), 70kg/cm<sup>2</sup>; (BGVCosto).

### 13.8.3 Les isolants utilisés :



Photo 8 les matériaux isolants

### 13.8.4 Détail des matériaux isolants :

Matériau isolant	Masse volumique (kg/m <sup>3</sup> )	valeur de calcul de la conductivité (W/mK)	indice de résistance à la diffusion de la vapeur (u)	Norme de produit	Forme du produit
<b>Anorganique</b>					
Silicate de calcium	115-290	0.045-0.070	2/20	<sup>2</sup>	Plaque
Laine de verre/laine de roche	12-250	0.035-0.050	1/2	EN 13162	plaque, non tissé, laine de bourrage
Verre cellulaire (CG)	100-150	0.040-0.060	pratiquement étanche à la vapeur	EN 13167	plaque, remplissage
Perlite expansée	60-300	0.050-0.065	2/5	EN 13169	plaque, remplissage
Argile expansée	260-500	0.100-0.160	2	EN 14063	remplissage
Vermiculite	60-180	0.065-0.070	2/3	<sup>2</sup>	remplissage
<b>Organique</b>					
Fibre de polyster	15-45	0.035-0.045	1	<sup>2</sup>	Non tissé
Mousse de polyster expansé (EPS)	15-30	0.035-0.040	20/100	EN 13163	plaque
Mousse de polyster extrudé (XPS)	25-45	0.030-0.040	80/250	EN 13164	plaque
Mousse de polyuréthane (PUR)	>30	0.020-0.035	30/100	EN 13165	plaque, mousse sur place
Coton	20-60	0.040-0.045	1/2	<sup>2</sup>	natte, feutre, laine de bourrage, produit à souffler
Lin	25	0.040-0.045	1/2	<sup>2</sup>	plaque, natte, feutre, laine de bourrage
Fibre de chanvre	20-70	0.040-0.045	1/2	<sup>2</sup>	plaque
Plaque de fibres de bois ( WF)	45-450	0.040-0.070	1/5	EN 13171	plaque
Plaque de laine de bois (WW)	360-570	0.065-0.090	2/5	EN 13168	plaque
Fibre de coco	50-140	0.045-0.050	1/2	18165-/-2	natte, feutre, laine de bourrage
Liège expansé (ICB)	80-500	0.040-0.055	5/10	EN 13170	remplissage, plaque
Laine de mouton	20-80	0.035-0.040	1/2	<sup>2</sup>	natte, feutre, laine de bourrage
Fibre de cellulose	30-100	0.035-0.040	1/2	<sup>2</sup>	produit à souffler, plaque
<b>Isolants innovants</b>					
EPS graphit	15-30	0.032	20/100	EN 13163	Plaque
isolation transparente	<sup>4</sup>	0.4-0.6 <sub>3</sub>	pratiquement étanche à la vapeur	<sup>2</sup>	panneau
Plaque à isolation sous vide (PIV)	150-300	0.004-0.008	pratiquement étanche à la vapeur	<sup>2</sup>	panneau

<sup>2</sup> Autorisé par les organismes de contrôle du bâtiment.

<sup>3</sup> le matériau isolant sert à l'effet isolant statique mais aussi aux gains solaires.

<sup>4</sup> Fortement dépendant de la fabrication.

### 13.8.5 Le vitrage :

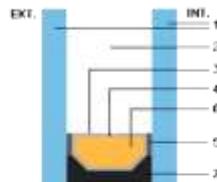
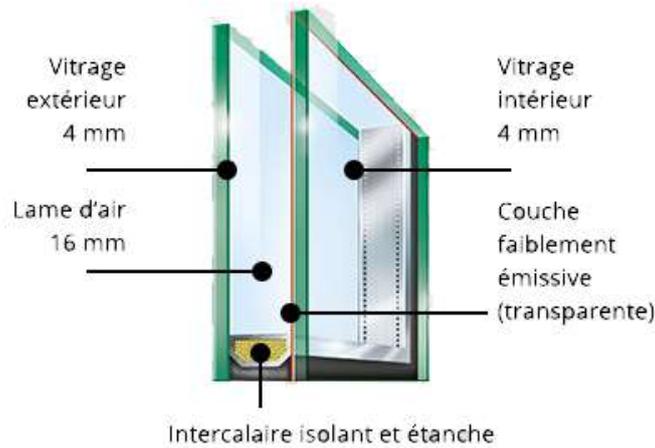
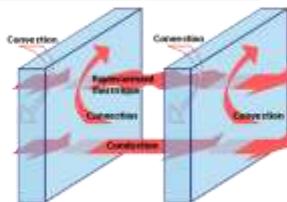


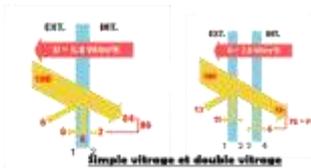
Schéma principe double vitrage à verre clair.

1. Feuilles de verre.
2. Air et/ou gaz déshydraté.
3. Espaceur fixant l'espace entre les feuilles de verre.
4. Ouverture pour l'absorption d'humidité.
5. Première barrière d'étanchéité en polyisobuthylène.
6. Dessicant.
7. Seconde barrière d'étanchéité en polyuréthane, silicone ou polysulfure.

#### Les modes de transmission de chaleur



#### Caractéristiques énergétiques



#### Caractéristique lumineuse

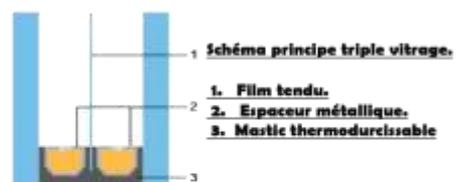
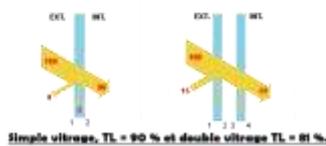


Schéma principe triple vitrage.

1. Film tendu.
2. Espaceur métallique.
3. Mastic thermodurcissable

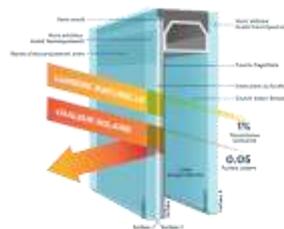
Le vitrage est formé par trois feuilles de verre séparant deux espaces d'air. Caractéristiques énergétiques et lumineuses

L'isolation thermique que procure un triple vitrage est meilleure que celle d'un double vitrage. Le coefficient de transmission thermique U d'un tel vitrage est de 1,9 W/m²K pour un triple vitrage ordinaire (deux lames d'air.) mais peut descendre jusqu'à 0,5 W/m²K pour les triples vitrages à gaz isolants.

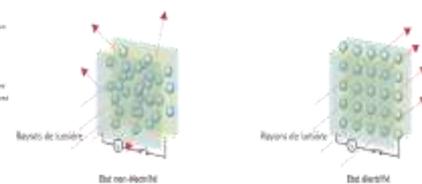
Par contre, les gains solaires et la transmission lumineuse sont diminués par la présence du troisième verre.

#### Les verres adaptatifs

##### Verres électrochromes



##### Verres à cristaux liquides

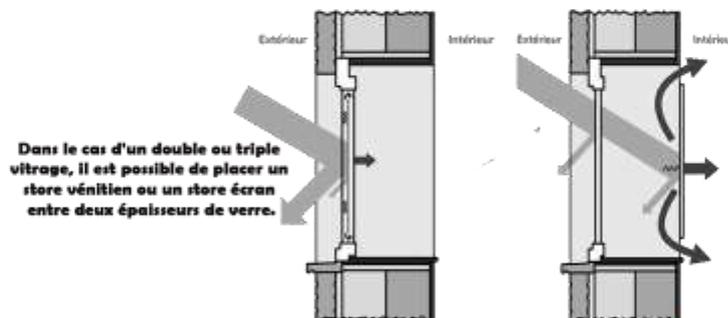
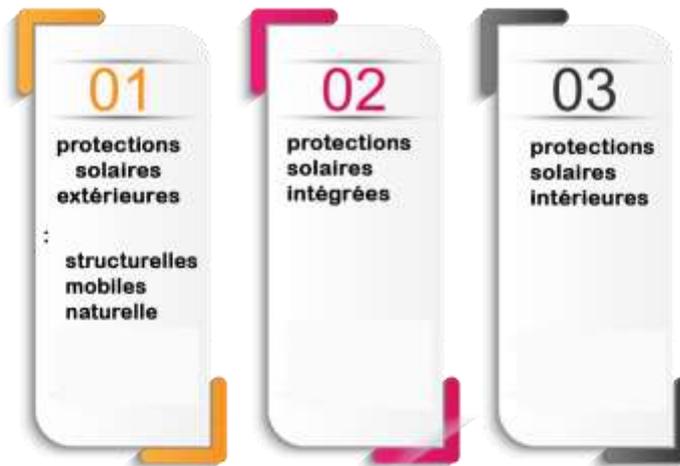


### 13.8.5.1 Type de vitrage :

Type de vitrage		Coefficient U [W/m <sup>2</sup> K]	Transmission lumineuse LTA [%]	Facteur solaire [%]	Réflexion
Simple	Clair	5,8	90	86	Neutre
	(8 mm)				
Double	Clair	2,8	81	76	Neutre
	Clair, peu émissif	1,6	70	55	Neutre
	Clair, absorbant	2,8	36 à 65	46 à 67	Vert, bronze, bleu, rose, etc.
	Clair, réfléchissant	2,8	7 à 66	10 à 66	Argenté, métallique, doré, gris, vert, bleu, etc.
	Clair, peu émissif et réfléchissant	1,6	71	40	Neutre
	Clair, peu émissif + gaz isolant	1,0 à 1,3	70	55	Neutre
	Clair, peu émissif, réfléchissant + gaz isolant	1,0 à 1,3	71	40	Neutre
Triple	Clair, isolant	0,7 à 0,6	0,71	0,5	Neutre
	Clair, perméable au rayonnement solaire	0,8 à 0,6	0,73	0,6	Neutre
	Clair, très isolant	0,5	0,67 à 0,70	0,47 à 0,49	Neutre
	Clair, solaire	0,5	0,53 à 0,55	0,25 à 0,38	Coloration neutre à légère (bleu, gris, vert)

### 13.8.6 Protection solaire :

En complément aux éléments précédents, le projet peut opter pour des protections solaires issues des familles suivantes :



Store à lamelles



Store vénitien



Stores en toile (écrans ou stores plissés)

### 13.8.7 Les toitures :

## DES TOITS QUI RETIENNENT L'EAU

Les toits verts varient selon les types de plantes utilisées et la forme, mais ils peuvent comprendre tout ou partie des éléments suivants:

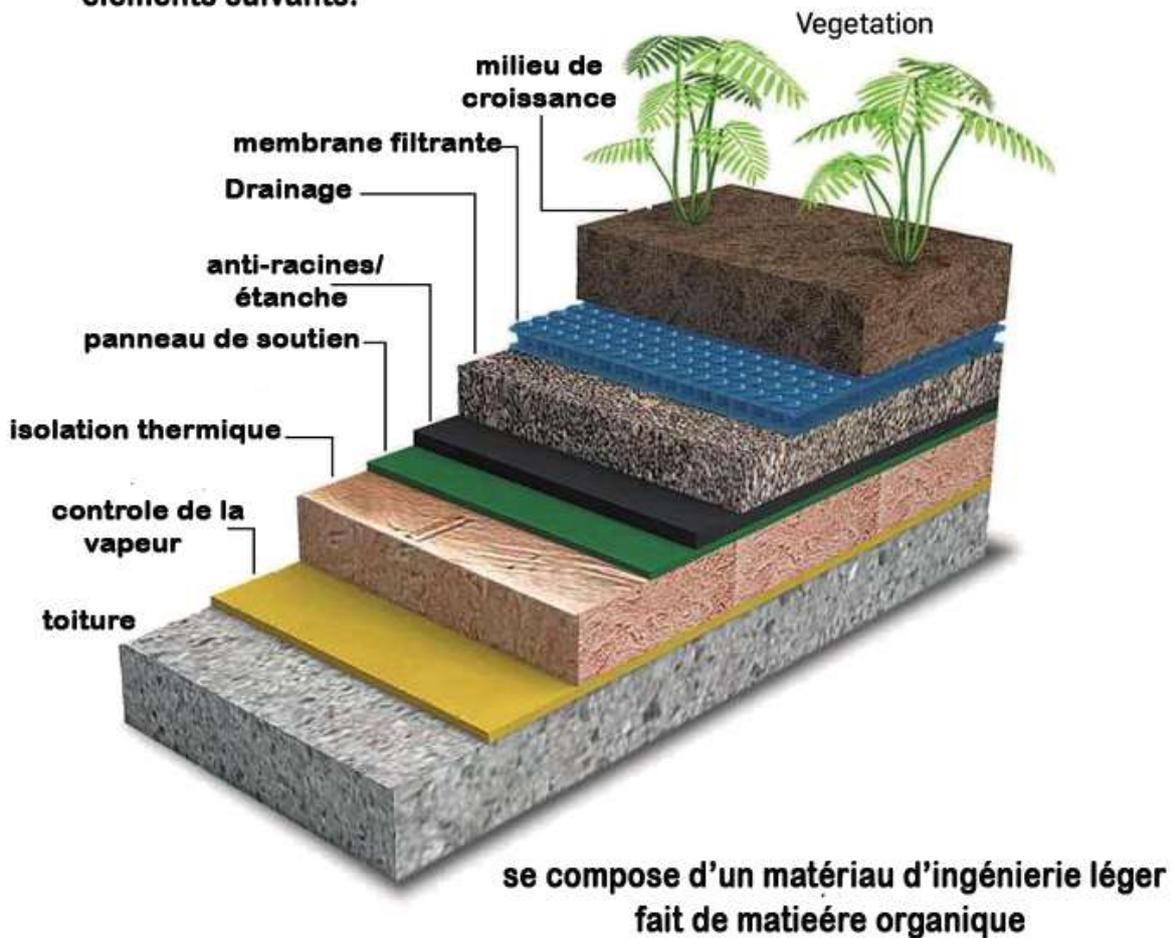
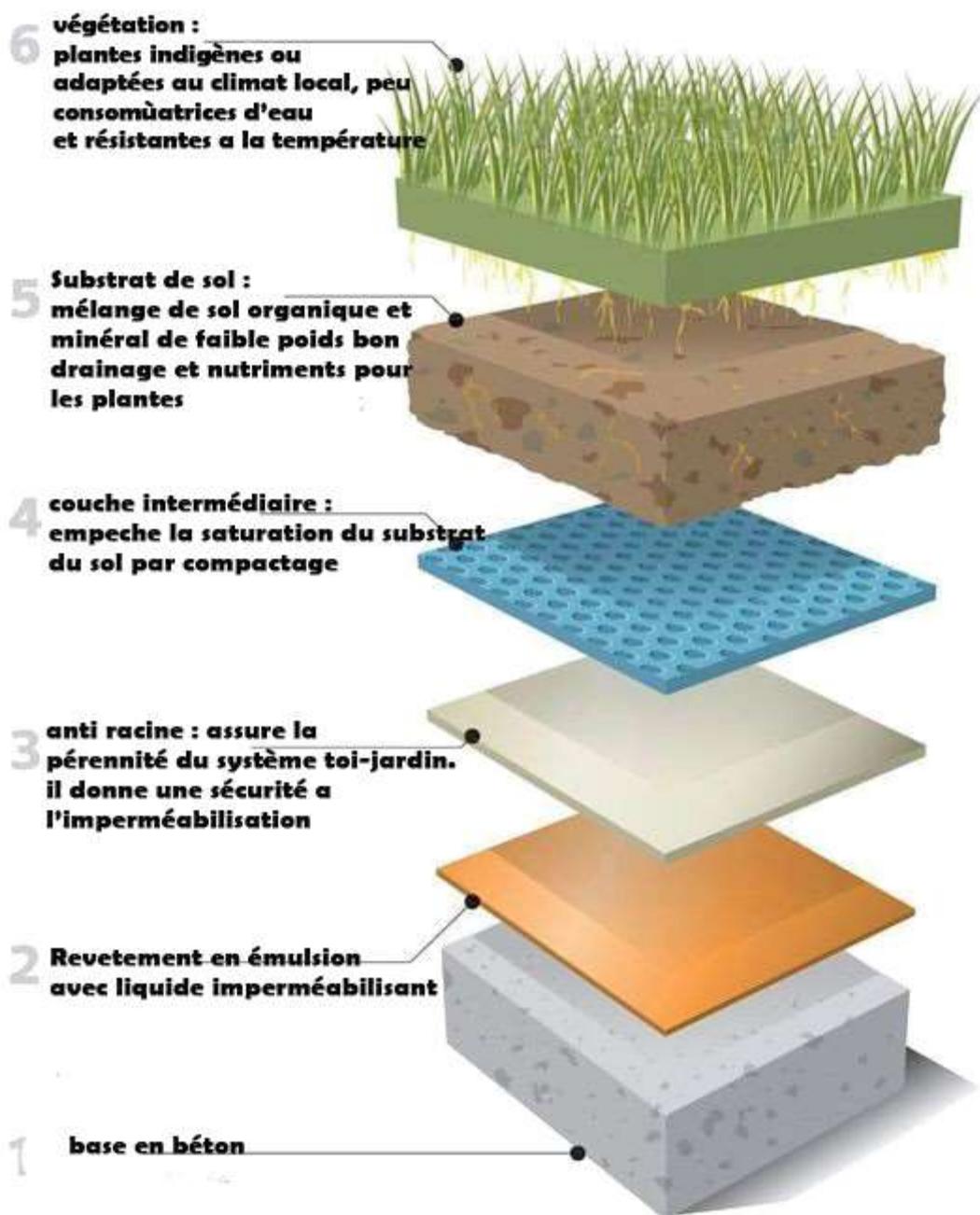


Figure 114 coupe sur toiture végétalisée



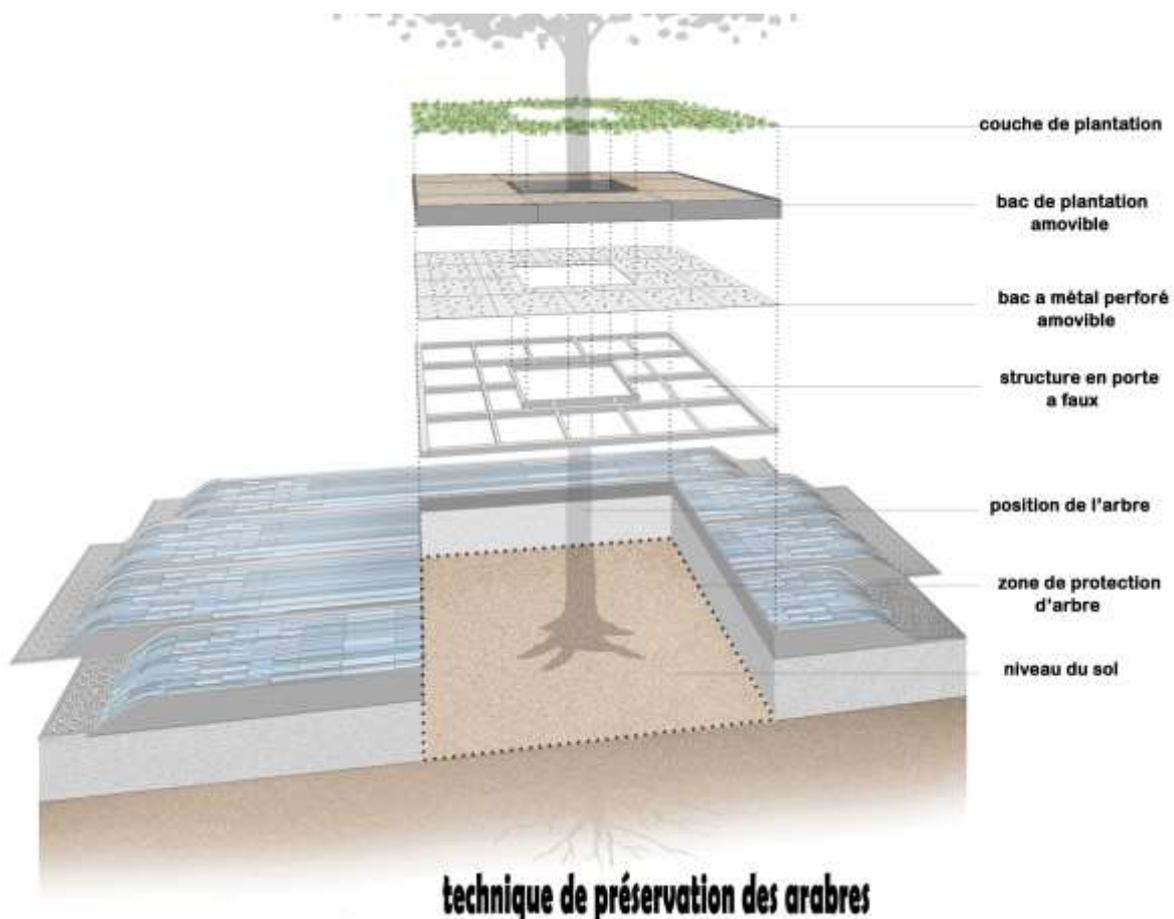


Figure 115 préservation des arbres

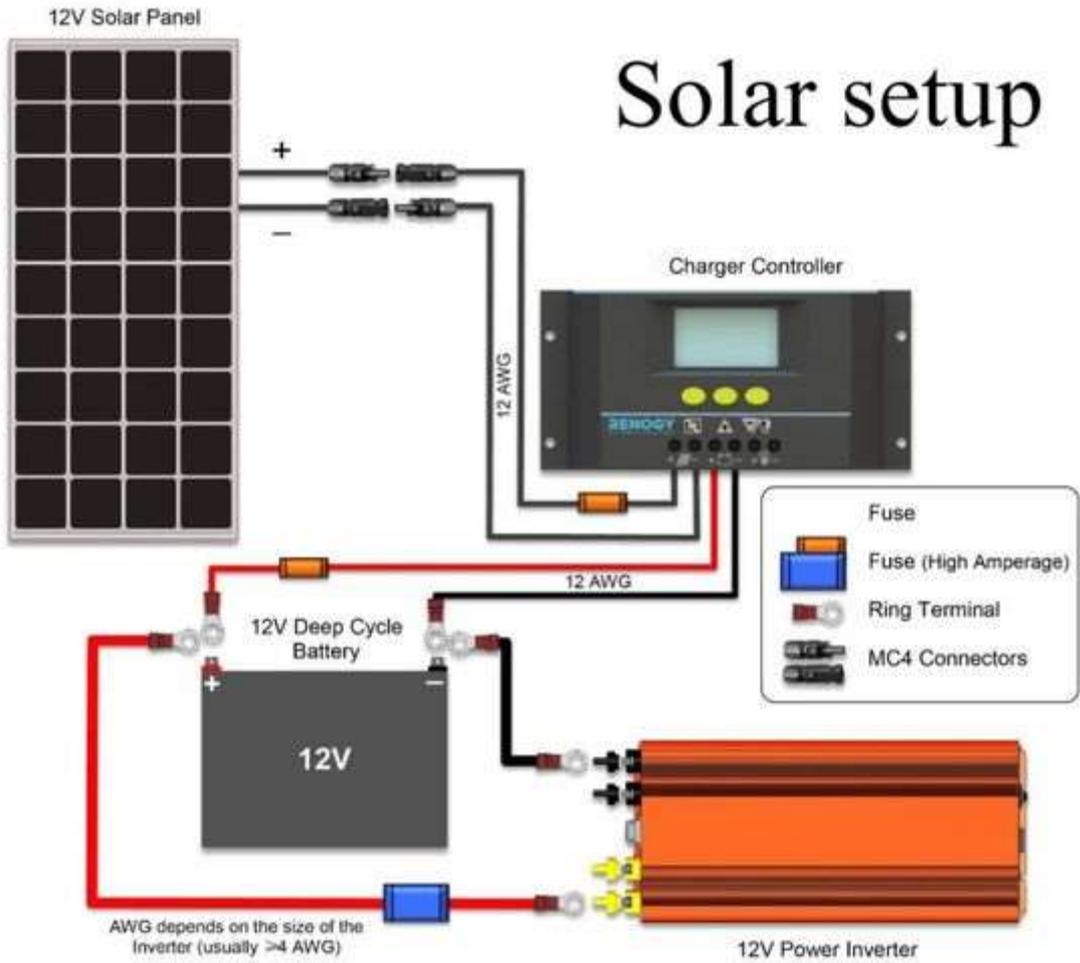


Figure 116 panneaux solaire

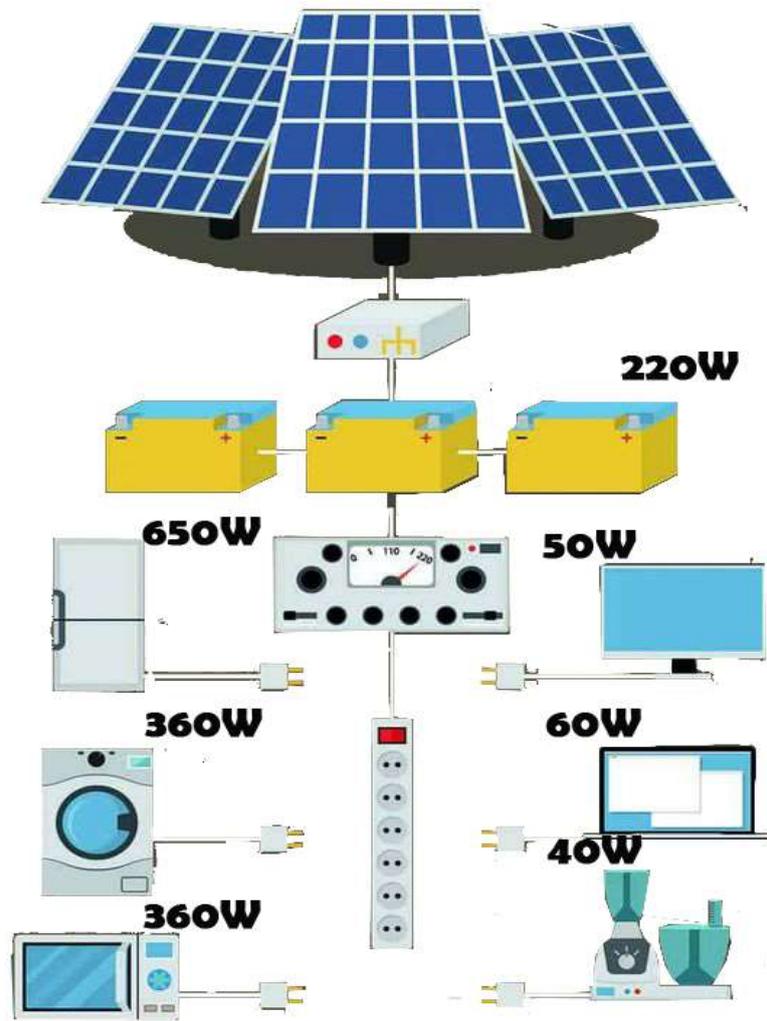


Figure 117 l'énergie produise par un panneau solaire pour une habitation

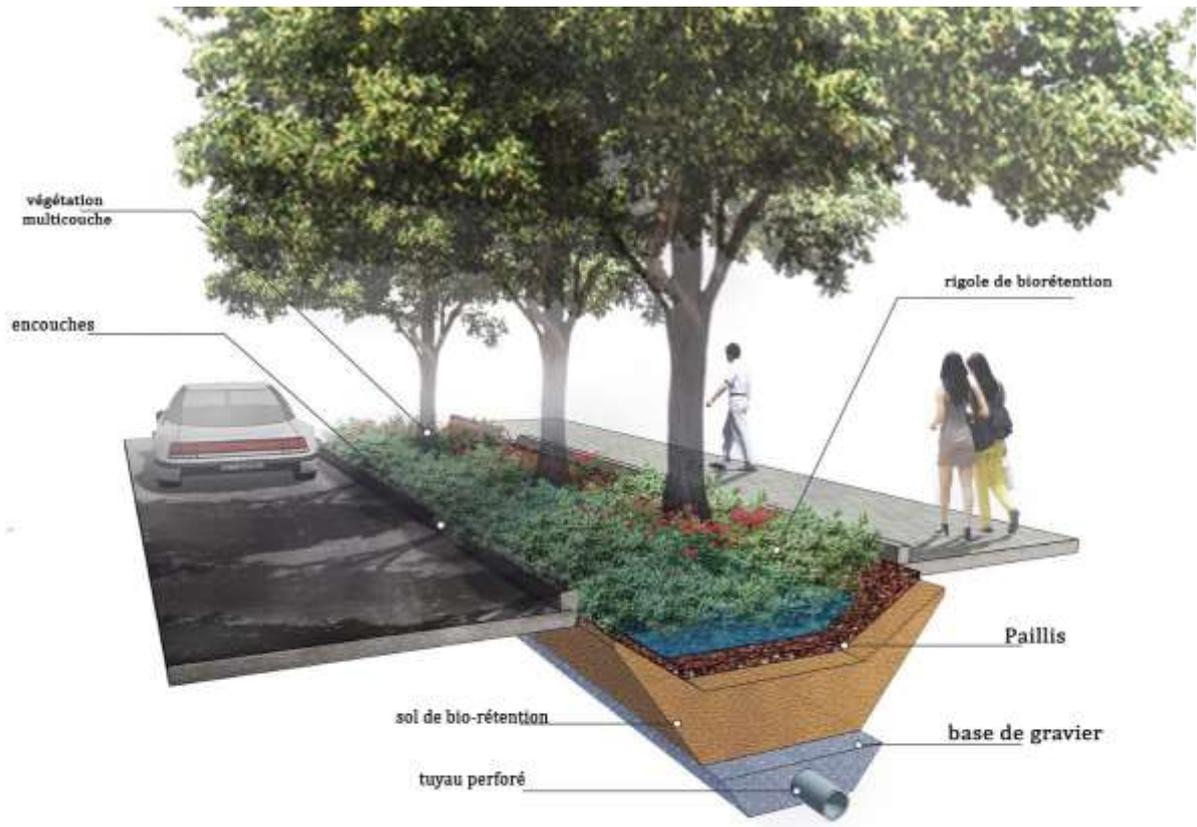


Figure 118 coupe sur l'implantation des arbres

Figure 1 schéma de la production de l'habitat en Algérie .....	1
Figure 2 schéma d'illustration sur la forme d'habitat dans le territoire algérien.....	4
Figure 3 Éléments de l'architecture vernaculaire. Source : Rapport réalisé par NOMADEIS, Bâti vernaculaire et développement urbain durable, Mai 2012, p. 8. ....	15
Figure 4: les piliers du développement durable .....	15
Figure 5 Schéma de définition de smart growth et le nouvel urbanisme .....	20
Figure 6 schéma sur l'habitat écologique .....	23
Figure 7: Schéma récapitulatif de la qualité architecturale d'une œuvre architecturale. (DEHAN, 1999) .....	29
Figure 8 : Rapport, l'homme / architecture non savante. Etabli par Hanafi Abdelhakim .....	31
Figure 9: Vues sur différentes cités (habitat collectif) aux le territoire Algérien. ....	32
Figure 10 vue sur l'habitat individuelle .....	33
Figure 11: typologie du patio du nord algérien .....	37
Figure 12 : Le West eddar est au niveau de la driba, Source : A Ravéreau, La Casbah d'Alger, et le site créa la ville .....	40
Figure 13: La skiffa, seuil Source : Paul Guion La casbah d'Alger .....	41
Figure 14 façade intérieure d'une maison traditionnelle casbah .....	42
Figure 15 coupe sur maison avec cour .....	42
Figure 16 plan d'un maison avec cour .....	42
Figure 17: Schéma de fonctionnement climatique d'un patio.....	44
Figure 18: Le Shin, Source : A Ravéreau, La Casbah d'Alger, et le site créa la ville .....	45
Figure 19: Encorbellements, « kbou » Source : Atek Amina 2012	45
Figure 20: Encorbellements, « kbou » Source : Paul Guion, La Casbah d'Alger	45
Figure 21 Analyse d'un plan d'une maison traditionnelle par André ravereau .....	46
Figure 22 espace jour et nuit dans l'habitat traditionnelle.....	46
Figure 23: plan d'une maison traditionnelle de la casbah d'alger .....	47
Figure 24 les principaux parties dans la maison traditionnelle.....	47
Figure 25 photo d'illustration d'une façade d'une maison traditionnelle .....	48
Figure 26: Palais à Alger, Source : A. Ravéreau, La Casbah d'Alger, et le site créa la ville. Sindbad, Paris1989.....	49
Figure 27 Plan schématique d'un patio à Alger, Source : André Ravéreau, la casbah d'Alger .....	49
Figure 28 Comportement thermo-aéraulique du Patio, Source : J.L. Izard Archi bio. ....	50
Figure 29 Coupe sur un patio de la médina d'Alger Source : André Ravéreau .....	50
Figure 30 Coupole et voute Source : www.slideshare.net.....	51
Figure 31 types des colonnes .....	51
Figure 32: Les Arcs Source : www.slideshare.net .....	52
Figure 33 Mouvements d'air par la pression du vent Source : Architecture Traditionnelle : AlbenaBASSET, Christian THONIER, P 22 .....	57
Figure 34 Le Moucharabieh Source : Architecture Traditionnelle : AlbenaBASSET, Christian THONIER, P 23 .....	58
Figure 35 Claustra Source : www.futura-sciences.com .....	58
Figure 36 Les Tours Du Vent Source : www.futura-sciences.com .....	59
Figure 37 Le mouvement du vent dans une Citerne Source : Architecture Traditionnelle : AlbenaBASSET, Christian THONIER, P 25 .....	60
Figure 38 Le Patio Source : Architecture Traditionnelle : AlbenaBASSET, Christian THONIER, P 30 .....	61
Figure 39 Présentation de la démarche HQE et ses 14 cibles (F. Cherqui 2005) .....	69
Figure 40 Les 14 cibles de la démarche HQE .....	70
Figure 41 Les facteurs d'influences sur l'enveloppe de bâtiment.....	81

Figure 42	les conditions de confort .....	83
Figure 43	Objectif de l'enveloppe de bâtiment .....	86
Figure 44	Fonctionnement d'une isolation transparente .....	90
Figure 45	Fonctionnement d'un test d'étanchéité .....	91
Figure 46	Exemple de composition de capteurs de façade .....	92
Figure 47	Charges thermiques internes et externes dans les bâtiments de bureaux .....	93
Figure 48	Flux thermique et matériaux isolants .....	105
Figure 49	transmission de vitrage .....	109
Figure 50	Matériaux dans le cycle de vie .....	115
Figure 51	Vue aérienne de Masdar City .....	119
Figure 52	Schéma de synthèse des services de la ville de Masdar source : mémoire de fin d'étude master .....	121
Figure 53	les piliers de Masdar city Source Masdar Institute (2012) .....	122
Figure 54	La forme de base de la ville de Masdar .....	123
Figure 55	L'orientation de la ville de Masdar .....	123
Figure 56	L'orientation de la ville de Masdar .....	124
Figure 57	organisation de masdar city .....	125
Figure 58	fonctionnement de la cité de masdar .....	125
Figure 59	schema illustration sur the smart city of masdar .....	126
Figure 60	Photo d'illustration des bâtiments résidentiels .....	127
Figure 61	Photo d'illustration des bâtiments résidentiels .....	128
Figure 62	Inscription des bâtiments résidentiels dans la ville .....	128
Figure 63	Inscription des bâtiments résidentiels dans la ville .....	129
Figure 64	Photo d'illustration du parc linéaire .....	129
Figure 65	Photo d'illustration du square .....	129
Figure 66	Photo d'illustration de Bosco verticale .....	131
Figure 67	Photo d'illustration sur l'espace extérieur de Bosco verticale .....	132
Figure 68	Plan d'un étage type du Bosco verticale .....	133
Figure 69	Photo d'illustration sur la façade de Bosco verticale .....	134
Figure 70	Photo d'illustration sur l'espace extérieur de Bosco verticale .....	134
Figure 71	Photo d'illustration du système d'eau et la végétation de Bosco verticale .....	135
Figure 72	Photo d'illustration du système d'optimisation de Bosco verticale .....	135
Figure 73	Effet d'îlot de chaleur urbain .....	137
Figure 74	Amélioration de la qualité de l'air .....	137
Figure 75	Absorption du dioxyde de carbone .....	137
Figure 76	Biodiversité .....	137
Figure 77	Isolant acoustique .....	138
Figure 78	Isolant thermique .....	138
Figure 79	S'abriter du vent. ....	138
Figure 80	Rétention d'eau. ....	138
Figure 81	Humidité .....	138
Figure 82	bien-être .....	139
Figure 83	Mur végétal réalisé par Patrick Blanc en Malaisie .....	141
Figure 84	Photographie du Bosco Verticale lors de la mise en place des arbres sur les balcons. ....	142
Figure 85	Nombre de végétaux présents par balcon .....	143
Figure 86	Illustration d'un balcon type du Bosco Verticale .....	143
Figure 87	Schéma de l'environnement de l'aire d'étude .....	145
Figure 88	Schéma des fonctions de l'aire d'étude et l'environnement immédiat .....	145

Figure 89 Le tracé des voies et des cheminements de l'aire d'étude .....	146
Figure 90 Les longueurs des voies et des cheminements de l'aire d'étude .....	146
Figure 91 Superposition des courbes de niveaux au terrain d'étude .....	146
Figure 92 La topographie de l'aire d'étude .....	147
Figure 93 Divisions en secteurs du terrain d'étude .....	147
Figure 94 Schéma des différents secteurs .....	147
Figure 95 Eléments d'influence microclimatique et leur effet sur la conception .....	152
Figure 96 les éléments d'attraction .....	153
Figure 97 : schéma de développement du tracé et fonctionnement .....	153
Figure 98 Plan de masse du site .....	154
Figure 99 coupe sur l'arbre de purification type 1 .....	157
Figure 100 fonctionnement d'un élément d'aménagement type 2.....	158
Figure 101 coupe sur la structure d'une arbre artificiel en acier type 3 .....	159
Figure 102 schéma d'un fonctionnement d'arbre de purification de l'eau.....	160
Figure 103 schéma de fonctionnement d'un collecteur d'eau type 4 .....	160
Figure 104 plan de structure et fondation d'un parasol .....	161
Figure 105 plan de la cellule : duplex .....	162
Figure 106 plan 2 de la cellule type F3 .....	163
Figure 107 : coupe du bâtiment collectif.....	165
Figure 108 coupe sur le mur .....	166
Figure 109 schéma sur le mur et les plantes intégré .....	167
Figure 110 fonctionnement de mur végétalisé .....	168
Figure 111 coupe sur le mur végétalisé et types des plantes utilisées .....	169
Figure 112 types de paroi.....	170
Figure 113 schéma sur la structure d'un mur .....	171
Figure 114 coupe sur toiture végétalisé .....	179
Figure 115 préservation des arbres.....	181
Figure 116 panneaux solaire .....	182
Figure 117 l'énergie produite par un panneau solaire pour une habitation .....	183
Figure 119 coupe sur l'implantation des arbres.....	184