



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة عبد الحميد ابن باديس مستغانم
Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem
كلية العلوم والتكنولوجيا
Faculté des Sciences et de la Technologie
قسم الهندسة المعماري
Département d'Architecture



Domaine : Architecture, urbanisme et métiers de la ville

Filière : Architecture et Urbanisme.

Spécialité : Architecture, Environnement et Technologie.

Mémoire de fin d'étude Master Académique

Thème :

**L'intégration de l'architecture bioclimatique dans l'élaboration
d'une unité d'habitation à la wilaya de Mostaganem.**

Présenté par :

- Hiadri Wassila.

Soutenu le 03/07/2021 devant le jury composé de :

Mr. Gacem Nadhir	Président	Maître-assistant A	Université Abdelhamid Ibn Badis- Mostaganem
Mr. Beldjilali Said	Examineur	Maître-assistant A	Université Abdelhamid Ibn Badis- Mostaganem
Mr. Hebbar Nabil	Encadreur	Maître de conférences A	Université Abdelhamid Ibn Badis- Mostaganem

Année universitaire : 2020-2021

A bouquet of pink carnations is positioned on the left side of the page, with some petals scattered across the white, textured background. The text is centered and written in a dark blue, italicized serif font.

Remerciement:

Tout d'abord, je remercie DIEU ALLAH le tout puissant ,de nous avoir donné la volenté ,la patience et le courage afin d'arriver à la finalité de ce travail.

*Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à mon encadreur , **Monsieur Habar Nabil**. Je le remercie de m' avoir orienté, aidé et conseillé.*

J'adresse mes sincères remerciements à tous les Monsieur les membres jury pour l'honneur qu'ils ont fait en acceptant d'évaluer notre travail .

Finalemnt , nous tenons exprimer notre profonde gratitude à nos familles qui ont toujours soutenues à la réalisation de ce travail.



Dédicace:

Que ce travail témoigne de mes respects:

A mes parents

Grace à leurs tendres encouragements et leurs grands sacrifices , ils ont pu créer le climat affectueux et propice à la poursuite de mes études.

Aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect , ma considération et mes profonds sentiments envers eux .

Je prie le Dieu de les bénir .veiller sur eux, en espérant qu'ils seront toujours fiers de moi.

A ma sœur.

A toute ma famille.

Ils vont trouver ici l'expression de mes sentiments de respect et de reconnaissance pour le soutien qu'ils n'ont cessé de me porter.

A tous mes professeurs

Leur générosité et leur soutien m'oblige de leurs témoigner mon profond respect et ma loyale considération.

A tous mes amis et mes collègues.

Ils vont trouver ici le témoignage d'une fidélité et d'une amitié infinie.

Résumé :

l'épuisement des ressources fossiles nous guide à la nécessité de réfléchir sur la consommation énergétique excessive et ses impacts sur le plan économique, et environnemental sur tout dans le secteur du bâtiment résidentiel qui est responsable de 30% à 40% de la consommation énergétique final, aussi La pénurie de terres et de la construction au détriment des terres agricoles. Donc, le but de ce travail est de concevoir un habitat collectif adapter à son environnement direct qui soit son amie à base consommation énergétique appelée "la construction verte " par : le choix d'un bon terrain et la bonne orientation pour un bâtiment bioclimatique , privilégier une volumétrie compacte ,prévoir suffisamment de fenêtres et poser entre le sud/sud-ouest et sud/sud-est , pour récupérer le maximum de fenêtres pour des apports solaires en hiver et les réduire en été et isoler globalement le bâtiment pour assurer le confort thermique d'une ambiance intérieur.

Mot clés : habitat ,haute standing, bioclimatique , climat , confort hygrothermique , isolation ,developpement durable, performance énergétique, getion de l'eau , verdure .

Abstrat :

the depletion of fossil resources guides us to the need to reflect on excessive energy consumption and its impacts on the economic and environmental plan, especially in the residential building sector which is responsible for 30% to 40% of final energy consumption , also The scarcity of land and construction to the detriment of agricultural land. Therefore, the goal of this work is to design a collective housing adapted to its direct environment which is its friend based on energy consumption applied "green construction" by: the choice of a good ground and the good orientation for a bioclimatic building, privilege a compact volumetry, foresee enough windows and pose between the south / south-west and south / south-east, to recover the maximum of windows for contributions solar panels in winter and reduce them in summer and insulate the building globally to ensure the thermal comfort of an indoor environment.

Keywords: habitat, high standing, bioclimatic, climate, hygrothermal comfort, insulation, sustainable development, energy performance, water management, greenery.

ملخص :

يوجهنا استنزاف الموارد الأحفورية إلى ضرورة التفكير في الاستهلاك المفرط للطاقة وتأثيراته على الخطة الاقتصادية والبيئية ، خاصة في قطاع المباني السكنية المسؤول عن 30٪ إلى 40٪ من الاستهلاك النهائي للطاقة ، وكذلك ندرة الأرض والبناء على حساب الأراضي الزراعية. لذلك فإن الهدف من هذا العمل هو تصميم مسكن جماعي يتكيف مع بيئته المباشرة التي هي صديقه على أساس استهلاك الطاقة المطبق "البناء الأخضر" عن طريق: اختيار أرضية جيدة و التوجه الجيد لمبنى مناخي حيوي ، امتياز قياس حجم مضغوط ، توقع عدد كافٍ من النوافذ والتشكيل بين الجنوب / الجنوب

الغربي والجنوب / الجنوب الشرقي ، لاستعادة الحد الأقصى من النوافذ للمساهمات من الألواح الشمسية في الشتاء وتقليلها في الصيف و قم بعزل المبنى عالميًا لضمان الراحة الحرارية لبيئة داخلية.

الكلمات المفتاحية: الموطن ، المكانة العالية ، المناخ الحيوي ، المناخ ، الراحة الحرارية الحرارية ، العزل ، التنمية المستدامة ، أداء الطاقة ، إدارة المياه ، المساحات الخضراء

Chapitre 1 : Partie introductive

I.	Introduction:.....	19
II.	Choix du thème:.....	20
III.	Choix du site:.....	21
IV.	Problématique:.....	22
V.	Question de recherche:.....	22
VI.	Les hypothèses:.....	22
VII.	Les objectifs:.....	23

Chapitre 2: l'habitat :

1.	Introduction:.....	25
2.	L'histoire de l'habitat:.....	25
3.	Définition:.....	27
1.1.	Habitat:.....	27
1.2.	Habiter:.....	27
4.	Les types d'habitats:.....	27
4.1.	Habitat urbain:.....	27
4.2.	Habitat individuel ou autrement dit "maison individuelle" ou villa:.....	27
4.2.1.	Habitat jumelé:.....	28
4.2.2.	Habitat individuel isolée:.....	28
4.2.3.	Habitat individuel groupé:.....	28
4.2.4.	Habitat individuel en bandes:.....	29
4.3.	Habitat collectif:.....	29
4.3.1.	Les types d'habitats collectifs:.....	29
4.3.1.1.	Habitat collectif contenu (ilot de bâtiments):.....	29
4.3.1.2.	Habitat collectif discontinu:.....	30
a).	Bloc d'immeuble:.....	30
b).	Immeuble de barre:.....	30
c).	Immeuble d'écran:.....	30
d).	Les tours:.....	31
e).	Habitat collectif mixte:.....	31
4.4.	Habitat intermédiaire ou semi-collectif:.....	31

5. La haute standing:.....	31
5.1.Definition:.....	31
5.2.Les critères de la haute standing:.....	32
6. Conclusion:.....	32

Chapitre 03 : la notion bioclimatique :

1. Introduction:.....	34
2. L’histoire de bioclimatique:.....	34
3. Definition:.....	35
4. La démarche bioclimatique:.....	35
4.1.En hiver:.....	35
4.1.1.Capter / se protéger de la chaleur:.....	35
4.1.2. Transformer, diffuser la chaleur:.....	36
4.1.3. Conserver la chaleur ou la fraîcheur:.....	37
4.2.En été:.....	37
4.2.1 .Minimiser les gains solaires:.....	37
4.2.2. Ventilation naturelle:.....	37
4.2.3.Favoriser l’éclairage naturel:.....	38
5. climat et paramètres climatiques:.....	38
5.1 .Définition:.....	38
5.2 .les paramètres du climat:.....	39
5.2.1.La température de l’aire:.....	39
5.2.1.1.Definition:.....	39
5.2.1.2.mesurer la température de l'air ambiant:.....	39
5.2.2. L’enseillement:.....	40
5.2.3.le vent:.....	41
5.2.4.l’humidité:.....	42
5.2.4.1.Qu’est-ce que l’humidité?.....	42
5.2.4.2.D’où vient l’humidité?.....	42
5.2.4.3.L’effet de la température sur les niveaux d’humidité intérieur:.....	43
5.2.4.4.Quelles sont les causes de variations du taux d’humidité?.....	43
a). conditions météorologiques:.....	43
b).Gestes quotidiens:.....	43
5.2.4.5.Quel est le taux d’humidité idéal en intérieur ?.....	43
5.2.4.6.Un taux d’humidité élevé et néfaste:.....	44

a).Moississure:.....	44
b).Asthme,Allergies et maladies respiratoires:.....	44
c).Acariens:.....	44
5.2.4.7.Un taux d'humidité bas et néfaste:.....	44
a).Peau sèche et Eczéma:.....	44
5.2.4.8.Résultats scolaires:.....	44
a).Grippe:.....	44
5.2.4.9.Solutions faciles:.....	45
5.2.5.les précipitations:.....	45
5.2.5.1.Definitions:.....	45
5.2.5.2.Les types de précipitations:.....	45
a). les précipitations convectives:.....	45
b).Les précipitations orographiques:.....	45
c).Les précipitations frontales ou de type cyclonique:.....	46
5.2.5.3.Mesures de la hauteur d'eau précipitée:.....	47
a).Le pluviomètre:.....	47
b).Le pluviographe:.....	47
5.2.6. la pression atmosphérique:.....	47
5.2.6.1.Les instruments de mesure de la pression atmosphérique:.....	47
6. Echelle du climat:.....	47
6.1.Echelle planétaire:.....	48
6.2.Échelle synoptique:.....	48
6.3.Méso-échelle ou échelle régionale:.....	48
6.4.Micro-échelle ou échelle turbulente :.....	49
a).Le macroclimat:.....	49
b).Le méso-climat:.....	49
c).Microclimat:.....	50
7. Familles de climat:.....	50
7.1.Climat équatorial:.....	50
7.2.Climats tropicaux humides:.....	51
7.3.Climats désertiques:.....	51
7.4.Climats subtropicaux:.....	51
7.5.Climats dits tempérés:.....	51
7.5.1.Climat océanique:.....	51
7.5.2.Climat continental :.....	52

7.5.3.Climat méditerranéen :	52
7.6.Climats subarctiques :	52
7.7.Climats polaires :	53
8. Le réchauffement climatique :	53
8.1.Les causes du réchauffement climatique :	54
8.1.1.L'effet de serre, un phénomène naturel:	54
8.1.2.L'augmentation des gaz à effet de serre due aux activités humaines:	54
8.1.3.L'augmentation de la température moyenne:	55
8.2.Les conséquences du réchauffement climatique :	55
8.2.1.Océans:	55
8.2.2.Biodiversité:	55
8.2.3.Une réduction de la production végétale:	56
8.2.4.Des ouragans plus violents :	56
8.2.5.Les pluies acides :	56
8.2.6.Les conséquences pour l'homme:	56
8.3.L'impact du réchauffement climatique sur la construction :	58
8.3.1.Utilisation inefficace des bâtiments:	58
8.3.2.Les dommages aux bâtiments s'accroissent:	59
8.3.3.Conséquences pour la branche de la construction:	59
8.3.4.Adaptation et résistance:	59
9. Conclusion :	60

Chapitre 04 : le confort hygrothermique :

1. Introduction :	63
2. Développement durable :	63
2.1.Définition :	64
2.2.L'histoire du développement durable :	64
2.3.Les 3 piliers du développement durable :	65
2.3.1.L'efficacité économique :	65
2.3.2.L'équité social:	65
2.3.3.La qualité environnemental:	65
2.4.Les principes fondamentaux du développement durable :	66
2.5.La performance énergétique :	66
2.5.1.Définition de la performance énergétique:	67

2.5.2.Un calcul sur base de critères qualitatifs et quantitatifs:.....	67
3. La démarche HQE:.....	68
3.1.Les 14 cibles de la Démarche HQE sont regroupées en 4 thèmes:.....	68
4. Le confort:.....	69
4.1.Le confort thermique:.....	69
4.1.1.Définition:.....	69
4.1.2.les paramètres qui définissent le confort thermique:.....	70
4.1.2.1.Paramètres liés à l’ambiance thermique:.....	70
a).Température ambiante:.....	70
b).La température des parois:.....	71
c).Humidité relative de l’air :.....	71
d).La vitesse de l’air:.....	71
d.1.Mesure de vitesse d’air:.....	72
e).Confort thermique et mode de chauffage:.....	72
4.1.2.2.Paramètres liés à l’occupant:.....	73
a).Le métabolisme (M):.....	73
b).L’habillement:.....	73
4.1.2.3.La thermorégulation physiologique:.....	74
4.1.2.4.la thermorégulation comportementale:.....	75
4.1.2.5.L’aspect physique du confort thermique:.....	75
5. L’inconfort thermique :.....	75
6. Méthodes d'évaluation du confort thermique :.....	76
6.1. Indices pour l'évaluation du confort thermique :.....	76
6.1.1.Les indices PMV et PPD :.....	76
6.1.2.La température de l’air ambiant (Ta) :.....	77
6.1.3.Température opérative:.....	77
6.2. Evaluation du confort thermique par des enquêtes in situ :.....	78
6.3.Les outils graphiques d'évaluation de confort thermique :.....	79
6.2.1.1.Diagramme bioclimatique :.....	79
6.2.1.2.Le diagramme de Givoni :.....	81
6.2.1.3.Tables de Mahoney :.....	82
6.4. La simulation thermique :.....	82
6.5.Le bilan thermique :.....	83
6.5.1.Les échanges thermique du corps humain :.....	83
7. Le confort hygrothermique :.....	85

7.1.Définition :.....	85
7.2.La prévention des problèmes d'humidité :.....	85
7.3.Parametres intéressants :.....	85
8. Conclusion :.....	86

Chapitre 05 : la conception bioclimatique

1. Introduction :.....	89
2. Habitat bioclimatique :.....	89
3. Les bases de conception bioclimatique :.....	89
3.1.Adéquation lieu:.....	89
3.2.Implantation :.....	90
3.2.1.Importance de l'implantation:.....	90
3.2.2.Influence des sols et de la végétation:.....	90
3.2.3.Influence du relief et de l'altitude:.....	90
3.3.L'Orientation :.....	91
3.4.La forme architecturale :.....	91
3.5.la surface vitrée:.....	92
3.6.La distribution intérieure :.....	93
3.6.1.la disposition des pièces principales (jour/nuit):.....	93
3.6.2.Position de l'entrée :.....	93
3.6.3.Ventilation transversale :.....	93
3.7.La Protection solaire :.....	94
3.7.1.Définition :.....	94
3.7.2.Les types de protection solaires :.....	95
3.7.2.1.Les protections solaires mobiles:.....	95
a). Extérieurs:.....	95
a.1.Panneau coulissant:.....	95
a.2.Store en toile:.....	95
a.3.Brise-soleil orientable:.....	95
a.4.protection escamotable :.....	95
b) Intérieurs : Les stores :.....	96
b.1.Les stores rouleaux ou stores à enrouleur :.....	96
b.2.Les stores californiens stores verticaux ou stores à bandes verticales:.....	96
b.3.Les stores vénitiens :.....	96
b.4.Store banne :.....	97

3.7.2.2.les protections fixes :.....	97
a).Cas des casquettes :.....	97
b).Cas des brise-soleils verticale :.....	97
3.8. La protection végétale :.....	98
3.9.la ventilation naturelle :.....	99
3.10.Isolation :.....	99
3.10.1.Définition :.....	99
3.10.2.le principe :.....	99
3.10.3.les éléments à isoler :.....	99
3.10.4.Des méthodes spécifiques selon l'endroit à isoler :.....	100
a).L'isolation des murs :.....	100
b).L'isolation du plafond :.....	101
c).L'isolation de la toiture :.....	101
d).L'isolation des planchers bas :.....	101
e).L'isolation des toitures-terrasses :.....	101
f). les fenêtres isolants :.....	102
f.1.La menuiserie : Le cadre :.....	102
f.2.Le vitrage :.....	102
3.10.5.Les différentes catégories d'isolants :.....	103
3.11.panneau solaire photovoltaïque :.....	103
3.12.Les toitures végétalisées :.....	104
3.13.La gestion de l'eau :.....	106
4. Conclusion :.....	107

Chapitre 06 : le projet :

1. Analyse de site :	109
2. Analyse thématique :.....	115
2.1. Bosco Verticale de Boeri Studio :.....	115
2.2. 48 logements BBC Clichy-sous-Bois (93) :.....	120
2.3. Le projet dos à dos :.....	123
2.4. Immeuble Edison Lite / Manuelle Gautrand Architecture :.....	128
2.5. L'habitat collectif bioclimatique :.....	131

La liste des figures :

Figure 01 : : Habitat individuel isolée.....	27
Figure 02 : : Habitat individuel groupé.....	27
Figure 03 : Habitat individuel en bandes.....	28
Figure 04 : Habitat collectif contenu.....	28
Figure 05 : Bloc d'immeuble.....	29
Figure 06 : Immeuble de barre.	29
Figure 07 : Immeuble de barre.	29
Figure 08 : tours.	30
Figure 09 : habitats semi-collectif.	30
Figure 10 : les principes de conception bioclimatique 1. En hiver ,2. En été.....	37
Figure 11 : les précipitations convectives.	44
Figure 12 : Les précipitations orographiques.	45
Figure 13 : : les précipitation frontale.	45
Figure 14 : le phénomène ,l'effet de serre.	52
Figure 15 : l'émission de gaz à effet de serre.	53
Figure 16 : L'augmentation de la température moyenne.	54
Figure 17 : les conséquence du réchauffement climatique.	57
Figure 18 : Figure 18 : Les 3 piliers du développement durable.	65
Figure 19 : la Température ambiante.	69
Figure 20 : La température des parois.	70
Figure 21 :le chauffage par convection.	71
Figure 22 :le chaffage radiant.	72
Figure 23 :l'habillement.	73

Figure 24 : Les indices PMV et PPD.	76
Figure 25 :Diagramme bioclimatique	79
Figure 26 : Diagramme de Giovani.	80
Figure 27 : La simulation thermique.	81
Figure 28 : Les échanges thermique du corps humain.	83
Figure 29 : l’implantation et l’orientation du projet.	90
Figure 30 :la forme architecturale	91
Figure 31 :la distribution intérieur.	93
Figure 32 :les protections solaires extérieur mobiles.	95
Figure 33 : les protections fixes.....	97
Figure 34 :la protection solaire naturel.	97
Figure 35 :les sept point essentiels à isoler.	99
Figure 36 :le choix essentiel du vitrage	101
Figure 37 :la composition d’un panneau	103
Figure 38 :le fonctionnement d’un panneau solaire.	103
Figure 39 :la toiture végétaliser	104
Figure 40 :le role de la toiture végétaliser.	104
Figure 41 :le recyclage des eaux usées et pluviales.	105
Figure 42 :la vue satiltaire du site	108
Figure 43 :la vue satiltaire du fragement étudier.	108
Figure 44 :Ministaire des affaires religieuses et des dotations.	109
Figure 45 :la bibliothèque principale pour la lecture publique.	109
Figure 46 : 400 logements.	109

Figure 47 :le centre commerciale.	109
Figure 48 :le terrain.	109
Figure 49 :la maison de culture Ould abdrahmane Kaki.	109
Figure 50 :la banque BDL.	109
Figure 51 :rond point	109
Figure 52 :siège de la wilaya de mostaganem.	109
Figure 53 :vue satiltaire de paln de masse	110
Figure 54 :les dimenssions du terrain.	110
Figure 55 :la coupe transversale.	110
Figure 56 :la coupe longitudinale	110
Figure 57 :les différents trame s d’ilot	111
Figure 58 :les différents trame viaires.	111
Figure 59 :les différents types de circulations.	112
Figure 60 :les hauteurs des eddéfices.....	112
Figure 61 :les différents fonctions.	113
Figure 62 :plan de masse du bosco verticale	114
Figure 63 :la forme du projet.	114
Figure 64 :l’intéré de la végétation.	115
Figure 65 :les arbres utilisée dans le projet.	116
Figure 66 :la disposition des arbres.	116
Figure 67 :la diversité des plante au fil des saisons.	117
Figure 68 :les système de recyclage des eaux pluviales.	118
Figure 69 :le détail du système de recyclage :.....	118

Figure 70:les panneaux photovoltaïques.....	118
Figure 71:plan de masse du 48 logement BBC.....	119
Figure 72 :l'orientation des volumes du projet.	119
Figure 73 :la façade Nord.....	120
Figure 74 :la façade sud.	120
Figure 75 :l'isolation du projet.	120
Figure 76 :les masques.	121
Figure 77 :la distribution intérieur des pièces	121
Figure 78: F1, bâtiment nord, R+1 à R+2, orienté ouest.	121
Figure 79 : F2, bâtiment central et sud, R+1 à R+4, orienté sud, avec loggia.	121
Figure 80 : F2, bâtiment nord, RDC, orienté sud, avec terrasse.	122
Figure 81 : F4, bâtiment 1, orienté nord et ouest, vue sur la forêt et sur rue.	122
Figure 82 : F3, bâtiment 2, RDC à R+2, orienté nord et ouest, vue sur la forêt.F3, Bâtiment central et sud, RDC à R+3, orienté sud, avec loggia.	122
Figure 83 : F4, tous bâtiments, orienté sud et nord, vue sur la forêt avec loggia.	122
Figure 84 : F5, Bâtiment nord, R+3 à R+4, orienté sud et ouest, avec loggia.	122
Figure 85 : façade principale du projet.	123
Figure 86 : plan de RDC.	123
Figure 87 : : plan de 1 étage.	124
Figure 88 : plan d'étage courant.	124
Figure 89 : le détail d'un appartement.	125
Figure 90 : les étapes de la construction du projet.	125
Figure 91 :les coursives	126
Figure 92:des brises soleil en bois	126

Figure 93:immeuble Edison lite.	127
Figure 94 :plan des masse du projet.	127
Figure 95 :le concept du projet.	128
Figure 96 :la fonction extérieur du projet.	128
Figure 97 :la terrasse d'édison lite.	129
Figure 98 :le programme global du projet.	129
Figure 99 :le poucentage des espaces.	130
Figure 100 : le projet	130
Figure 101: le jardin publique.	131
Figure 102 : l la partie constructif sur les deux cotés.	131
Figure 104 : la toiture.	131

Chapitre 1 : Partie introductive

I. Introduction :

Depuis l'apparition de l'industrialisation ou bien la révolution industrielle au 18^e– 19^e siècle, les énergies fossiles - ce sont des énergies produites par la combustion des combustibles fossiles (charbon, du pétrole ou du gaz naturel) - ont été des composantes essentielles du développement et de la bonne marche de l'économie mondiale et contribuer dans Le formidable développement des usines, des machines et des transports.

Au début de 21^{ème} siècle, ces énergies continuent à prédominer très largement par rapport aux autres sources d'énergie et **selon le dernier bilan mondial statistique de l'énergie publié par le géant du secteur BP et l'agence internationale de l'énergie (AIE)** que la consommation d'énergie présente plus de 80% de la consommation totale de l'énergie primaire du globe (aussi appelée mix mondial) (le pétrole présente 33 % de l'énergie , le charbon présente 27,5 %, et le gaz naturel présente 24,2 %) , cette situation restera similaire en 2035.

En effet la bonne maîtrise des combustibles fossiles (le charbon, le pétrole, le gaz) a permis une hausse considérable du niveau de vie des populations, surtout dans les pays développés. Par exemple Chacun de ces hydrocarbures a une utilité spécifique : le pétrole est particulièrement utilisé pour le déplacement de l'être humain (transports), le gaz naturel pour son chauffage, et le charbon pour produire de l'électricité même pour produire de la chaleur.

L'utilisation exagérée de ces énergies puisque sont des énergies que l'être humain les privilégie car elles coûtent moins cher pour lui et il les a trouvés plus rentables, pose des problèmes d'ordre sécuritaire (ruptures d'approvisionnement qui peut être causée par des grèves ou attentats visant des infrastructures de transformation ou de transport d'énergie) , l'épuisement des ressources : les ressources des énergies fossiles se constituent à partir des éléments vivants et des matières organiques enfouies dans le sol pendant plusieurs millions d'années et ils sont en quantité limitée et sont non renouvelables. Des estimations permettent de connaître en moyenne le nombre d'années d'utilisation que peuvent encore couvrir les réserves actuellement connues donc il resterait entre 50 à 100 ans avant la fin du pétrole, entre 60 et 70 ans en ce qui concerne le gaz et environ 200 ans pour le charbon. et problèmes de pollution de l'air parce que les combustibles sont riches en carbone et hydrogène et la transformation de ces derniers conduit à des émissions de gaz à effet de serre (GES)(le rejet énorme de dioxyde CO₂ de carbone) et cette opération a un mauvais impact sur la santé de l'être humain car **l'Organisation mondiale de la Santé (OMS)** a annoncé que chaque année presque 7 millions de personnes dans le monde sont tués à cause d'elle et aussi sur l'environnement parce que l'augmentation de la concentration de ces gaz dans l'atmosphère cause des réchauffement climatique et participe au phénomène de changement climatique parce que ces derniers provoquent des catastrophes naturelles comme la rareté de l'eau , la désertification dans de nombreuses régions du monde, les cyclones et parfois les pluies torrentielles qu'elles créent des inondations ainsi la fonte des

banquises à l'origine de la montée des niveaux d'eau des mers et des océans... les énergies fossiles émettent aussi du dioxyde de soufre et d'azote, ce sont des éléments responsables des pollutions acides lorsque ces deux se combinent avec l'eau atmosphérique cause des pluies acides lesquelles sont responsables de la mort de millions d'hectares de forêts ainsi que les logements énergivores.

Lors du Colloque international sur les territoires, porte d'entrée de l'émergence, le Pr Thierno Diallo plaidait que « les logements aujourd'hui doivent évoluer en fonction du changement climatique » et ça c'est le défi principal que veut relever le "développement durable".

Donc des nouveaux paradigmes utilisés comme l'architecture bioclimatique et les méthodes d'évaluation environnementale occupent une place importante dans la conception des bâtiments et l'intégration des considérations environnementales dans cette conception.

II. Choix du thème :

Ces dernières années, la crise d'environnementale dans le monde a contribué à l'émergence d'une nouvelle perception de l'environnement par l'homme, des changements climatiques, de la fragilité des écosystèmes et des risques qu'il court.

On trouve aujourd'hui que ces nouvelles perceptions représentent des menaces majeures pour l'environnement et donc l'architecture adaptée au climat, et qui prend en considération l'environnement et les ressources naturelles, elle est devenue l'objectif de presque tous les pays.

L'Algérie est l'un de ces pays qui visent à concevoir des bâtiments avec une approche bioclimatique et environnementale, qui permettent de les intégrer dans leur contexte urbain, social et bioclimatique et exploiter les ressources naturelles des villes par exemple, à Mostaganem et dans ces dernières décennies, il a été constaté que la réalisation de projets de bâtiments à caractère public n'obéissait à aucune exigence réglementaire sur le plan thermique et énergétique. Les paramètres de la conception sont d'ordre fonctionnel et architectural et la dimension énergétique du projet n'est pas toujours considérée comme significative, cet aspect a été particulièrement négligé, et ça conduit à des bâtiments non confortables et énergivores.

Dans cet optique, notre démarche va consentir à mieux entrevoir et mettre la lumière sur les questions liant l'habitat et l'environnement par la conception d'un habitat collectif bioclimatique à Mostaganem tout en maîtrisant le confort thermique, réduire la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre, aussi, pour mieux équilibrer la répartition entre les zones rurales et urbaines, parce que l'étalement urbain entraîne une explosion démographique et un surpeuplement de la ville, et donc une crise du logement.

D'autant plus, elle vient pour mieux adapter les constructions au milieu naturel et pour exploiter rationnellement les énergies renouvelables en s'inscrivant dans une démarche de durabilité.

III. Choix du site :

la wilaya de Mostaganem est située au Nord Ouest du Territoire National et couvre une superficie de 2269 Km², avec une façade maritime de l'ordre de 120km Elle est limitée :

- A l'Est par la Wilaya de Chleff
- Au Sud par les Wilaya de Mascara et Relizane
- A l'Ouest par les Wilaya d'Oran
- Au Nord par la Mer Méditerranée

Entre les coordonnées géographiques (0°8' Ouest 36°29' Nord) et (0°46' Est 35°37' Nord).La région de Mostaganem se caractérise par un climat semi aride à hiver tempéré et une pluviométrie qui varie entre 350mm et 400mm et un relief qui s'individualise en deux principales unités morphologique.

- Les Monts Dahra
- Le Plateau de Mostaganem

Elle est située à 104 mètres d'altitude sur le rebord d'un plateau côtier.

le site (le terrain) se situ au nord ouest de la ville de mostaganem exactement dans le plateau maritime ce dernier est choisi à l'objectif:

- Le terrain est facile à accidenté .
- La vue pannauramique sur mer.
- Un quartier résidentiel.
- Des multi-services .(banque BDL,AGB,pharmacie,mosqué,maison de culture ould Abderahmane kaki, station de service SNC naftal ,l'université de mostaganem l'ITA, cabinet dentaire,direction de la santé, palais de justice ,.... etc).

on trouve que la notion du quart d'heure est appliquée dans ce site .cette notion est une proposition de développement d'une ville / partie d'une ville (plateau) polycentrique, où la vie en proximité assure une mixité fonctionnelle en développant les interactions sociales, économiques et culturelles .Carlos Moreno, scientifique franco-colombien, professeur associé à l'IAE de Paris, défend une approche beaucoup plus décentralisée de la ville. Ce concept est basé sur un modèle ontologique de la ville pour répondre à leurs besoins à partir de six catégories de fonctions sociales: habiter, travailler, s'approvisionner, se soigner, s'éduquer, s'épanouir.

Les villes de quart d'heure sont également connues sous le nom de « communautés complètes » ou de « quartiers accessibles à pied », et ça pour privilégier la mobilité douce afin de réduire la pollution engendrée par l'automobile et de désaturer les transports

IV. Problématique :

Face à l'utilisation excessive aux énergies fossiles ,la pénurie de leurs ressources primaire (pétrole , gaz ,charbon) , aux prévisibles augmentations structurelles à moyen terme du prix des énergies fossiles et l'augmentation de la croissance graphique de population à partir d'aujourd'hui jusqu'au l'année 2025, la population mondiale passera de 6,7 à 8 milliards d'êtres humains ainsi qu'aux conséquences du phénomène de réchauffement climatique sur l'écosystème et la planète à cause de l'augmentation générale des températures moyennes (notamment liée aux activités humaines) et qui modifie durablement les équilibres météorologiques par L'adaptation de l'architecture à chaque climat ceux qui permet d'apporter des réponses qui procurent un meilleur confort thermique.

La ville de Mostaganem surplombe sur la mer Méditerranée et le climat méditerranéen se caractérise par un ensoleillement important, de fréquents vents violents et des étés chauds - entre 25 et 40 °C -- et secs et des hivers doux -- en moyenne 5 °C -- et humides. , l'irrégularité des précipitations de l'automne ,Selon la démarche de Haute Qualité Environnementale (HQE), assurer le confort hygrothermique qui représente la 8ème cible c'est assurer une température constante en toute saison (entre 18 et 20 °C), un taux d'humidité de 40 à 60 % et une différence maximale de température entre l'air intérieur et les parois de 3 °Donc réaliser un confort hygrothermique idéal dans le bâtiments contribue à la préservation la santé des habitants et des infrastructures.

Le confort d'été et d'hiver supposent aussi une bonne gestion et utilisation des équipements du bâtiment (protections solaires, ventilation, chauffage, climatisation...).

V. Question de recherche :

Comment appliquer les notions du bio-climatisme dans l'habitat pour assurer le confort hygrothermique dans les espaces intérieurs et extérieurs ?

VI. Les hypothèses :

- réaliser Une bonne conception des bâtiments par l'intégration des données de la bio-climatisme qui pris en compte les exigences d'économie d'énergie et de confort thermique dans la conception ,l'environnement et le choix des bons matériaux qui durent longtemps dès la démarche du projet .
- Concevoir une bonne enveloppe d'isolation thermique pour limiter les pertes thermique et contribuer à diminuer les besoins énergétiques sans nuire au confort intérieur.

VII. Les objectifs :

- L'architecte bioclimatique cherche durant tout le processus de conception à voir l'environnement comme une source de confort et cherche à entrer en symbiose avec celui-ci dans un souci de préservation.
- La conception bioclimatique est la phase stratégique où l'architecte définira les objectifs du projet, les différentes contraintes environnementales à respecter et les solutions architecturales qui y seront apportées. Ainsi, il s'assure que son édifice ait peu d'impact sur l'environnement tout comme l'environnement aura peu d'impact sur son édifice.
- Maîtriser à la fois la hausse des émissions de G.E.S. et la facture énergétique des ménages, des entreprises et du pays par une meilleure maîtrise de la consommation énergétique d'origine fossile.
- L'utilisation de l'énergie renouvelable comme l'énergie solaire photovoltaïque, éolienne ou géothermique
- Encourager le boisement qui réduit le pourcentage de CO2 dans l'atmosphère
- Intégrer la dimension climatique dans la conception des logements individuels promotionnels

Chapitre 02 : l'habitat

1. Introduction :

L'homme dès son existence, il cherche un espace pour qu'il s'approprie pour se protéger lui-même contre les conditions climatiques comme -la neige la pluie la chaleur le froid -et réaliser une protection global contre les intempéries telle que -tonnerre, éclaires, tempête-, les rayons de soleil brulante et des animaux sauvages .cet action est sous prétexte de se sentir en sécurité contre ces dangers et se reposer.

Ce besoin de se sauver du mal qui se provient de l'extérieur donne une naissance à l'habitat primitif qui se résume dans l'abri, soit naturel -grotte- ou créer par l'homme à partir des éléments de la nature et depuis ce premier établissement humain et petit à petit il s'évoluer pour devenir ce qu'il est aujourd'hui avec ces différents types et formes, connu sous le nom de l'habitat précaire, traditionnelle, spontané, ou collectif....

2. L'histoire de l'habitat :

1. La préhistoire -30000 ans à-12000 ans:

- **L'habitat nomade :**

Les hommes de la préhistoire sont nomades et se déplacent en fonction des saisons et des migrations des animaux. Pour se mettre à l'abri, avant, ils trouvent que la grotte est le meilleur moyen de s'abriter mais il fait sombre, humide et les ours peuvent y installer après ils ont construit des huttes faites par de branchages d'ossements et de peau d'animaux qu'il les chasse **(1)**.

- **Habitat sédentaire.**

Il y a environ 12 mille ans les hommes inventent l'élevage et l'agriculture donc, ils n'ont plus besoin de se déplacer pour trouver leur nourriture ils bâtissent des habitats fixe et se regroupent dans les premier villages dont les maisons sont rondes construite en bois ou en terre et recouverte de feuillage.

2. L'antiquité -5000 ans à 476 après J.-C.:

C'est la Mésopotamie il y a cinq mille que naissent les premières villes progressivement les maisons deviennent rectangulaire ou carrés une forme plus pratique pour être cloisonné en différents espace permettre d'assembler les maisons les unes contre les autres autour de petite rue.

En Égypte les maisons traditionnelles sont construites en brique de terre et en paille et possède déjà plusieurs pièces, plus tard les riches se font construire des demeures de plusieurs étages peu à peu les grandes villes du bassin méditerranéen s'organisant un quartier séparent les habitations, les ateliers, les marché les lieux de

culte et religieux ainsi qu'elles sont déjà pourvus de canalisation qui assure l'arrivée d'eau dans les maisons.

3. La maison gauloise environ 50 ans avant J.-C.:

la maison gauloise est construite avec les matériaux disponible à proximité du bois pour sa structure et sa charpente du torchis mélange de terre et de paille pour les murs de la pale pour le toit et sans fenêtre donc cette maison est sombre et constitué d'une pièce qui accueille un foyer pour s'éclairer et cuisiner et d'une réserve à provisions et d'un grenier plus chaud pour dormir .

4. Le moyen Age de 476 à 1492:

En France c'est à partir de 12ème siècle que la pierre remplace peu à peu le bois jugé trop fragile face aux incendies dans les bourgs et les villes, cet époque est propice à la construction de fortifications devant assurer la décence de la population en cas d'attaque .

La cité médiévale compte de nombreux édifices: habitations, ateliers et boutiques concentrer sur peu d'espace. , tandis que les plus riches habitent dans logement spacieux et confortable les pauvre vivent dans des pièces étroite sombre et souvent insalubres.

5. Le temps moderne 1492- 19ème siècle:

Au 16ème siècle l'architecture renaissance venus d'Italie se propage en Europe, les riches demeures rappelle l'architecture romaine par leurs formes leurs colonnes leur proportion les façades sont plus régulières et pourvue de grandes fenêtres en verre.

Au 19ème siècle les grands industriels implante des cités ouvrières pour loger leur main d'œuvre à proximité des usines ces petite maisons en brique sont tout identique et sans confort c'est à cette époque que paris subit d'importantes transformation menée par le baron Haussmann la ville voit naitre des parcs, des réseaux d'égouts et les rues sont élargies en grandes avenues le long desquelles sont bâti des immeubles en pierre.

6. Le 20ème siècle est marqué par l'exode rural et le développement des villes pour faire face au manque de place on construit en hauteur réalisé avec des nouveaux matériaux béton, acier, aluminium et verre.

3. Définition :

3.1. Habitat :

1. L'aire dans laquelle vit une population, une espèce animale ou végétale particulière. **selon le dictionnaire Larousse .**
2. « Mode de peuplement par l'homme des lieux où il vit : habitat rural, urbain » (**Jean Richard BLOCH.,1931**) .
3. Ensemble des conditions des faits relatifs à l'habitation, au logement.
4. Partie de l'environnement définie par un ensemble de facteurs physiques, et dans laquelle vit un individu, une population, une espèce ou un groupe d'espèces.
5. « On entend par habitat, non seulement le bâtiment dans lequel l'homme s'abrite (habitation ou logement) mais aussi ce qui entoure ce bâtiment et notamment tous les services, installations et dispositifs dont l'existence est nécessaire à l'individu. Il existe, plusieurs types d'habitat (habitat économique, villas, immeubles, habitat traditionnel, habitat rural, .etc.) (**OMS.,1961**) .
6. Pour J.E. Havel, l'habitat est « toute l'aire que fréquente un individu, qu'il y circule, y travaille, s'y divertisse, y mange, s'y repose ou y dorme » (**Benmatti N.A.,1982**) .

3.2. Habiter :

« fait de rester dans un lieu donné et d'occuper une demeure. Le terme qui apparaît dans la langue française dès le XI^{ème} siècle, exprime d'emblée les deux dimensions, temporelle et spatiale : par définition, l'habiter s'inscrit à la fois dans l'espace et la durée. [...] Habiter signifie donc être actif, agir sur le vaste espace du monde pour le qualifier et constituer son habitation, pour en clore celle-ci et en définir le seuil, l'intérieur et l'extérieur, pour en moduler l'ouverture et réaliser l'hospitalité. » (**BRUN Jacques et al.,2003**) .

1. Les types d'habitats:

4.1 Habitat urbain :

Un habitat urbain c'est une habitation qui se situe au centre-ville ou dans une zone urbaine. Cette dernière est donc une zone dans laquelle les hommes et les femmes vivent leur organisation de vie de manière concentrée et optimisée, du fait de la proximité des services de loyers abordables, fourniture des moyens de décision, de travail, de transport, de financement, de soins et d'alimentation, de la diversité sociale, du potentiel d'appropriation spatiale du logement et de ses prolongements notamment dans toute la mesure du possible.

4.2. Habitat individuel ou autrement dit "maison individuelle" ou villa:

C'est une habitation séparée d'une autre, construite sur un ou plusieurs niveaux, c'est un logement unifamilial c'est à dire correspond à une seule famille ou une seule personne.

Investissant de grandes surfaces très exposées aux vues, ce genre d'habitat se présente généralement sous forme unitaire, parfois en mode groupé. Ce type d'habitation représente plus de la moitié des logements existants, et souvent représente le reflet d'un besoin d'intimité. Il symbolise aussi une certaine liberté et indépendance (Nadji mohamed amine.,2015) .

4.2.1. Habitat individuel jumelé:

On peut le renommé aussi "habitat accolés" ou "semi-détachés", c'est une maison individuelle mitoyenne partagent un mur mitoyen avec 1 ou 2 côtés avec une autre maison, ce sont construite sur un unique terrain d'une surface minimale 375 m² appartenant aux deux propriétaires- qui se connaissent dans la plupart des cas-afin de réduire le cout globale des habitations. Les façades des maisons jumelées sont, en principe, identiques à moins d'une modification architecturale et des travaux à la suite de la construction par l'un des propriétaires.

4.2.2. Habitat individuel isolée:

Une maison isolée est une maison qui est confectionné sur un terrain sans avoir de mur séparatif commun avec une construction voisine, Leur densité d'occupation au sol varie de 5 maisons à l'hectare, Elles ont souvent un plan identique et répétitif du même élément.

En effet, Ce type de maison donne une cohérence à la composition urbaine grâce à la répétition de la forme et du rythme. Mais cette action n'est pas suffisante pour rendre un ensemble couvrant une grande surface intéressante, ainsi qu'elles créent un environnement fastidieux, et ça c'est le résultat qu'on obtient dans tous les cas.

4.2.3. Habitat individuel groupé :

C'est un processus de construction des maisons individuelles collectifs organisés dans un grand terrain d'une densité d'occupation de sol est de 8 logement sur 1 hectare, ces maisons ont souvent un aspect uniforme et répétitif, Le principe est de vivre ensemble chacun chez soi. L'enjeu réside alors dans l'équilibre entre espace personnel et espace mutualisé. Les espaces communs souvent occupés par l'automobile.



Figure 1 : Habitat individuel isolée.

Source : <https://artfasad.com>.



Figure 2 : Habitat individuel groupé.

Source : <https://www.pinterest.fr>.

4.2.4. Habitat individuel en bandes :

Ce sont des maisons individuelles, juxtaposées et mitoyennes par tout ou une partie de leur murs, de conception analogue formant une bande. Parfois cette bande des maisons ont une conception analogue et parfois on trouve un caractère architecturale toutes différentes les unes des autres.

Ce type de logement permet une meilleur exploitation du foncier c'est-à- dire l'avantage d'économie de terrain et une densité d'occupation du sol environ 15 à 60 logement sur 1 hectare. Ce derniers est très développé dans les pays anglo-saxons est un retour à la composition urbaine traditionnelle.



Figure 3 : Habitat individuel en bandes.

Source : <https://www.architectes-lyon.com>.

1.3. habitat collectif :

C'est un habitat qui rassemble plusieurs logements- des appartement- au sein d'un même édifice, construites sur différentes niveaux destiné à l'habitation de plusieurs familles soit propriétaires ou bien locatifs et dispose d'une seule entrée particulière.

Sa taille et sa forme sont très variables, il peut être des continus, discontinus ou mixtes suivant la disposition des immeubles qui peuvent être des tours ou des barres.

Ce type d'habitat a été créé afin de répondre à la crise du logement et la rareté des terrains donc on peut réaliser de mutualisation des espaces, des économies, des énergétiques à moyen argent.

4.3.1. Les types d'habitats collectifs :

4.3.1.1. Habitat collectif contenu (ilot de bâtiments) :

La construction ilot se caractérise par deux forme une fermée et l'autre de l'ilot (carré, trapèze ou rectangle).

C'est une série d'immeubles clôt entourant une cour intérieure et différencie l'espace intérieur de l'espace extérieure. Cette cour offre plusieurs possibilités d'usages et d'aménagements (espaces verts, jardins, aires de jeux,...), et même, elle peut devenir un espace public qui intègre la vie urbaine à travers la création des



Figure 4 : Habitat collectif contenu.

Source : <https://iast.univ-setif.dz>.

passages et des ouvertures. Ainsi, il est concilier de programmer des espaces de stationnement hors de la cours ou dans des parkings souterrains.

4.3.1.2. Habitat collectif discontinu:

a). Bloc d'immeuble :

- Immeuble d'habitation, composé de plusieurs logements indépendants.
- Groupe de grand bâtiments ou de constructions assez important, formant une unité limitée par des voies de circulation.



Figure 5 : Bloc d'immeuble.

Source : <https://fr.dreamstime.com>.

b). Immeuble de barre :

- Cette forme de construction ouverte et étendu structure une série d'immeubles identiques ou variée en plusieurs barres, implantées d'une façon parallèle, orthogonale ou diagonale.
- Ce type d'implantation ne favorise pas la vie sociale; la longueur des barres crée des espaces rigides qui risquent de procurer un sentiment d'ennui si les façades sont toutes semblables.



Figure 6 : Immeuble de barre.

Source : <https://www.batiactu.com>.

c). Immeuble d'écran :

- C'est un bâtiment indépendant d'une forme de façade qu'elle présente des dimensions supérieures, en particulier en hauteur, au corps du bâtiment dont elle cache la vue c'est-à-dire on ne peut pas différencier entre les pièces donnant vers l'extérieur.



Figure 7 : Immeuble d'écran.

Source : <https://besthqwallpapers.com>.

d). Les tours:

Ce sont des constructions isolées de grande hauteur, implantées librement sur un terrain, sans aucun assemblage.

Selon le dictionnaire Larousse :

- Le bâtiments ou corps de bâtiments de plan centré et nettement plus haut que large.
- Toute construction en hauteur.

e).Habitat collectif mixte:

Il rassemble les formes d'habitat collectif continu et discontinu (ADIMI Imane.,2020) .



Figure 8 : tours.

Source : <https://www.maisonapart.com>.

4.4. Habitat intermédiaire ou semi-collectif :

C'est une forme d'habitat entre la maison individuelle et l'immeuble collectif (appartements). Il se caractérise par un groupement de deux logements ou trois superposés ils possèdent des critères comme:

- accès individualisé indépendant aux logements .
- l'existence des espaces extérieurs (jardin)ou une terrasse pour chaque logement (2).



Figure 9 : habitats semi-collectif.

Source : <https://www.archispot.ma>.

2. La haute standing :

5.1.Definition :

Haut standing c'est un terme anglo-saxonne qui désigne une situation de luxe, de haut de gamme ou de grand confort. On utilise cette expression lorsqu' on vit ou que l' on recherche à vivre dans un environnement de grande qualité.

plus précisément , Le haut de gamme se définit par la qualité supérieure des équipements, des matériaux, de l' environnement, qui sont disposées dans la résidence en plus le confort

de vie qui rend la la qualité de vie dans ces résidences idéale et de la perception positive de la communauté.

5.2. Les critères de la haute standing :

- Une belle entrée, vaste, bien éclairée, avec évidemment un chemin depuis la grille, avec un jardin bien conçu et entretenu.
- Le hall d'entrée doit être accueillant, il doit y avoir au moins une personne disponible jour et nuit pour les conseils, la sécurité et tout autre besoin.
- La cage d'escalier, les ascenseurs et toutes les parties communes doivent être au même niveau de qualité que toute la partie de l'entrée.
- Les parkings doivent être propres, bien éclairés et les peintures bien faites.
- Les appartements doivent proposer de beaux volumes, bien éclairés, avec plusieurs orientations disponibles pour les pièces.
- Une résidence de haut standing devrait ressembler pour ses parties communes à certains grands hôtels.
- Noblesse des matériaux (marbres, mosaïques, lave ou carrelage de qualité).
- Qualité de l'isolation mais aussi de grand baies si une vue est disponible.
- Parties communes irréprochables, propres bien entretenues, résidents calmes avec qui il est possible de cohabiter sans heurt.
- Quartier avec d'autres résidences du même genre
- Services de sécurité tels le gardiennage, les rondes de nuit, mais aussi du confort : piscine, jardins bien entretenus.
- Copropriété bien gérée qui est capable de comprendre qu'un immeuble se repeint plus d'une fois tout les 500 ans et est donc capable de maintenir le standing de l'immeuble.

3. Conclusion :

L'habitat est un objet architectural complexe, il est à la fois un objet d'usage qui doit répondre aux besoins du groupe familial, un bien de consommation considéré comme un investissement, ainsi qu'un objet d'expression sociale et personnelle comportant une forte dimension symbolique, son développement est influencé par des valeurs culturelles, des innovations technologiques, des décisions politiques et les forces économiques.

Chapitre 03 : la notion bioclimatique

1. Introduction :

L'architecture depuis l'antiquité impliquait l'exploitation des ressources naturelles pour servir les besoins humains.

Il y a une longue tradition de construction en harmonie avec l'environnement immédiat et le climat. Socrate, environ 400 avant JC a eu quelques idées sur la convenance climatique des maisons et la façon par laquelle elles avaient été construites pour assurer le confort thermique. Vitruvius, 1 siècle avant JC, a également écrit au sujet de la nécessité de considérer le climat comme élément de conception de bâtiment, pour des raisons de santé et de confort (**Szokolay,S et Auliciems,A., 2007**) .

Mais malheureusement l'harmonie entre l'architecture et son environnement physique avait été brisée au 20ème siècle par les architectes qui ont eu tendance à abandonner les variables climatiques au bénéfice de la haute technologie dans le processus de la conception architecturale. C'est la crise énergétique des années 70 qui a changé les attitudes et a donné naissance à ce qu'on l'appelle actuellement « l'architecture bioclimatique ». Dans ce chapitre nous aborderons la notion du climat à travers sa définition, ses variables, ses échelles et ses types qui doivent être prises en compte lors des processus de conception architecturale dans un premier axe et les différents éléments qui se rapportent directement à la conception bioclimatique dans deuxième axe.

2. L'histoire de bioclimatique :

L'architecture bioclimatique est apparue après le choc pétroliers dans les années **1973** et **1979**.

La pénurie des ressources fossiles et la prise en compte de l'environnement ont nécessité de regarder la discipline d'un regard neuf, d'autant plus que l'inflation des prix du pétrole exigeaient de nouvelles alternatives économiquement viables.

Dans le domaine de bâtis, le bâtiment est un grand consommateur d'énergie à l'échelle mondiale, plusieurs expérimentations ont été appliquées pour trouver des solutions innovantes dans l'économie et la gestion des ressources.

En parallèle, les anciennes méthodes de la conception sont remises aujourd'hui. et donner beaucoup d'importance à l'observation du climat et à l'intégration des contraintes et opportunités de celui-ci dans l'élaboration des ambiances architecturales. Cette initiative est nommée la climatologie elle a apparue dès l'année 1963, prennent en considération les paramètres environnementaux ainsi que des potentialités existantes du site, comme l'ensoleillement, les vents dominants, les ressources locales, le cycle des saisons, l'amplitude des températures selon différentes échelles temporelles, etc.

3. Definition :

Victor Olgyay le fondateur du bioclimatique défini ce terme pour la première fois en 1953 comme « un principe de conception architecturale visant à utiliser, au moyen de l'architecture elle-même, les éléments favorables du climat en vue de la satisfaction des exigences du confort thermique. » (**OLGYAY Vicor., 1963**) .

D'après **Pierre Lavigne et Pierre Fernandez** l'architecture bioclimatique a principalement pour un but d'améliorer le confort qu'un espace bâti peut induire de manière naturelle, c'est à dire minimiser le recours aux énergies non renouvelables, les effets pervers sur le milieu naturel et les coûts d'investissement et de fonctionnement (**Lavigne et Fernandez, 2009**) .

L'intérêt du Bioclimatique va aux : plaisir d'habiter (un programme architectural) ou d'utiliser un espace à l'économie de la construction, , un paysage, une culture, quelques matériaux locaux, certaine notion de bien-être et d'abri dont la synthèse est une couverture habitat ce qui fait un élément fondamental de l'art de l'architecte.

Le concept de l'architecture bioclimatique est à l'origine de l'émergence des nouveaux concepts comme : « Haute Qualité Environnementale, HQE » ou « Très Haute Performance Energétique », « Architecture Ecologique », « Architecture Durable » et « Architecture Verte » (**Almusaed A., 2011**) .

4. La démarche bioclimatique :

Afin de favoriser le confort d'ambiance des occupants tout en préservant le cadre naturel de la construction, les architectes prennent en compte des paramètres parmi ces derniers : le choix du terrain avec la prise en considération des critères : (climat, topographie, zones de bruit, ressources naturelles, ...) ensuite , Une attention tout particulière sur l'orientation du bâtiment (afin d'exploiter l'énergie et la lumière du soleil), et à la construction (surfaces vitrées, protections solaires, compacité, matériaux, ...).

La conception bioclimatique consiste à profiter le maximum de l'énergie solaire, puisqu'elle est abondante et gratuite. En hiver, le bâtiment doit maximiser la captation de l'énergie solaire, la diffuser et la conserver. au contraire , en été, le bâtiment doit se protéger du rayonnement solaire et évacuer le surplus de chaleur du bâtiment (**HADDAM Muhammad ; 2015**) .

La conception bioclimatique s'articule autour des 3 axes suivants :

4.1.En hiver :

4.1.1.Capter / se protéger de la chaleur:

Dans l'hémisphère nord:

En hiver: le soleil se lève au Sud Est et se couche au Sud Ouest, restant très bas (22° au solstice d'hiver). Seule la façade Sud reçoit un rayonnement non négligeable durant la période d'hiver. Ainsi, en maximisant la surface vitrée au sud, la lumière du soleil est convertie en chaleur (effet de serre), ce qui chauffe le bâtiment de manière passive et gratuite.

En été: le soleil se lève au Nord Est et se couche au Sud Ouest, montant très haut (78° au solstice d'été). Cette fois ci, ce sont la toiture, les façades Est (le matin) et Ouest (le soir) qui sont le plus irradiées. Quant à la façade Sud, elle reste fortement irradiée mais l'angle

d'incidence des rayons lumineux est élevé. Il convient donc de protéger les surfaces vitrées orientées Sud via des protections solaires horizontales dimensionnées pour bloquer le rayonnement solaire en été. Sur les façades Est et Ouest, les protections solaires horizontales sont d'une efficacité limitée car les rayons solaires ont une incidence moins élevée. Il conviendra d'installer des protections solaires verticales, d'augmenter l'opacité des vitrages (volets, vitrage opaque) ou encore de mettre en place une végétation caduque.

En règle générale, dans l'hémisphère nord, on propose :

- Une maximisation des surfaces vitrées orientées au Sud, protégées du soleil estival par des casquettes horizontales,
- Une minimisation des surfaces vitrées orientées au Nord. En effet, les apports solaires sont très faibles et un vitrage sera forcément plus déperditif qu'une paroi isolée,
- Des surfaces vitrées raisonnées et réfléchies pour les orientations Est et Ouest afin de se protéger des surchauffes estivales. Par exemple, les chambres orientées à l'ouest devront impérativement être protégées du soleil du soir.

4.1.2. Transformer, diffuser la chaleur :

Une fois le rayonnement solaire capté et transformé en chaleur, celle-ci doit être diffusée et/ou captée. Le bâtiment bioclimatique est conçu pour maintenir un équilibre thermique entre les pièces, diffuser ou évacuer la chaleur via le système de ventilation.

La conversion de la lumière en chaleur se fait principalement au niveau du sol. Naturellement, la chaleur a souvent tendance à s'accumuler vers le haut des locaux par convection et stratification thermique, provoquant un déséquilibre thermique. Afin d'éviter le phénomène de stratification, il conviendra de favoriser les sols foncés, d'utiliser des teintes variables sur les murs selon la priorité entre la diffusion de lumière et la captation de l'énergie solaire (selon le besoin) et de mettre des teintes claires au plafond.

Les teintes les plus aptes à convertir la lumière en chaleur et l'absorber sont sombres (idéalement noires) et celles plus aptes à réfléchir la lumière en chaleur sont claires (idéalement blanches).

Il est également à noter que les matériaux mats de surface granuleuse sont plus aptes à capter la lumière et la convertir en chaleur que les surfaces lisses et brillantes (effet miroir).

Une réflexion pourra également être faite sur les matériaux utilisés, pouvant donner une impression de chaud ou de froid selon leur effusivité.

4.1.3. Conserver la chaleur ou la fraîcheur :

En hiver, une fois captée et transformée, l'énergie solaire doit être conservée à l'intérieur de la construction et valorisée au moment opportun.

En été, c'est la fraîcheur nocturne, captée via une sur-ventilation par exemple, qui doit être stockée dans le bâti afin de limiter les surchauffes pendant le jour.

De manière générale, cette énergie est stockée dans les matériaux lourds de la construction. Afin de maximiser cette inertie, on privilégiera l'isolation par l'extérieur.

4.2. En été :

4.2.1 .Minimiser les gains solaires :

La bonne maîtrise des gains solaires d'été permet dans la majorité des cas de se passer de tout système de refroidissement à partir de :

- Utiliser les masques du site: plantation, bâtiments adjacents, relief pour se protéger.
- Protéger du soleil le sol environnant le bâtiment par des plantations (arbres, treilles) ou des constructions pour minimiser sa température.
- Utiliser des revêtements de sol clairs, ou végétaux.
- Utiliser des revêtements des murs et du toit clairs pour diminuer les flux solaires absorbés ou les couvrir de végétation à feuilles caduques .
- Mettre des peaux ventilées sur les murs et toitures mal isolés .
- Isoler les toits à pans ventilés avec 12 cm minimum, les toits plats avec 14 cm.
- Limiter l'utilisation des protections solaires fixes aux bâtiments où les gains internes dominant et dimensionner la protection pour la période de surchauffe seulement .

4.2.2. Ventilation naturelle

La ventilation naturelle remplit plusieurs fonctions :

- Renouveler l'air des locaux pour amener de l'air frais nécessaire à la respiration des occupants ou à l'évacuation des polluants internes : cette fonction est nécessaire aussi bien en hiver qu'en été.
- Evacuer la chaleur: les gains internes et solaires provoquent une élévation de la température interne. En été, cet excès doit être évacué.
- Améliorer l'échange de chaleur entre les personnes et l'air en augmentant la vitesse de l'air et donc l'évaporation cutanée.

- Evacuer, durant la nuit, la chaleur accumulée, durant le jour dans la masse interne.
- On distingue deux types de ventilation naturelle: celle due à la pression du vent et celle due à la différence de densité (température) entre l'air chaud et l'air froid (effet de cheminée).

4.2.3.Favoriser l'éclairage naturel :

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

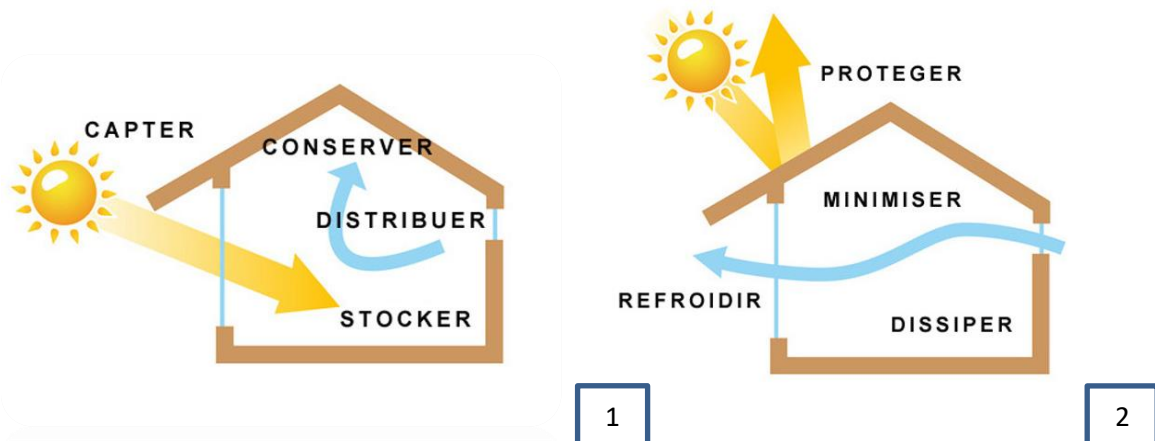


Figure 10 : les principes de conception bioclimatique 1. En hiver ,2. En été.

Source : <https://cargocollective.com>.

5.climat et paramètres climatiques :

5.1 Définition :

- Le mot « climat » prend ses racines du mot grec «Klima» qui signifie « inclinaison» en référence à l'angle des rayons du soleil. Cette « inclinaison» (en fait appelée « déclinaison») varie au cours de la journée qu'au long de l'année et conditionne l'ensemble des paramètres climatiques (**Roberto Gonzalo Karl J. Habermann.,2008**) .

Les définitions du climat sont nombreuses :

- Le climat est défini comme étant « l'intégration dans le temps les conditions météorologiques, caractérisant un emplacement géographique donné » (**Szokolay. S, 2008**).
- Le climat, dans un sens étroit, est considéré comme le «temps moyen», ou de façon plus scientifiquement exacte, « la description statistique en termes de moyennes et de variabilité de grandeurs pertinentes sur une période de temps» (**3**).
- Le climat a deux notions différentes, celle du climat moyen et celle de la variabilité climatique. Le climat moyen correspond à l'ensemble des conditions qui

caractérisent l'état moyen de l'atmosphère en un lieu ou une région donnée. La variabilité du climat correspond à la dispersion statique de ses éléments caractéristiques autour de leur valeur moyenne (**Guyot. G.,1999**) .

- Dans un sens plus large, le climat est l'état du système climatique qui comporte l'atmosphère, l'hydrosphère, la cryosphère, la lithosphère et la biosphère de la surface. Ces éléments, tous de déterminer l'état et la dynamique du climat de la Terre.

5.2. les paramètres du climat :

paramètre-clés utilisés pour l'étude du climat sont :

1. la température de l'air.
2. L'ensoleillement.
3. le vent de surface.
4. l'humidité.
5. les précipitations.
6. la pression atmosphérique.

5.2.1.La température de l'aire :

5.2.1.1.Definition :

- Selon le dictionnaire Larousse : Ensemble des conditions atmosphériques, variables, traduites subjectivement en sensations relatives de chaud et de froid, et dont l'appréciation exacte est fournie par le thermomètre.
- la température est une grandeur physique mesurée à l'aide d'un thermomètre qui a des graduations correspondant à une échelle de température et étudiée en thermométrie. Dans la vie courante, elle est reliée immédiatement aux sensations de froid et de chaud, provenant du transfert thermique entre le corps humain et son environnement.
- Par temps, la température ambiante fait référence à la température actuelle de l'air - la température globale de l'air extérieur qui nous entoure. En d'autres termes, la température de l'air ambiant est la même chose que la température de l'air «ordinaire». À l'intérieur, la température ambiante est parfois appelée température ambiante .

5.2.1.2.mesurer la température de l'air ambiant :

Pour mesurer la température de l'air ambiant, il vous suffit d'un thermomètre et de suivre ces règles simples.

- Gardez le thermomètre à l'abri de la lumière directe du soleil .Elle est essentiellement influencée par l'ensoleillement mais également par le vent, l'altitude et la nature du sol (**Alain. L et André D.H., 2005**) .
- 1. Si le soleil brille sur votre thermomètre, il enregistrera la chaleur du soleil et non la chaleur ambiante de l'air. Pour cette raison, veillez toujours à placer les thermomètres à l'ombre.
- 2. Ne placez pas votre thermomètre trop bas près du sol ou trop haut au-dessus. Trop bas et il captera l'excès de chaleur du sol. Trop haut et il refroidira à cause des vents. Une hauteur d'environ cinq pieds au-dessus du sol fonctionne le mieux.
- Placez le thermomètre dans un endroit ouvert et bien ventilé. Cela permet à l'air de circuler librement autour de lui, ce qui signifie qu'il représentera la température de l'environnement environnant.
- Gardez le thermomètre couvert. Le protéger du soleil, de la pluie, de la neige et du gel offre un environnement standardisé.
- Placez-le sur une surface naturelle (herbeuse ou sale). Le béton, la chaussée et la pierre attirent et emmagasinent la chaleur, qu'ils peuvent ensuite rayonner vers votre thermomètre, ce qui lui donne une température plus élevée que l'environnement réel.

La température de l'air est un élément crucial qui doit être pris en considération dans la conception architecturale tant que les déperditions thermiques d'un bâtiment sont en grande partie liées aux températures extérieures.

Les déperditions thermiques par transmission dépendent de trois facteurs : les surfaces émissives de chaleur, leurs propriétés isolantes et la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur. Le troisième facteur se rapporte au climat, alors que les deux premiers font partie du choix de l'architecte et la conception en générale (**Roberto.G et Karl J.H., 2008**) .

Cette température varie au cours de la journée, de l'année et d'une année à autre. Pour des raisons de la conception architecturale on fait des mesures pendant plusieurs années pour définir cinq températures par mois : la température moyenne, la température maximale moyenne, la température minimale moyenne, la température maximale maxima et la température minimale minima (**Pierre.F. Et Pierre.L.,2009**) .

5.2.2. L'ensoleillement :

L'ensoleillement, nommé aussi l'insolation, est la mesure du rayonnement solaire que reçoit une surface au cours d'une période donnée, s'exprimant en mégajoules par mètre carré, MJ/m² (comme recommandé par l'Organisation météorologique mondiale) ou en watts-heures par mètre carré, Wh/m² (surtout par l'industrie solaire)¹. Cette mesure divisée par le temps d'enregistrement fournit la mesure de densité de puissance, appelée l'éclairement énergétique/irradiance, exprimé en watts par mètre carré (W/m²).

En tant que source d'énergie, l'ensoleillement est un facteur climatique dont on a intérêt à tirer parti (de manière passive, via les ouvertures vitrées, et/ou de manière active pour produire de l'énergie) puisque Le soleil fournit 99,998% de l'énergie qui anime l'atmosphère, le reste 0,002% provient de l'intérieur de la Terre **(Claudio V. F.,2008)** .

mais dont on doit aussi parfois se protéger pour éviter les surchauffes en été.

La maîtrise de l'énergie solaire nécessite donc de connaître la position correcte du soleil (hauteur et azimut) ainsi que l'intensité du rayonnement à tout moment.

L'équilibre de la température moyenne globale de la terre est déterminé par un équilibre entre l'énergie acquise par l'absorption du rayonnement solaire entrant et l'énergie perdue dans l'espace par l'émission du rayonnement infrarouge. La quantité d'énergie solaire absorbée dépend du rayonnement entrant et les propriétés réfléchissantes de la terre. **(Haigh J. D. et al., 2004)** .

Le rayonnement solaire est un élément important dans la conception bioclimatique. L'architecte doit profiter dans les climats froids ou dans les périodes hivernales et en éviter dans les climats chauds ou dans les périodes estivales.

5.2.3.le vent :

Le vent est un facteur climatique correspond au déplacement d'une masse d'air, essentiellement horizontal consécutif à des différences locales de température entre les zones chaudes et les zones froides et de pression ,des zones de haute pression vers les zones de basse pression . Ce déplacement est causé également par la topographie locale et la rugosité des surfaces **(Samuel. C. et Jean-Pierre.,2007)** .

le vent peut être d'une légère brise à une forte tempête, la vitesse et l'amplitude géographique des vents peuvent être très variables dans l'espace et dans le temps. Parfois destructeur, le vent participe à de nombreux processus sur Terre, comme l'oxygénation des océans et des rivières, ou l'érosion des sols et le déplacement de minéraux. L'Homme l'utilise aujourd'hui comme source d'énergie : l'éolien.

Le vent est mesuré à 10 m au-dessus du sol en plein pays, mais plus élevé dans les zones bâties pour éviter les obstacles. Le vent est décrit par sa vitesse et sa direction. Il est mesuré par un anémomètre.

Des diagrammes de fréquence, roses de vent, sont souvent tracés pendant chaque mois de l'année ou pendant les saisons principales pour aider les architectes à connaître les effets internes du vent sur le bâtiment.

Il y a aussi un autre outil appelé échelle de Beaufort (1806). est une échelle de mesure empirique d'une série de divisions (sur un instrument de mesure, un tableau, etc.) c'est à dire ,échelle de classification des vents de 12 degrés (de 0 à 12) et basée essentiellement sur l'observation et explique les caractéristiques du vent suivant sa vitesse et sa force . Cet

outil aide les concepteurs à connaître son effet sur l'environnement (**Pierre.F et Pierre.L., 2009**).

Sur une échelle globale les vents du monde agissent en tant que mécanisme primaire d'équilibre thermique qui aide à compenser le déséquilibre latitudinal persistant de l'énergie de la terre. Ce déséquilibre est provoqué par la région équatoriale qui absorbe plus de rayonnement solaire reçu et les régions polaires qui perdent plus de rayonnement qu'elles reçoivent du soleil (**John. E. O., 2005**).

donc, il est nécessaire que les concepteurs prennent une décision s'il faut se protéger des vents pendant les périodes hivernales ou de les profiter pendant les périodes estivales tant que les vents ont des influences directes sur le bâtiment.

Dans les périodes hivernales le vent agit sur le bâtiment soit par l'augmentation des déperditions soit par transmission soit par ventilation, alors que dans les périodes estivales il est essentiel surtout dans les climats tropicaux parce qu'il rafraîchit l'atmosphère.

Par définition, la direction d'un vent correspond à son origine. C'est un facteur climatique important dans la détermination des besoins en énergie d'un bâtiment. Il influence le taux d'infiltration d'air du bâtiment, ainsi que les échanges de chaleur par convection à la surface de l'enveloppe des bâtiments peu isolés.

5.2.4. l'humidité :

5.2.4.1. Qu'est-ce que l'humidité?

L'humidité désigne la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air. L'humidité relative est le rapport de la quantité d'eau dans l'air sur la quantité maximale de vapeur d'eau (humidité). Plus la température est élevée, plus il peut y avoir de vapeur d'eau dans l'air. L'humidité relative est la donnée que vous donne le présentateur météo.

5.2.4.2. D'où vient l'humidité?

l'humidité est un élément naturel de notre atmosphère, elle provient de la quantité de vapeur d'eau présente dans l'air.

La vapeur d'eau s'évapore des grandes masses d'eau de la surface de la Terre, y compris les lacs, les océans et les mers, et pénètre l'atmosphère. En fait, 97% de l'eau présente sur Terre vient de nos océans **(4)**.

C'est une partie intégrante du cycle de l'eau, car la vapeur d'eau est continuellement générée par évaporation et éliminée par condensation. Lorsque la température monte, l'air peut contenir plus de vapeur d'eau ; donc plus le climat est chaud, plus le taux d'humidité peut être élevé.

Par exemple, une quantité d'air densément saturée peut contenir 28 grammes d'eau par mètre cube à 30 °C, mais seulement 8 grammes d'eau par mètre cube à 8 °C.

5.2.4.3.L'effet de la température sur les niveaux d'humidité intérieur :

L'air froid ne peut pas absorber autant d'humidité que l'air chaud. Le rapport température-humidité est important, d'autant plus que nous passons 90 % de notre temps en intérieur. Prenons par exemple une journée hivernale. En extérieur, l'humidité relative peut être de 100 % à 5 °C, et donc contenir 6,8 grammes d'eau. En intérieur, par contre, une température de 5 °C serait très inconfortable et on aurait tendance à réchauffer l'air. Lorsque l'air extérieur arrive en intérieur et chauffe jusqu'à 23 °C, la quantité absolue d'eau dans l'air reste la même. Mais comme l'air chaud peut contenir plus d'eau, l'humidité relative descend à 33 %.

D'autre part, l'air chaud peut contenir plus d'humidité que l'air frais. Par exemple, si l'on prend un été chaud et humide avec 80 % d'humidité dans l'air à 30°C, le taux est de 24 grammes d'eau par mètre cube d'air. En intérieur, une température de 30 °C serait là encore si peu confortable que beaucoup utiliseraient des climatiseurs pour refroidir l'air. Si vous le refroidissez en dessous de 26 °C, le taux d'humidité relative passe à 100 % et l'eau se condense (le point de rosée). C'est pourquoi les systèmes de climatisation sont souvent dotés d'un déshumidificateur intégré. Sans quoi les murs de chez vous seraient trempés pendant l'été.

Un taux d'humidité relative de 100 % signifie que l'air est complètement saturé de vapeur d'eau. À un tel niveau, il finirait par pleuvoir (5) .

5.2.4.4.Quelles sont les causes de variations du taux d'humidité?

a). conditions météorologiques :

Les climats froids ont souvent un taux d'humidité plus faible que les climats chauds, car l'air froid retient moins l'humidité que l'air chaud. En hiver, les niveaux d'humidité ont tendance à être généralement plus bas. En été, en revanche, le taux d'humidité sera plus élevé étant donné que l'air peut contenir plus de vapeur d'eau à une température plus haute.

b).Gestes quotidiens :

De petites tâches quotidiennes peuvent jouer un rôle sur les niveaux d'humidité. La cuisson, le nettoyage, la vaisselle, la respiration, la lessive, la douche et autres processus habituels en intérieur libèrent de la vapeur d'eau dans l'air, faisant monter le taux d'humidité intérieure.

5.2.4.5.Quel est le taux d'humidité idéal en intérieur?

- Les niveaux sains d'humidité relative intérieure se situent entre 30-60%.
- Il est essentiel de maintenir des niveaux d'humidité sains en intérieur.un faible taux d'humidité peut avoir un impact sur votre santé et sur votre habitat.
- Trop d'humidité peut entraîner de la moisissure ,trop peu et l'air devient sec et inconfortable.

5.2.4.6.Un taux d'humidité élevé et néfaste :

a).Moisissure :

21 % des 21,8 millions de cas d'asthme annuels sont imputables à l'humidité et aux moisissures présentes dans les habitations (**J.G.Cedeno-Laurent et al.,2018**).

Les conditions humides constituent un excellent foyer pour que les bactéries et moisissures se multiplient. L'excès d'humidité dans les bâtiments peut être causé par des fuites, la pluie qui s'infiltré par les fenêtres et les sous-sols, ou même une remontée d'humidité du rez-de-chaussée.

b).Asthme,Allergies et maladies respiratoires :

Quand le taux d'humidité dépasse les 50 % recommandés, l'air commence à devenir dense et humide. D'autres soucis peuvent surgir à mesure que les niveaux augmentent.

c).Acariens :

Saviez-vous que les acariens ne pourraient pas survivre sans humidité ?" (**6**).

Les acariens aiment les températures modérées et un niveau d'humidité élevé car ils en absorbent l'eau. Les zones à fort taux d'humidité sont donc idéales pour eux. Ces créatures microscopiques peuvent aggraver les allergies et l'asthme, c'est pourquoi il est essentiel de maintenir des niveaux d'humidité sains pour réduire leurs effets (**7**).

5.2.4.7.Un taux d'humidité bas et néfaste :

a).Peau sèche et Eczéma :

Les démangeaisons et la sécheresse de la peau peuvent survenir dû à un faible taux d'humidité dans l'air. Des études ont également révélé qu'un faible taux d'humidité dans l'air altérerait la couche lipidique de nos yeux (**Abusharha AA, Pearce El.,2013**) .

Cela peut également aggraver certaines affections cutanées comme l'eczéma, car un air très sec peut extraire l'humidité de la peau.

5.2.4.8.Résultats scolaires :

Des changements évidents dans votre capacité à vous concentrer ou à effectuer des tâches peuvent être causés par des variations, même minimes, de l'humidité relative et de la température.

a).Grippe :

Un lien significatif entre de faibles niveaux d'humidité et la facilité de propagation du virus de la grippe a été découvert. Une étude a révélé qu'en période de pointe de faible humidité absolue, comme en hiver lorsque l'air est sec, la grippe se transmet plus.

5.2.4.9.Solutions faciles :

Des solutions simples peuvent contribuer à améliorer le taux d'humidité intérieur chez vous. La plus importante et souvent la plus efficace est de bien ventiler. Dans les zones de forte humidité localisée, comme la salle de bains et la cuisine, utilisez un ventilateur et une hotte pour extraire l'air et le faire circuler. Ouvrir les fenêtres pour laisser entrer l'air frais dans votre maison est également une solution simple et efficace.

5.2.5.les précipitations :

5.2.5.1.Definitions :

Les précipitations désignent les gouttes d'eau ou les cristaux de glace qui, formés après condensation et agglomération dans les nuages, deviennent trop lourds pour se maintenir en suspension dans l'air et tombent au sol ou s'évaporent avant de l'atteindre (virga). Ces précipitations sont de plusieurs natures : la pluie, la neige et la grêle comptent parmi les plus fréquentes.

5.2.5.2.Les types de précipitations :

Il existe différents types de précipitations, selon les conditions atmosphériques :

a). les précipitations convectives :

Elles résultent d'une ascension rapide des masses d'air dans l'atmosphère. Elles sont associées aux cumulus et cumulo-nimbus, à développement vertical important, et sont donc générées par le processus de Bergeron. Les précipitations résultantes de ce processus sont en général orageuses, de courte durée (moins d'une heure), de forte intensité et de faible extension spatiale.

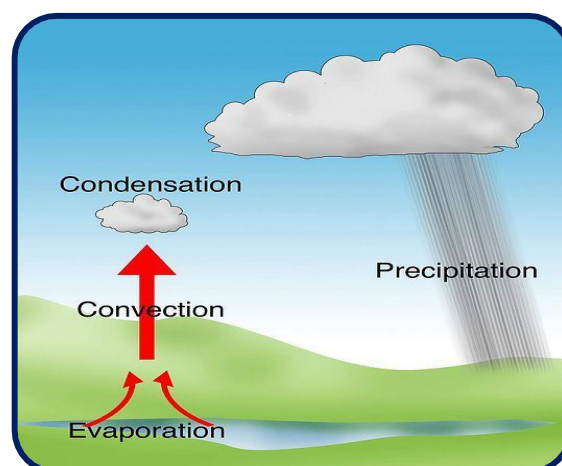


Figure 11 : les précipitations convectives.

Source : <https://www.pinterest.co.uk>.

b).Les précipitations orographiques :

Comme son nom l'indique (du grec oros, montagne), ce type de précipitations résulte de la rencontre entre une masse d'air chaude et humide et une barrière topographique particulière. Par conséquent, ce type de précipitations n'est pas « spatialement mobile » et se produit souvent au niveau des massifs montagneux. Les caractéristiques des précipitations orographiques dépendent de l'altitude, de la pente et de son orientation, mais aussi de la distance séparant l'origine de la masse d'air chaud du lieu de soulèvement. En général, elles présentent une intensité et une fréquence assez régulières.

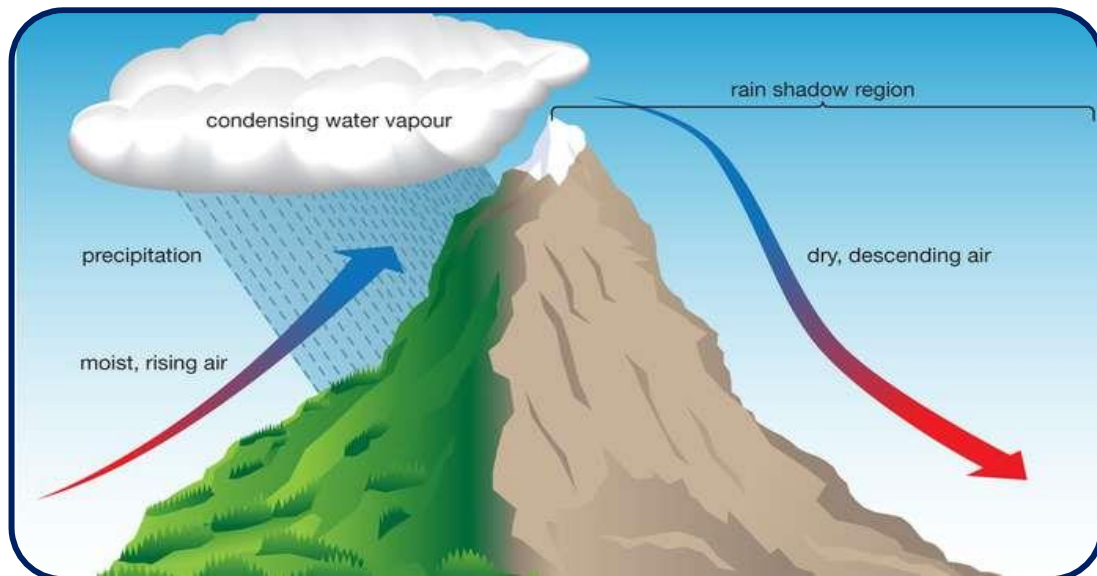


Figure 12 : Les précipitations orographiques.

Source : <https://www.pinterest.co.uk>.

c). Les précipitations frontales ou de type cyclonique :

Elles sont associées aux surfaces de contact entre deux masses d'air de température, de gradient thermique vertical, d'humidité et de vitesse de déplacement différents, que l'on nomme « fronts ». Les fronts froids (une masse d'air froide pénètre dans une région chaude) créent des précipitations brèves, peu étendues et intenses. Du fait d'une faible pente du front, les fronts chauds (une masse d'air chaude pénètre dans une région occupée par une masse d'air plus froide) génèrent des précipitations longues, étendues, mais peu intenses.

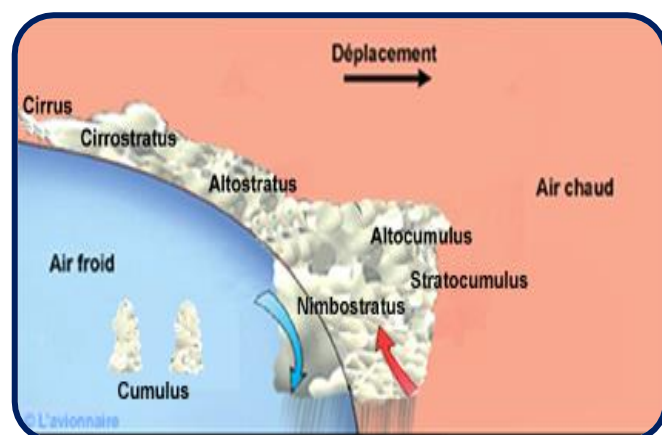
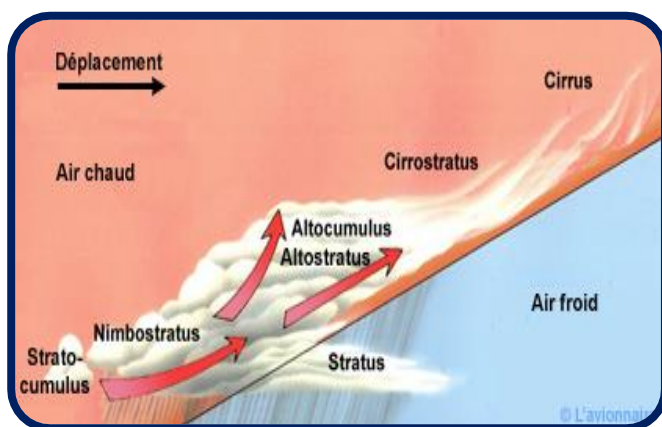


Figure 13 : les précipitation frontale.

Source : <https://www.lavionnaire.fr>

5.2.5.3.Mesures de la hauteur d'eau précipitée :

Comme les précipitations varient selon différents facteurs (déplacement de la perturbation, lieu de l'averse, influence de la topographie, etc.), leur mesure est relativement compliquée.

Quelle que soit la forme de la précipitation, liquide ou solide, on mesure la quantité d'eau tombée durant un certain laps de temps. On l'exprime généralement en hauteur de précipitation ou lame d'eau précipitée par unité de surface horizontale (mm). On définit aussi son intensité (mm/h) comme la hauteur d'eau précipitée par unité de temps. La précision de la mesure est au mieux de l'ordre de 0,1 mm.

Les différents instruments permettant la mesure des précipitations sont décrits "mesures hydrologiques". toutefois les deux appareils de mesures fondamentaux que sont :

a).Le pluviomètre : instrument de base de la mesure des précipitations liquides ou solides. Il indique la quantité d'eau totale précipitée et recueillie à l'intérieur d'une surface calibrée dans un intervalle de temps séparant deux relevés.

b).Le pluviographe : instrument captant la précipitation de la même manière que le pluviomètre mais avec un dispositif permettant de connaître, outre la hauteur d'eau totale, leur répartition dans le temps, autrement dit les intensités.

5.2.6. la pression atmosphérique :

La pression atmosphérique correspond à la pression générée par une colonne d'air en un point donné. Elle s'exprime en pascal (Pa), unité équivalente au newton par mètre carré (N/m²). En moyenne, au niveau de la mer, la pression atmosphérique avoisine 1.013,25 hectopascals (hPa), soit l'équivalent de la pression exercée par une colonne d'eau de plus de 10 mètres en un point. En deçà de 1.010 hPa, les météorologues parlent de basses pressions, synonymes de mauvais temps dans les régions tempérées. Au-dessus de 1.020 hPa, on entre dans les hautes pressions, qui apportent le soleil à ces mêmes latitudes.

5.2.6.1.Les instruments de mesure de la pression atmosphérique :

Les instruments de mesure de la pression atmosphérique sont deux :le baromètre à mercure et le baromètre anéroïde.

6.Echelle du climat :

Il est important de souligner que la climatologie est une discipline scientifique qui se focalise sur l'étude des phénomènes atmosphériques par des échelles spatiales différentes. Il y a généralement une relation directe entre la taille des phénomènes atmosphériques et l'échelle du temps dans lequel ce phénomène se produit. Robert, V.Rohli.et Anthony J.Vega ont proposé cinq échelles climatiques.

6.1.Échelle planétaire:

Les phénomènes météorologiques à l'échelle planétaire s'étendent sur plusieurs milliers de kilomètres et leur durée de vie est de l'ordre de plusieurs mois ou de l'année. Par exemple le Jet Stream correspond à un phénomène planétaire car on le retrouve sur des surfaces très étendues dans l'atmosphère à haute altitude (7 à 12 km au-dessus du niveau de la Terre).

Lors de grandes éruptions volcaniques (éruption du Tambora en 1815 en Indonésie, du Krakatoa en 1883 en Indonésie, du Pinatubo en 1991 aux Philippines), des quantités astronomiques de cendres se sont dispersées sur des milliers de kilomètres dans la haute atmosphère pendant plusieurs années (2 ou 3 ans) : il s'agit donc d'un phénomène à l'échelle planétaire. En océanographie, les grands courants océaniques (Gulf Stream) s'étendant sur des milliers de kilomètres sont des exemples typiques de phénomènes de l'échelle planétaire.

6.2.Échelle synoptique:

En météorologie, les phénomènes atmosphériques de l'échelle synoptique ont des dimensions dont l'ordre de grandeur sont de quelques milliers de kilomètres pour les dimensions horizontales, quelques kilomètres pour la dimension verticale et quelques jours pour la durée. On y retrouve les dépressions, les anticyclones et les aérosols présents dans l'air (pollution atmosphérique, sable transporté par le vent ...). Cette échelle constitue le cadre de la prévision météorologique sur une échéance de un à trois jours dans les zones tempérées en modélisant les mouvements des centres d'action sur une zone géographique prédéfinie.

À l'échelle synoptique, la vitesse horizontale moyenne des particules atmosphériques est de 10 m/s environ tandis que la vitesse verticale est à peine de l'ordre de 1 cm/s. En deçà de l'échelle synoptique, on retrouve une échelle légèrement plus restreinte, il s'agit de l'échelle subsynoptique. Celle-ci est utilisée principalement pour les cyclones tropicaux.

6.3.Méso-échelle ou échelle régionale:

La méso-échelle décrit les phénomènes qui se déroulent sur une échelle plus petite que l'échelle synoptique. Elle se définit par les dimensions horizontales des phénomènes qui varient de 2 000 km à 2 km. Leur durée varie entre quelques heures et quelques jours. Cette échelle prend en compte des phénomènes tels que les vents régionaux, les fronts ou encore les orages organisés.

La méso-échelle se distingue en trois sous-catégories selon le diamètre et la durée du phénomène étudié : Méso-gamma (2-20 kilomètres / 2-30 minutes), Méso-beta (20-200 kilomètres / 30 minutes – 6 heures) et Méso-alpha (200-2000 kilomètres / 6 heures à 2 jours). Dans le cadre de la prévision météorologique la méso-échelle est utilisée par les modèles à mailles fines qui bénéficient d'une plus grande précision pour analyser des phénomènes dans des espaces plus restreints (pays, régions...).

6.4.Micro-échelle ou échelle turbulente

Cette échelle est utilisée en météorologie et en océanographie pour désigner ce qui se passe à moins de deux kilomètres avec une durée de quelques secondes à une dizaine de minutes seulement. La micro-échelle intervient pour l'étude de phénomènes dont l'échelle est assez petite comme les remous observés dans l'écoulement atmosphérique à cause de la rugosité du sol et du frottement occasionné (rafales de vent) ou encore la formation de grêle dans un orage et la formation d'une tornade par exemple.

Une autre classification des échelles des climats est trouvée dans **Hupfer (1991)**. Hupfer a proposé trois échelles qui sont le macroclimat, le méso-climat et le microclimat¹³. Pour des raisons de la conception bioclimatique, on a besoin d'une méthodologie qui traite ces différentes échelles en relation avec le bâtiment.

a).Le macroclimat :

c'est le climat d'une région, **Szokolay .,1991** a défini trois types de macroclimat pour les bâtiments :

- Les températures chaudes qui sont la plupart du temps au-dessus de la zone de confort .
- Les températures modérées qui tombent dans la zone du confort.
- Les températures froides qui sont la plupart du temps au-dessous de la zone du confort

b).Le méso-climat :

Le mésoclimat définit le climat d'une région naturelle d'étendue limitée (province, baie, anse, partie de mer, ville, lac, etc.) plus grande que celle d'un microclimat mais plus petite que pour un macroclimat. L'échelle d'un mésoclimat est de quelques dizaines à centaines de kilomètres.

Les conditions du méso-climat augmentent ou réduisent les conditions du macroclimat. Les effets de la topographie, de la végétation et d'autres caractéristiques physiques créent l'effet du méso-climat. Six types principaux du méso-climat peuvent être distingués **selon Goulding et al.,1992 :**

- Côtière : l'influence des brises locale de la mer sur l'augmentation des températures en hiver et le baissement en été par rapport aux zones continentales.
- Terres plates et ouvertes : l'influence des vents puissants sur les zones où il y a peu d'obstacles physiques comme le désert et les plaines.
- Régions boisées et les forêts : les températures sont plus stables, une humidité plus élevée que dans les zones ouvertes ainsi que un ombrage élevé.
- Vallées : influence sur le rayonnement solaire et le régime des vents « l'effet de cheminée ».

- Montagnes : la température baisse pour chaque 100m d'altitude.
- Villes : « ilot de chaleur urbaine », l'écoulement d'air au niveau du sol baisse

c).Microclimat :

correspond à une minuscule surface, entre les rangées de vignes par exemple, ou même au sein de la canopée. Le terme microclimat peut aussi être utilisé lorsque la zone prise en considération est assez vaste pour correspondre à un mésoclimat.

La compréhension du microclimat est également une priorité majeure. Le microclimat d'un site est affecté par les facteurs suivants :

- la forme du terrain.
- la végétation.
- les points d'eau.
- la largeur des rues et l'orientation.
- les espaces ouverts et la forme construite.

Le méso-climat diffère du macroclimat par des différences locales :

- l'altitude du vignoble.
- l'inclinaison de sa pente.
- son exposition.
- la présence de grandes étendues d'eau (l'influence maritime).
- son sol.
- sa température.
- sa phénologie (l'étude des différentes phases de développements saisonniers de la vigne à cet endroit).
- sa pluviométrie.
- les vents dominants.
- son ensoleillement etc.

5. Familles de climat :

7.1.Climat équatorial:

Le climat équatorial concerne les régions voisines de l'équateur. Il se caractérise par une seule saison, de fortes précipitations, ainsi qu'une température élevée quasiment constante toute l'année, dont la moyenne est de 28 °C. Les pluies sont presque quotidiennes, beaucoup plus abondantes aux équinoxes et tombant plutôt en soirée ; l'air chaud se charge en humidité et connaît un mouvement ascendant. Avec l'altitude, il se produit un refroidissement, avec formation de nuages de type cumulo-nimbus qui provoque des pluies souvent violentes. Ce mélange de chaleur et d'humidité permet l'épanouissement de la forêt équatoriale qui est le biome le plus riche en biodiversité.

7.2.Climats tropicaux humides :

Ce climat est présent de part et d'autre de l'équateur, parfois jusqu'à 15 à 25 degrés de latitude nord et sud. La température mensuelle moyenne est toute l'année au-dessus de 18 °C. On distingue une saison sèche et une saison humide. Plus l'on s'approche de l'équateur et plus la saison humide s'allonge. Les littoraux tropicaux à l'ouest peuvent subir une variation très importante de température.

7.3.Climats désertiques :

Le climat désertique est caractérisé par une évaporation supérieure aux précipitations et une température moyenne annuelle supérieure à 18 °C. On distingue quelques mois où les précipitations peuvent se produire. La végétation est parfois absente. Il s'étend entre 10 et 35 degrés de latitude nord et sud. Ce climat est caractéristique des régions désertiques ou semi-désertiques des grandes régions continentales souvent entourées de montagnes, à l'ouest et au centre des continents.

7.4.Climats subtropicaux :

Ce type de climat se rencontre à des latitudes comprises entre 25 et 45°. Ces climats subissent l'influence de masses d'air tropicales pendant les mois d'été, leur apportant de fortes chaleurs. En revanche, ils connaissent une vraie saison froide, même si celle-ci est modérée, sous l'influence de masses d'air polaire. En outre, si le ressenti est agréable (douceur, ensoleillement), ces climats sont aussi sujet à des phénomènes brutaux (orages, inondations, cyclones tropicaux).

Généralement deux types de climats peuvent être qualifiés de subtropicaux : le climat méditerranéen sur les façades occidentales et le climat subtropical humide sur les façades orientales (on emploie souvent le terme « climat chinois »). Si ces deux climats ont en commun un hiver relativement doux et humide (même si un coup de froid n'est jamais exclu), les masses d'air tropical en été apportent des situations bien différentes. Le climat méditerranéen connaît l'aridité estivale, alors que le climat subtropical humide subit une chaleur très moite.

7.5.Climats dits tempérés :

Ce climat est en général caractérisé par des températures tempérées, ainsi que deux saisons : une saison froide (hiver) et une saison chaude (été). On le divise en trois grands sous-groupes :

7.5.1.Climat océanique :

Le climat océanique est un climat avec des étés généralement doux et des hivers généralement frais, humide en toutes saisons et influencé par la proximité des océans où l'on retrouve des courants chauds (en façade ouest des continents) et qui se dégrade peu à peu en un climat continental en se dirigeant vers l'Est, avec des étés chauds et orageux et

des hivers très froids et plutôt secs. Le climat océanique est marqué par une amplitude thermique faible (moins de 18 °C), qui s'accroît au fur et à mesure que l'on pénètre dans l'intérieur des continents. Les précipitations sont en général de l'ordre du mètre et surtout bien réparties. On le retrouve entre 35 et 65 degrés de latitude dans l'hémisphère nord et sud. 1 Berlin en serait la limite orientale en Europe.

Certains auteurs parlent de climat hyper-océanique pour la bande de terre proche de l'océan N 2 et où l'amplitude thermique annuelle moyenne est très faible (moins de 10 °C).

7.5.2.Climat continental :

Le climat continental se distingue par une amplitude thermique plus forte (dépassant les 23 °C) et des précipitations de l'ordre du mètre mais réparties surtout pendant la période estivale. L'influence de l'océan ne pouvant se faire sentir vu la direction générale des vents, c'est l'humidité due à l'évapotranspiration des terres (forêts et marécages) et des lacs qui fournit les précipitations. Les villes côtières des façades orientales subissent également ce climat malgré leur proximité des océans, et ce, jusqu'à des latitudes très basses (New York, Boston, Washington, Shanghai, Séoul) à cause de l'absence de courant océanique chaud. Certains auteurs parlent de climat hypercontinental (amplitude supérieure à 40 °C) pour les régions intérieures des grands continents où seule la terre influence le climat. Les températures extrêmes sont souvent étonnantes (+36 °C et -64 °C pour Snag au Yukon).

Les régions présentant une amplitude thermique intermédiaire entre climat océanique et climat continental (autour des 20 °C) sont appelés climat océanique dégradé ou climat semi-continental.

7.5.3.Climat méditerranéen :

Le climat méditerranéen est caractérisé par des étés chauds et très secs, d'où de nombreux incendies de forêts, et des hivers doux et humides avec des précipitations violentes susceptibles d'entraîner des inondations. Ce climat doit son nom à la proximité de la Méditerranée mais peut se rencontrer dans d'autres parties du monde (Afrique du Sud, Chili, etc.), et peut présenter d'assez fortes influences continentales (Madrid, Ankara, Tachkent, etc.).

7.6.Climats subarctiques :

Ce climat est un intermédiaire entre le climat tempéré et le climat polaire. Les étés sont moins chauds et les hivers plus rigoureux que dans le climat tempéré. La végétation correspond à la forêt boréale ou Taïga. On ne retrouve ce type de climat que dans l'hémisphère nord : partie centrale de tout le Canada, majeure partie de la Russie et nord-est de la Chine. C'est une région peu habitée aux étés courts et frais. En Eurasie, la Sibérie occidentale correspond à ce climat.

Le climat subarctique correspond à l'appellation « climat tempéré froid sans saison sèche avec aucun mois chaud (+22 °C) » (Dfc) de Köppen.

7.7.Climats polaires :

Le climat polaire est caractérisé par des températures froides toute l'année, le mois le plus chaud étant toujours en dessous de 10 °C. La température moyenne mensuelle dépasse -50 °C sur les inlandsis. Vent fort et persistant, le blizzard. Il est caractéristique des côtes nord de l'Amérique, de l'Europe et de l'Asie, ainsi que du Groenland et de l'Antarctique

6. Le réchauffement climatique :

Le réchauffement climatique est un phénomène global de transformation du climat caractérisé par une augmentation générale des températures terrestres moyennes sur de longues périodes liées à l'activité industrielle et notamment à l'effet de serre: on parle donc parfois du réchauffement climatique dit "d'origine anthropique" (d'origine humaine). c'est-à-dire liée aux activités humaines , et qui modifie durablement les équilibres météorologiques et les écosystèmes.

Depuis le début de la Révolution Industrielle, les températures moyennes sur terre ont en effet augmenté plus ou moins régulièrement. **En 2016**, la température moyenne sur la planète terre était environ 1 à 1.5 degrés au dessus des températures moyennes de l'ère pré-industrielle (avant 1850).

On parle aussi de changement climatique ou de dérèglements climatiques car on note des changements importants dans les phénomènes climatiques : plus de canicules, ou inversement plus de précipitations, fréquence des tempêtes ou des ouragans plus élevée, etc. Il s'agit d'étudier et d'anticiper les variations de température pour l'ensemble du globe et sur des temps longs (étude du climat à grande échelle) et non la variabilité des températures à l'échelle de quelques jours ou sur une saison (prévisions météorologiques).

De nombreux scientifiques étudient ce phénomène et tentent de comprendre comment les activités des sociétés humaines provoque ce réchauffement. Ces scientifiques sont regroupés au sein du GIEC (Groupe International d'Experts sur le Climat), et ils publient régulièrement des rapports étudiant l'évolution du réchauffement climatique .

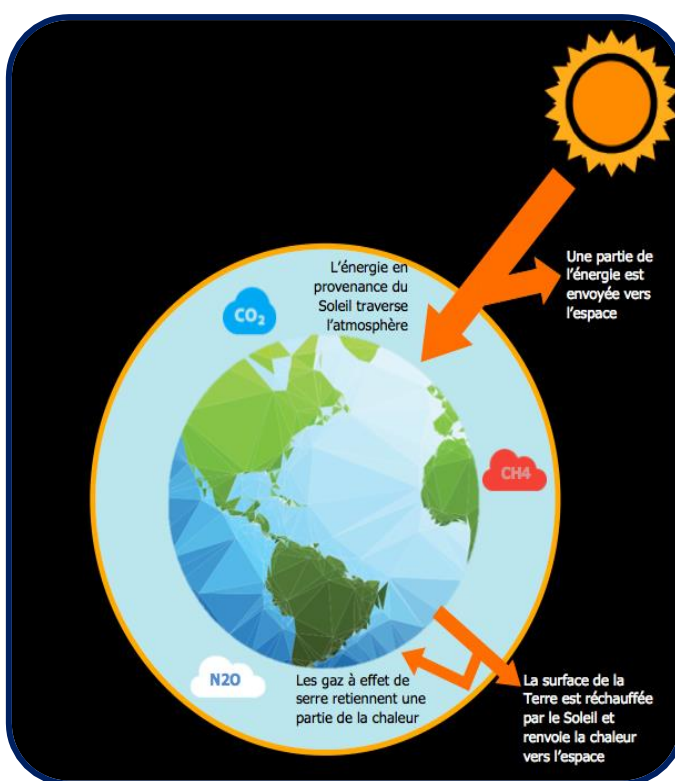


Figure 14 : le phénomène l'effet de serre.

Source : <https://fr.wikimini.org>.

8.1. Les causes du réchauffement climatique :

❖ 8.1.1. L'effet de serre, un phénomène naturel:

Un tiers des rayons du soleil que reçoit la terre est renvoyé par elle dans l'atmosphère sous forme de rayonnement infrarouge ; les deux tiers restants étant absorbés par les océans et les sols. Des gaz naturellement présents dans l'atmosphère, comme l'ozone (O₃), la vapeur d'eau (H₂O), le protoxyde d'azote (NO₂), le méthane (CH₄) ou le dioxyde de carbone (CO₂), empêchent une partie de ce rayonnement de s'échapper dans l'espace et le renvoient vers la terre, ce qui la réchauffe. C'est l'effet de serre. Ce phénomène naturel nécessaire joue un rôle de régulateur du climat et permet à la terre d'avoir une température moyenne habitable (15°C au lieu de -18°C).

❖ 8.1.2. L'augmentation des gaz à effet de serre due aux activités humaines:

Pour la majorité des climatologues, il est désormais incontestable que l'homme joue un rôle essentiel dans le réchauffement climatique.

L'homme a modifié cet équilibre en envoyant de grandes quantités de gaz à effet de serre dans l'atmosphère depuis les premières révolutions industrielles jusqu'à nos jours (effet de serre additionnel). Principalement du CO₂ (77% des émissions) avec l'utilisation massive des énergies fossiles (pétrole, charbon, gaz) mais aussi du méthane avec l'agriculture intensive et les décharges. En cause également la déforestation, les forêts ayant un rôle de captage du CO₂ (puits de carbone). Depuis 1850, le CO₂ a augmenté de 40%. Il était de 270 ppm (parties par millions) à la fin du 19^e siècle. Il atteint les 400 ppm aujourd'hui, la plus forte concentration depuis 800 000 ans ! Sa présence dans l'atmosphère peut durer plusieurs centaines d'années. L'augmentation du dioxyde de carbone (ou gaz carbonique) dans l'atmosphère est la principale cause du réchauffement climatique.

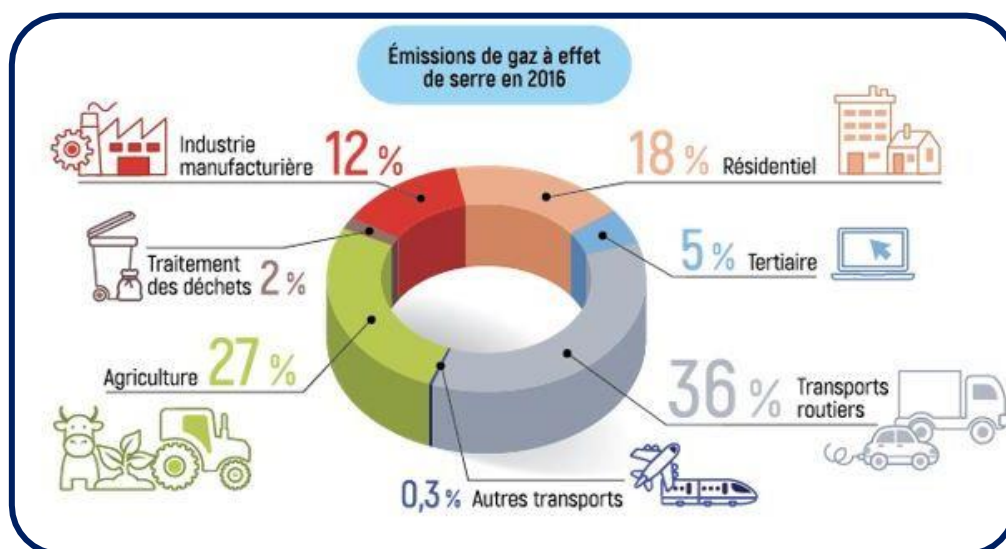


Figure 15 : l'émission de gaz à effet de serre.

Source : <https://www.oreca-bfc.fr>.

Annuellement, près de 342 millions de tonnes de CH₄ seraient d'origine humaine, soit 60% des émissions mondiales de méthane.

❖ 8.1.3.L'augmentation de la température moyenne:

la température moyenne à la surface de la planète est en constante augmentation. Elle a progressé d'environ 0,8°C depuis la fin du 19^e siècle (2° à 4°C dans les régions polaires). Au rythme des émissions de CO₂ actuelles, les scientifiques s'attendent à une augmentation entre 1,5° et 5,3°C de la température moyenne d'ici à 2100, si aucune mesure n'est prise, ce qui aurait des conséquences néfastes pour l'humanité et la biosphère. Ce qui suppose de réduire drastiquement les émissions de CO₂, en limitant notamment l'utilisation des énergies fossiles.

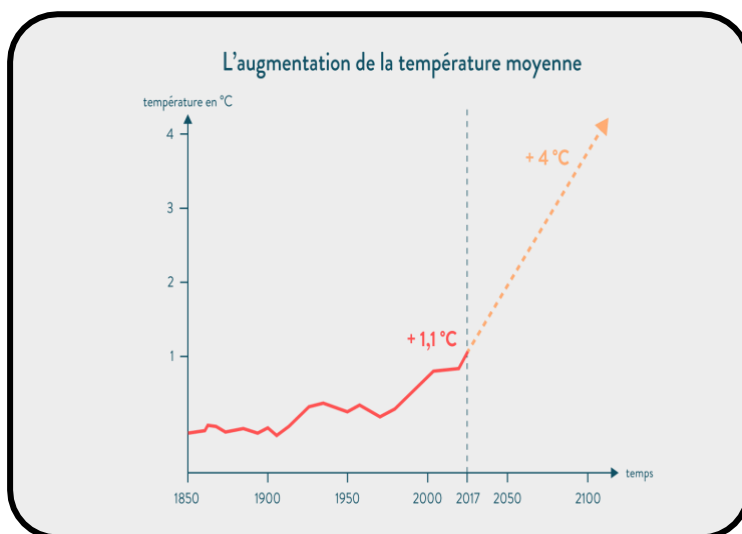


Figure 16 : L'augmentation de la température moyenne.

Source : <https://www.schoolmouv.fr>.

8.2.Les conséquences du réchauffement climatique :

A l'échelle de la planète, une hausse de la température moyenne de 0,8°C a des conséquences considérables à l'échelle locale, à la fois sur les équilibres écologiques et sur nos sociétés.

❖ 8.2.1.Océans:

Le réchauffement climatique entraîne une élévation du niveau des océans et des mers. En un siècle, l'augmentation atteint les 18 cm (dont 6 cm les 20 dernières années). Une simulation du Max Planck Institute for Meteorology de Hambourg prévoit que ce réchauffement climatique sera compris entre 4,1° et 5,8° et aura pour conséquence une élévation du niveau de la mer de 30 cm entre 2005 et 2100.. En cause, la fonte des glaces dans l'antarctique et le recul des glaciers.Très préoccupant également : l'acidification des océans. La grande quantité de CO₂ captée par les océans rend ces derniers plus acides avec de graves interrogations sur la capacité d'adaptation des coquillages, des récifs coralliens ou du plancton.

❖ 8.2.2.Biodiversité:

L'augmentation des températures, les bouleversements des climats, des saisons, perturbent les écosystèmes, modifient les conditions et les cycles de reproduction des

plantes. La raréfaction des ressources et les changements climatiques modifient les habitudes de vie et les cycles migratoires des animaux. On assiste déjà à la disparition de très nombreuses espèces, notamment des espèces endémiques ou, inversement, à l'intrusion d'espèces invasives qui menacent les cultures et les autres animaux. Le réchauffement climatique impacte donc la biodiversité. C'est l'équilibre des écosystèmes naturels qui s'en trouve modifié et menacé.

❖ 8.2.3. Une réduction de la production végétale:

Une étude du laboratoire français des Sciences du Climat et de l'Environnement (CEA-CNRS), publiée par la revue Nature en septembre 2005, fait apparaître qu'à l'échelle de l'Europe, la production végétale a baissé de 30% en 2003 par rapport à 2002, ce qui a eu pour conséquence imprévue, une réduction considérable de la quantité de carbone stockée par la biomasse.

A cause de la forte chaleur et du stress hydrique, les plantes adoptent des mécanismes de défense qui ralentissent la photosynthèse et donc les quantités de CO₂ absorbées. Ainsi, la végétation sera moins efficace pour limiter l'effet de serre et l'intensité des sécheresses.

A l'échelle de la planète, le couvert végétal permet de capturer entre 10 et 20% des émissions humaines de CO₂. Mais ce bouclier vert risque de se transformer en menace, les écosystèmes pouvant se muer en source de carbone.

❖ 8.2.4. Des ouragans plus violents :

Dans des articles datant des mois d'août et septembre 2005, d'éminents climatologues ont établi un «smoking gun», c'est-à-dire une preuve évidente entre le dérèglement climatique et la recrudescence des ouragans. Selon eux, même si leur nombre n'augmente pas, les événements extrêmes ont tendance à devenir de plus en plus violents.

❖ 8.2.5. Les pluies acides :

Les pluies acides se produisent lorsque les précipitations contenant des particules acides tombent sur la surface de la Terre. Les précipitations tombent sous la forme de pluie, de neige, de giboulée ou de grêle. Elles récoltent les particules d'acide et les gaz pour devenir acides à leur tour. Ces particules auront un niveau de pH inférieur à 5,6.

En effet, le dioxyde de carbone (CO₂) atmosphérique se dilue en partie dans l'eau des gouttes de pluie et abaisse suffisamment son pH pour dissoudre le calcaire des roches et des constructions. Par ailleurs, le NO₂ peut être produit par les orages ou par l'activité volcanique, qui rejette aussi du dioxyde de soufre (SO₂).

❖ 8.2.6. Les conséquences pour l'homme:

Sur la santé humaine : les conséquences seront très certainement largement négatives et l'homme n'est pas épargné par ces bouleversements.

Parmi les conséquences graves dues au réchauffement climatique, on peut citer :

- Maladies infectieuses : L'expansion des insectes vecteurs de microbes infectieux est due à plusieurs facteurs : (i) La hausse des températures hivernales augmentent leur période d'activité (et donc de reproduction) et ainsi modifierait le profil épidémiologique des maladies vectorielles à moustiques et à tiques (transmission continue due à une quasi-absence de diapause). (ii) Les sécheresses incitent à stocker l'eau dans des citernes propices à la prolifération des moustiques. (iii) Les pluies à leur tour créent des points d'eau favorables au développement des moustiques. En effet, l'extension géographique de plusieurs maladies majeures comme la malaria (1 milliard de personnes infectées), la dengue, la leishmaniose... Dépend de la hausse des températures.
- **L'Organisation mondiale de la santé (OMS)** rapporte que le changement climatique est responsable d'au moins 150 000 décès par an, chiffre qui devrait doubler d'ici à 2030.
- accroissement de la présence de certains pollens, moisissures ou polluants atmosphériques, malnutrition, risque accru de maladies transmises par vecteurs ou dues à la contamination de l'eau, surcharge du système de soins de santé.
- des conséquences sur l'économie mondiale. Il bouscule déjà les équilibres sociaux, sanitaires et géopolitiques dans de nombreuses régions du monde.
- La raréfaction des ressources (alimentaires, énergétiques,...) fait naître de nouveaux conflits. L'élévation du niveau de la mer et les inondations provoquent la migration des populations. Les petits états insulaires sont en première ligne. On estime à 250 millions le nombre possible de réfugiés climatiques en 2050.

Donc ,le changement climatique n'affecte pas seulement la santé mais aussi les conditions sociales et environnementales indispensables pour une bonne qualité de l'air, de l'eau et un accès à un logement fixe et de la nourriture.

"Les changements actuels en matière de canicules, de capacité de travail, de maladies à transmission vectorielle et de sécurité alimentaire fournissent un premier avertissement concernant les impacts conjugués et accablants pour la santé publique auxquels on peut s'attendre si les températures continuent de grimper. Les tendances en matière d'impacts, d'expositions et de vulnérabilité face aux changements climatiques font apparaître un niveau de risque inadmissible pesant sur la santé actuelle et future des populations du monde entier." (**The 2018 report of the Lancet Countdown on health and climate change: shaping the health of nations for centuries to come, 28/11/2018**).

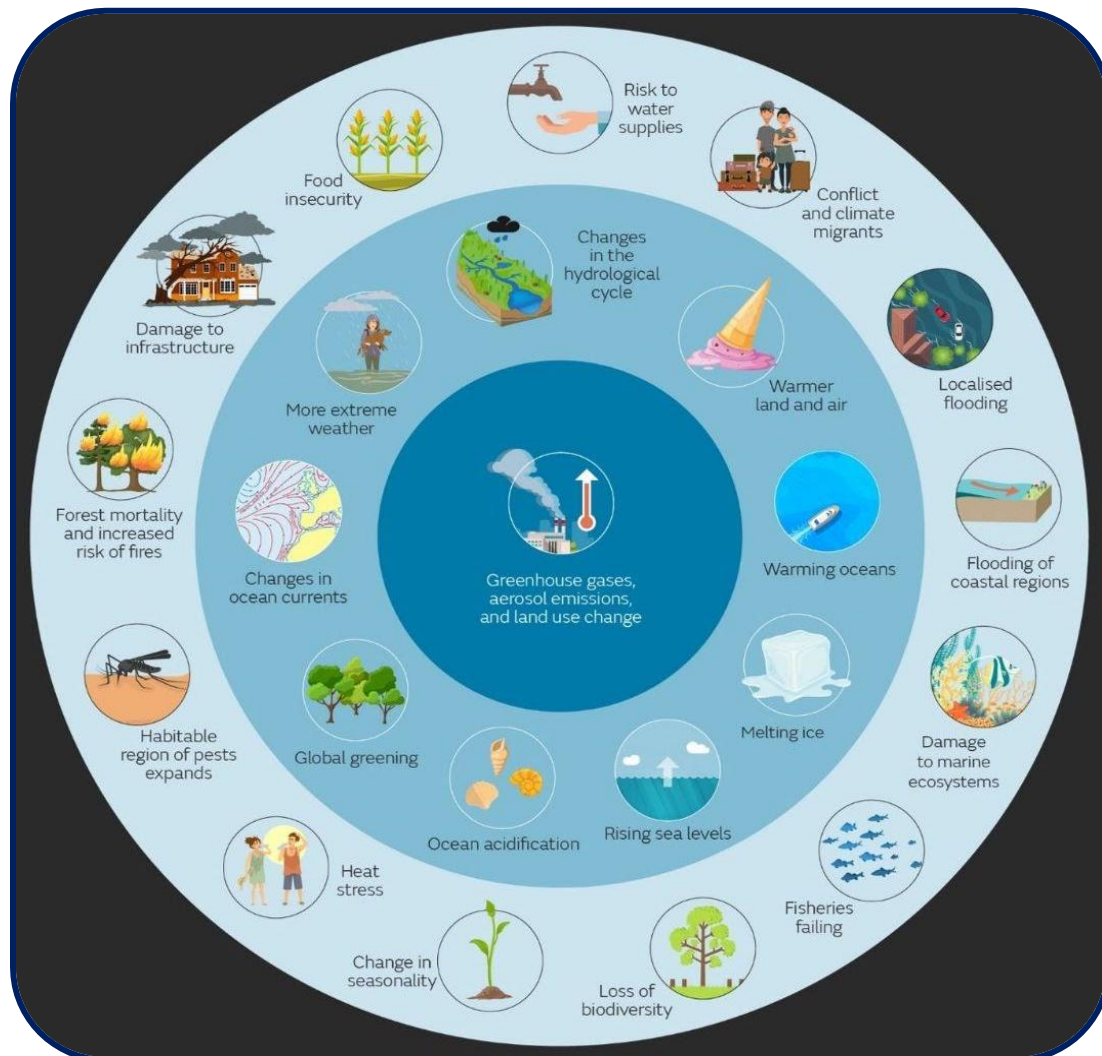


Figure 17 : les conséquence du réchauffement climatique.

Source : <https://www.sami.eco>.

8.3.L'impact du réchauffement climatique sur la construction :

Selon de nombreuses études, le changement climatique aura d'importantes répercussions sur l'environnement:

❖ 8.3.1.Utilisation inefficace des bâtiments:

De manière générale, l'utilisation de l'énergie des bâtiments dans les pays industrialisés génère de grands gaspillages. Si les choses continuent à évoluer comme elles le font aujourd'hui, d'ici à 2050, il faut s'attendre à un triplement des besoins des bâtiments en énergie finale à l'échelle mondiale, tout comme des émissions qui en résultent. Toutefois, des mesures efficaces et hautement rentables à court terme permettraient de réduire les

besoins énergétiques des bâtiments. En Suisse également, des prescriptions urbanistiques et des normes d'appareillages plus strictes doivent permettre de réduire la consommation d'énergie des bâtiments.

❖ **8.3.2. Les dommages aux bâtiments s'accroissent:**

Si les bâtiments participent au réchauffement de la planète, ils sont aussi soumis aux différents effets du changement climatique. Songeons par exemple à l'augmentation du nombre d'épisodes de vents violents, à l'élévation des températures («îlots de chaleur urbains») ou encore à la multiplication des inondations et des feux de forêt déclenchés par des conditions climatiques extrêmes. Depuis plusieurs décennies déjà, on observe une nette augmentation des dommages aux bâtiments. Si nous n'investissons pas dans les bâtiments existants et si nous n'adaptions pas les techniques de construction, la vulnérabilité des bâtiments croîtra encore.

❖ **8.3.3. Conséquences pour la branche de la construction:**

La branche de la construction est également confrontée aux effets directs du changement climatique. Des précipitations extrêmes pourraient entraîner davantage de retards dans la construction et en accroître les coûts en conséquence. Le changement climatique modifiera donc sans doute aussi la durée de la saison de construction. Les événements météorologiques extrêmes accroissent également les besoins de travaux de réparation et de reconstruction. Les vagues de chaleur, plus intenses et plus fréquentes, requièrent en outre de concevoir les bâtiments autrement. Ainsi, les méthodes architecturales actuelles vont devoir s'effacer au profit d'autres modes de construction.

❖ **8.3.4. Adaptation et résistance:**

Parmi les stratégies d'adaptation possibles figurent l'utilisation de l'inertie thermique des corps de bâtiment, le refroidissement par ventilation d'air ou encore l'emploi de pare-soleil pour réduire les températures extrêmes.

Les affaissements de terrain liés à la sécheresse, qui peuvent entraîner des dommages aux bâtiments, constituent un autre danger potentiel. L'élévation du niveau des mers et l'augmentation des fortes précipitations devraient multiplier les crues fluviales et maritimes. Certes, les bâtiments à usage résidentiel et commercial peuvent être équipés pour faire face à des inondations occasionnelles mais dans les cas extrêmes, un «repli organisé» sera sans doute la réponse la plus sage.

Par ailleurs, le changement climatique aura aussi des conséquences pour les nombreux monuments, tant en raison d'événements météorologiques extrêmes ponctuels que du fait des contraintes permanentes accrues auxquelles sont soumis les bâtiments.

7. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons tenté de montrer les effets les plus évidents du changement climatique sur la santé de l'homme et sur les bâtiments . Deux points sont à souligner. Tout d'abord, la mesure des effets du changement climatique sur la santé ne peut être que très approximative, notamment sur les effets graduels par opposition aux événements extrêmes type canicule (ex. impact sur les maladies vectorielles). Ceci est essentiellement dû au côté « imprévisible » des agents infectieux.

Le changement climatique, déjà complexe dans sa nature, est concomitant à un changement global de nos modes de vie. Ceci rend parfois illusoire certains modèles prévisionnels utilisés afin d'anticiper les situations.

En revanche, voici ce dont nous sommes certains au sujet de l'impact du changement climatique sur la santé :

- Hausse du nombre de cas annuels de décès ou d'hospitalisations causés par des coups de chaleur, aussi bien dans les pays riches que pauvres .
- Extension géographique des maladies infectieuses vectorielles ou de leurs vecteurs (ex. paludisme d'altitude) .
- Augmentation des épidémies de choléra sur les régions côtières en lien avec El Niño .
- Hausse du prix des denrées alimentaires, notamment dans les pays souffrant de précarité, aboutissant à des privations alimentaires dans les foyers à faible revenu (trappes de pauvreté).

Le changement climatique aura donc des répercussions très négatives sur la santé et les effets du changement global les accentueront. Toutes les populations ressentiront les effets du changement climatique, mais certaines sont plus vulnérables que d'autres, par exemple :

- Celles qui vivent dans de petits états insulaires, ou dans d'autres régions côtières, dans les mégapoles, dans les régions montagneuses et dans les zones polaires sont particulièrement vulnérables.
- Les effets sanitaires devraient être aussi plus graves pour les personnes âgées et les sujets présentant des infirmités ou des états pathologiques préexistants.

Si l'adaptation au changement climatique est encore aujourd'hui un sujet émergent, les acteurs immobiliers reconnaissent de plus en plus les risques climatiques comme des éléments structurants de leur politique de gestion des risques. La prise de conscience que l'adaptation des bâtiments est un investissement rentable à moyen et long terme devrait ainsi motiver les acteurs à développer des plans d'action plus précis, et des stratégies officielles. Si d'aucun pensent que le marché va s'auto-réguler sur la question de l'adaptation, il n'en reste pas moins que l'évolution des cadres réglementaires nationaux et internationaux est une étape nécessaire pour promouvoir l'adaptation au changement climatique et orienter l'ensemble des acteurs vers une évolution durable.

Avec le réchauffement climatique, la fréquence et/ou l'intensité des phénomènes extrêmes tend à augmenter. Les bâtiments, et donc leurs occupants, sont impactés par ces crises à double titre :

- d'une part, les étés plus chauds et les hivers plus doux modifient les consommations énergétiques des habitants (avec plus de climatisation et moins de chauffage par exemple) .
- d'autre part, la multiplication des phénomènes extrêmes (canicules, inondations, épisodes de froid ou de neige...) qui impactent les bâtiments et donc les conditions de confort des habitants, voire leur sécurité et leur santé.

Les canicules par exemple, plus fréquentes ces dernières années, mettent le confort thermique à rude épreuve. Dans certains bâtiments, les occupants ont de grandes difficultés pour rafraîchir leur logement et subissent des températures qui restent très élevées même la nuit, avec des conséquences sur leur santé. Ainsi, ils se préoccupent de plus en plus de ces questions et souhaitent vivre dans des logements leur permettant de ne pas subir ces nuisances.

Chapitre 04 : le confort hygrothémique.

1. Introduction :

le confort devient une inquiétude essentielle de notre vie quotidienne moderne, un genre de fièvre qui aurait gagné le moindre intervalle de notre vie quotidienne, une recherche de tous les instants devenue de plus en plus prenante. Nous vivons ainsi dans le monde du confort et de l'assurance, dans lequel le bonheur est consommable et le risque est calculé, pour lequel l'abondance a peu à peu été instituée comme un droit.

Avec le grandissement des soucis du développement durable, le secteur du bâtiment doit répondre à deux indigences fondamentales : maîtriser les impacts de la consommation des énergies fossiles sur l'environnement extérieur, et assurer des ambiances intérieures saines et confortables.

Ainsi, une vision globale du confort thermique qui tient compte de sa pluridisciplinarité est indispensable. L'ambiance thermique dans les bâtiments est un facteur important pour le confort des occupants.

Donc il y a lieu de prendre en considération dès les premières phases de conception tous les éléments et paramètres qui agissent sur le confort thermique des usagers du bâtiment, incluant sa structure, son éclairage, son système de production énergétique, etc. se doit d'offrir les conditions intérieures les plus confortables pour l'être humain.

cette notion de confort thermique est dès lors étroitement liée à la performance énergétique dans le bâtiment. Cependant, elle est difficile à appréhender étant donné son caractère subjectif. Cela est d'autant plus vrai qu'une ambiance thermique est influencée par une multitude de paramètres auxquels les individus sont plus ou moins sensibles selon le contexte. et ce sera l'objet de ce chapitre.

2. Développement durable :

Le développement durable est une nouvelle conception de l'intérêt public, appliquée à la croissance économique et reconsidérée à l'échelle mondiale afin de prendre en compte les aspects environnementaux généraux d'une planète globalisée.

Face à l'urgence de la crise écologique et sociale qui se manifeste désormais de manière mondialisée (changement climatique, raréfaction des ressources naturelles avec en particulier le rapprochement du pic pétrolier, écarts entre pays développés et pays en développement, perte drastique de biodiversité, croissance de la population mondiale, catastrophes naturelles et industrielles), le développement durable est une réponse de tous les acteurs (États, acteurs économiques, société civile) pour reconsidérer la croissance économique à l'échelle mondiale afin de prendre en compte les aspects environnementaux et sociaux du développement.

2.1.Définition :

- « un développement qui répond aux besoins des générations du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs. Deux concepts sont inhérents à cette notion : le concept de « besoins », et plus particulièrement des besoins essentiels des plus démunis à qui il convient d'accorder la plus grande priorité, et l'idée des limitations que l'état de nos techniques et de notre organisation sociale impose sur la capacité de l'environnement à répondre aux besoins actuels et à venir. ». **proposée en 1987 par la Commission mondiale sur l'environnement et le développement dans le Rapport Brundtland, le 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.
- Le développement durable est la notion qui définit le besoin de transition et de changement dont a besoin notre planète et ses habitants pour vivre dans un monde plus équitable, en bonne santé et en respectant l'environnement.
- **l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN)** définit de sa part le développement durable comme : "le fait d'améliorer les conditions d'existence des communautés humaines, tout en restant dans les limites de la capacité de charge des écosystèmes" (**Mouhoub Maamar, Himrane Billel. , 2018**) .

2.2.L'histoire du développement durable :

Le mot de développement durable apparaît au début des années 1970 et 1980 dans des écrits scientifiques. L'un des premiers textes référencés faisant usage de ce concept dans le sens actuel est le Rapport du Club de Rome "Halte à la croissance", mais on en trouve des occurrences dans d'autres textes de la même époque dans des disciplines diverses. Ce rapport publié en 1972 et écrit par deux scientifiques du MIT tentait de questionner notre modèle de développement économique basé sur la croissance économique infinie dans un monde aux ressources finies. Il montrait alors les limites écologiques de notre modèle.

Aussi **en 1972**, la première Conférence des Nations Unies sur l'Environnement à Stockholm. Cette époque marque les prémices du droit international de l'environnement, de la création du **Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE)** et des ministères nationaux de l'environnement.

Au niveau international, on commence à parler de développement durable pour la première fois dans les rapports des **Congrès de l'UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature)**. Mais bien avant cela, le développement durable avait commencé à émerger comme idée.

En 1978, l'UNESCO organise la première conférence internationale pour la gestion raisonnée et la conservation de la biodiversité. La prise de conscience de l'impact des activités économiques sur les ressources naturelles se développe progressivement.

En 1987, le rapport de Mme Gro Harlem Brundtland "Our common future" (Premier ministre de Norvège et présidente de la Commission des Nations Unies sur l'environnement et le développement) définit le développement durable comme "un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs".

2.3. Les 3 piliers du développement durable :

le développement durable est un développement qui prend en compte trois dimensions : économique, environnementale et sociale (9).

2.3.1. L'efficacité économique :

- (efficacité, rentabilité) : trouver un juste équilibre entre profit et gestion durable de l'environnement.
- développement économique du territoire et création d'emplois dans le secteur du bâtiment.
- développement d'opportunités dans la filière du bâtiments écoconstruction ,énergies renouvelable..
- coopération économique entre des acteurs publics et privés à travers des montages juridiques et financiers originaux.

2.3.2. L'équité social:

- (responsabilité sociale) : satisfaire les besoins essentiels des populations en réduisant les inégalités sociales dans le respect des différentes cultures.
- mise en application du droit au logement décent par des dispositifs et des actions favorisant l'accès au logement locatif et à la propriété.
- actions de lutte contre l'habitat indigne et la précarité énergétique permettant de réduire les risques sur la santé du mal-logement.
- amélioration du cadre de vie par des actions collectives de proximité.

2.3.3. La qualité environnemental:

- (responsabilité environnementale) : maintenir l'équilibre écologique sur le long terme en limitant notre impact sur l'environnement.
- amélioration de la performance énergétique et environnementale des bâtiments en privilégiant l'écoconstruction ,le recours aux énergies renouvelables l'efficacité énergétique.
- intégration du bâti dans un cadre propice à un mode de vie durable (proximité des transports en commun, programmé de gestion des déchets....).

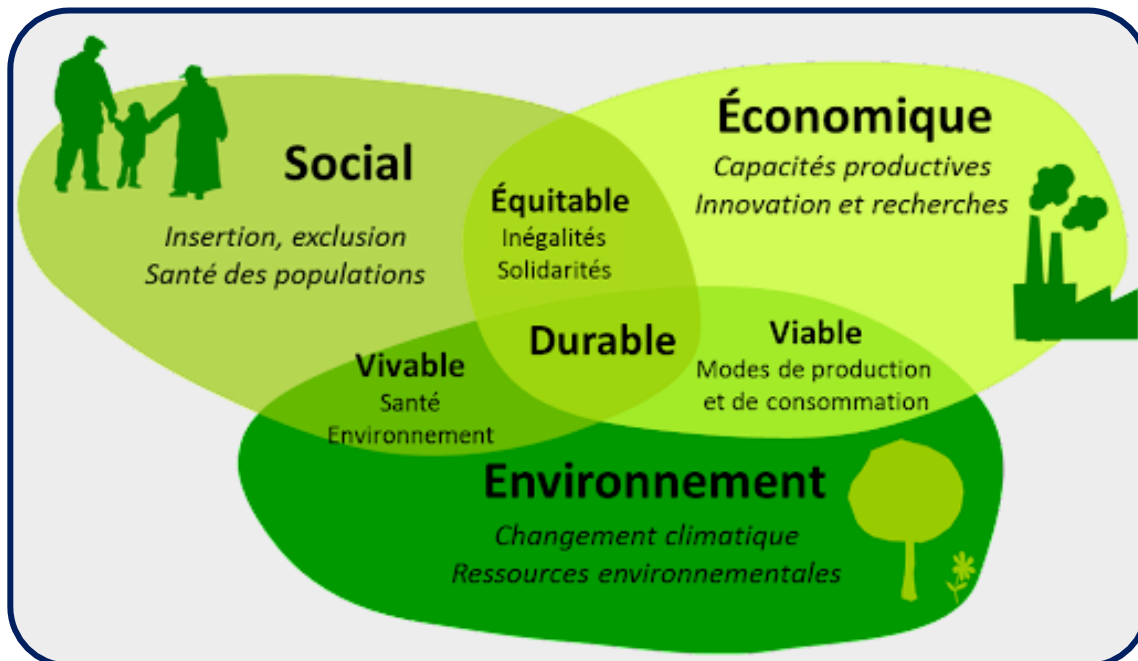


Figure 18 : Les 3 piliers du développement durable.

Source : <http://www.natureculture.org>.

2.4. Les principes fondamentaux du développement durable :

- **Solidarité** entre les pays, entre les peuples, entre les générations, et entre les membres d'une société. Par exemple : économiser les matières premières pour que le plus grand nombre en profite.
- **Précaution** dans les décisions afin de ne pas causer de catastrophes quand on sait qu'il existe des risques pour la santé ou l'environnement. Par exemple : limiter les émissions de CO2 pour freiner le changement climatique.
- **Participation** de chacun, quels que soient sa profession ou son statut social, afin d'assurer la réussite de projets durables. Par exemple : mettre en place des conseils d'enfants et de jeunes.
- **Responsabilité** de chacun, citoyen, industriel ou agriculteur. Pour que celui qui abîme, dégrade et pollue répare. Par exemple : faire payer une taxe aux industries qui polluent beaucoup.

2.5. La performance énergétique :

La performance énergétique est un enjeu majeur de la réduction de la consommation d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre. La menace du changement climatique pèse sur l'humanité et la transition énergétique vise notamment à améliorer cette

performance énergétique des bâtiments. Depuis plus d'une décennie, le diagnostic de performance énergétique (DPE) vient faciliter ce travail en apportant des données clés.

D'un point de vue concret, la performance énergétique est l'un des leviers de la transition énergétique. De plus, c'est une donnée relativement mesurable, notamment grâce à l'instauration du DPE (Diagnostic de Performance Énergétique).

2.5.1. Définition de la performance énergétique:

La performance énergétique c'est la quantité d'énergie que le bâtiment la consomme chaque année. Cette consommation d'énergie varie selon la qualité de bâti de ce derniers , de son isolation mais également de ses équipements énergétiques ainsi que de son mode de fonctionnement.

En clair, améliorer la performance énergétique d'un logement, c'est optimiser sa consommation d'énergie annuelle pour obtenir un confort thermique optimal. La performance énergétique est donc liée à l'efficacité énergétique, dans le sens où elles sont interdépendantes.

2.5.2. Un calcul sur base de critères qualitatifs et quantitatifs :

La performance énergétique d'un bâtiment est calculée sur des critères quantitatifs qui sont le chauffage, l'eau chaude, l'éclairage, la ventilation et enfin le système de refroidissement.

Des données chiffrées font aussi office d'indicateurs numériques quantitatifs. Il s'agit des caractéristiques techniques de l'ensemble des différentes installations énergétiques, l'exposition du bâtiment au soleil, de l'isolation thermique, de la conception des logements et de leur disposition compte tenu des variables climatiques, de la quantité d'énergie auto-produite ainsi que du climat intérieur du bâtiment.

C'est la compilation des toutes ces données qui permet aux professionnels de l'énergie de calculer la performance énergétique d'un bâtiment. C'est ce résultat qui amène à la formulation du DPE (Diagnostic de Performance Énergétique). Le DPE permet à son tour de situer visuellement la performance énergétique du bâtiment via des lettres et des couleurs. Plus un logement est économe en énergie, plus la lettre lui correspondant se rapproche du A.

Calculer la performance énergétique des bâtiments permet de prendre en compte ses critères existants pour construire plusieurs stratégies d'optimisation et anticiper le travail d'amélioration de son efficacité énergétique, et de préparer la transition à venir, soit vers des objectifs d'économies d'énergie, soit vers des objectifs plus ambitieux de production d'énergie. Le calcul de la performance énergétique est aussi une étape essentielle pour vous proposer des solutions d'optimisation de votre performance énergétique, si possible sans avoir à prévoir de travaux de rénovation.

3.La démarche HQE :

La démarche HQE (haute qualité environnementale) est une démarche qualité qui permet d'intégrer les exigences environnementales dans les projets de construction, réhabilitation et aménagement de zones. Elle a été créée en 2002 par l'association HQE, qui la fait évoluer continuellement pour s'adapter aux progrès techniques et habitudes des professionnels. Ce fut le cas en 2015, où un nouveau « cadre de référence » a été mis en place.

Il est inspirée du label public français Haute Performance Energétique ou HPE, mais veut aller encore plus loin. Le label public impose sept « cibles » obligatoires, tandis que la certification HQE en vise quatorze. Ce faisant, elle répond à des dimensions sanitaire, hydrologique et végétale que ne prévoit pas le label HPE. Elle se veut également adaptée à chaque projet, afin d'intégrer ses conditions et contraintes particulières.

3.1.Les 14 cibles de la Démarche HQE sont regroupées en 4 thèmes :

Eco-construction :

- Relation harmonieuse des bâtiments avec leur environnement immédiat.
- Choix intégré des procédés et des produits de construction.
- Chantier à faible nuisance.

Eco-Gestion :

- Gestion de l'énergie.
- Gestion de l'eau
- Gestion des déchets d'activités
- Gestion de l'entretien et de la maintenance

Confort :

- Confort hygrothermique
- Confort acoustique.
- Confort visuel
- Confort olfactif

Santé :

- Conditions sanitaires des espaces.
- Qualité de l'air.
- Qualité de l'eau

4. Le confort :

- Selon **V. Candas**, «le confort dépend de l'ensemble des commodités procurant de l'agrément, générant une impression plaisante ressentie par les sens et l'esprit, voire même un certain plaisir... tout ce qui fait défaut, qui est difficile à utiliser, qui ne correspond pas aux attentes, qui gêne ou qui est désagréable est contraire à la notion de confort» (**V. Candas., 2000**).
- **John E. Crowley** a proposé la définition suivante du confort: «a self conscious satisfaction with relationship between one's body and its immediate physical environment ». Il s'agit d'un état de satisfaction quant à la relation entre le corps et son environnement physique immédiat (**J.E. Crowley, B. Maresca, A. Dujin, R. Picard., 2009**).
- Le confort est la résultante de la sensation de bien être sur le plan physique et mental. Le confort dans la maison va se percevoir par les sens tels que la sensation de froid ou de chaleur, le sens olfactif (odeurs), l'ouïe (le bruit), l'œil ou la vision (couleurs, équipements visuellement agressifs ou non, ...) (**10**).

4.1. Le confort thermique :

4.1.1. Définition :

- **Giovani** définit le confort comme : « les conditions sous lesquelles les mécanismes autorégulateurs du corps sont dans un état d'activité minimum ».
- «Le confort thermique peut être défini comme une sensation complexe produite par un système de facteurs physiques, physiologiques et psychologiques, conduisant l'individu à exprimer le bien être de son état ». Cours Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble. Publié le 03 Décembre 2010. Consulté le 24 Décembre 2016.
- Le confort thermique est défini comme "un état de satisfaction du corps vis-à-vis de l'environnement thermique". **Ashrae** : American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers.
- Été comme hiver, nous recherchons tous le plus grand confort à l'intérieur de notre maison, avec une température agréable et adaptée. Cette sensation, que l'on appelle confort thermique se vit donc tout au long de l'année, et repose sur plusieurs critères, certains totalement subjectifs, d'autres liés à des paramètres environnementaux précis.
- Le confort thermique est une sensation physique, liée à la température, et qui est propre à chacun d'entre nous. En hiver, un bon confort thermique est lié à une sensation suffisante de chaleur (Ni trop, ni pas assez chaud). En été, il faut limiter cette sensation de chaleur et plutôt assurer une certaine fraîcheur à l'intérieur du logement. Le confort thermique peut donc se définir comme la sensation de bien-être ressentie dans une ambiance donnée, et relative à plusieurs critères, à la fois extérieurs et relatifs à chaque individu (**10**).

4.1.2.les paramètres qui définissent le confort thermique :

❖ 4.1.2.1.Paramètres liés à l'ambiance thermique :

a).Température ambiante

La température ambiante (on parle également de température de consigne) est naturellement le facteur premier qui intervient dans la notion de confort thermique. Même si nous ne réagissons pas tous de la même façon aux différentes températures, il va de soi que dans une pièce où il fait 10°C, personne ne sera bien.

Pour obtenir un confort thermique satisfaisant pour tous, il faudrait paramétrer une température de consigne située entre 19°C et 20°C en hiver, et proche de 25°C en été .

Attention à ne pas surchauffer car une augmentation de 1 ou 2°C peut entraîner une surconsommation énergétique de près de 7%. La nuit, la température doit être baissée de 2 ou 3°C.

Attention cependant, la température ambiante dépend également du moment de la journée et de l'activité pratiquée dans la pièce. Il faut simplement éviter les trop gros écarts de températures entre les différents moments de la journée (**MAZARI Mohammed.,2012**).

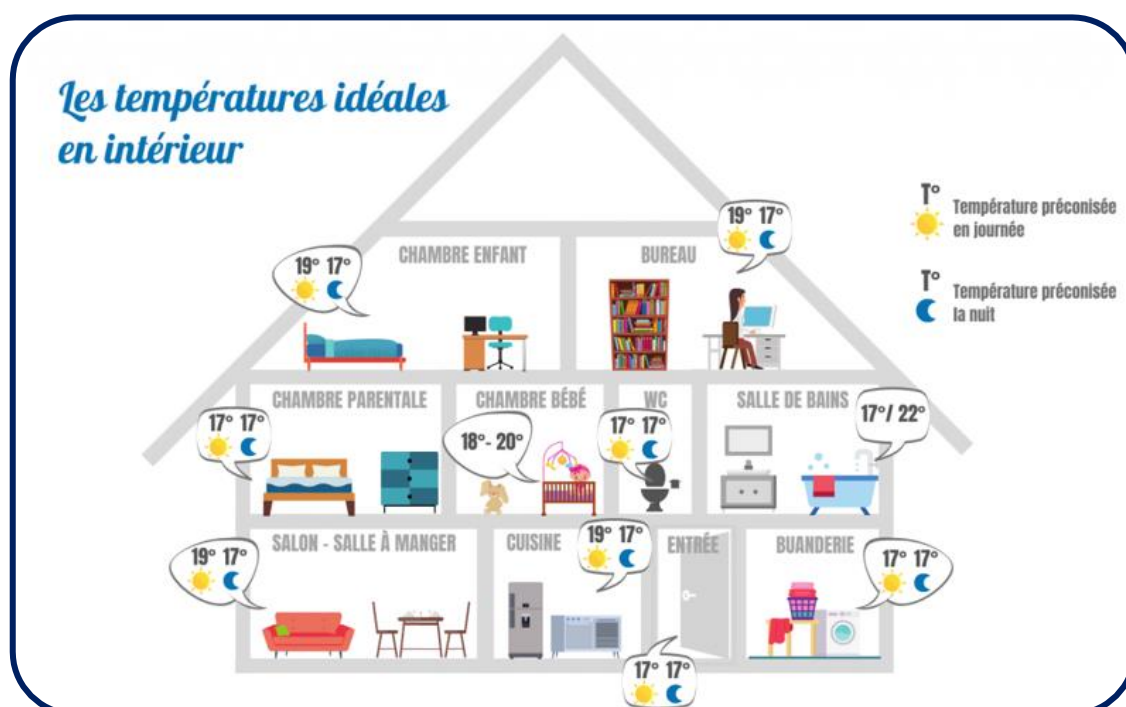


Figure 19 : la Température ambiante.

Source : <https://www.choisir.com>.

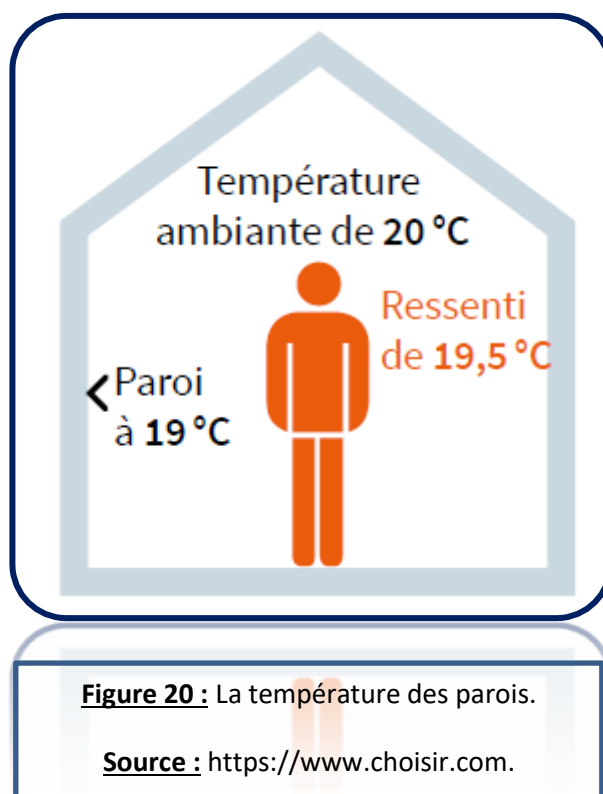
b).La température des parois :

La température des parois opaques et transparentes (portes, fenêtres, etc.) a une grande influence sur le confort thermique et la température ressentie. Contrairement au double vitrage avec une couche à faible émissivité, le simple vitrage émet un rayonnement froid qui crée une sensation désagréable en hiver.

Pour calculer simplement la température ressentie, il faut faire la moyenne entre la température des parois et la température ambiante. Par exemple, pour une température d'ambiance de 20°C :

- Cas n°1 : Température de paroi de 16°C : la température ressentie sera de 18°C
- Cas n°2 : Température de paroi de 19°C : la température ressentie sera de 19,5°C

Pour une même température de consigne, le confort thermique sera insuffisant dans le cas 1 et satisfaisant dans le cas 2. Pour augmenter la température des parois, il convient d'isoler correctement son logement en limitant le plus possible les ponts thermiques. Il faut également mettre en place des vitrages performants dont la pose aura été soignée. (MAZARI Mohammed.,2012).



c).Humidité relative de l'air :

Comme pour l'extérieur, l'humidité relative de l'air intérieur influence énormément la sensation de confort thermique ressentie. Elle doit se situer entre 40 et 60% en hiver. Un air trop humide nous incitera à augmenter la température de la pièce ; un air plus sec à la diminuer. Pour réguler au mieux le taux d'humidité d'une pièce et obtenir un pourcentage idéal, il est recommandé de mettre en place une ventilation mécanique contrôlée, qui assurera un renouvellement de l'air dans toute la maison de façon automatique. (MAZARI Mohammed.,2012).

d).La vitesse de l'air:

La vitesse de l'air est un paramètre clé pour l'évaluation des performances d'un système de débit d'air. elle affecte aussi directement les conditions climatiques intérieures.

Les mouvements d'air accentuent les échanges de chaleur par convection. Par exemple, quand la météo affiche une température réelle de 0°C, la température ressentie peut être de -7°C sous l'effet du vent. L'homme perçoit les mouvements d'air à partir d'une vitesse de 0.2m/s (0,7 km/h). Pour éviter ces flux d'air, on peut mettre en place une ventilation

mécanique qui assure une vitesse de l'air assez faible. Cette vitesse est plus difficile à gérer dans le cas d'une ventilation naturelle. Le choix du chauffage est également important (les convecteurs renforcent les mouvements d'air), de même qu'une bonne étanchéité à l'air du bâtiment, en particulier au niveau des ouvrants (MAZARI Mohammed.,2012).

d.1.Mesure de vitesse d'air :

Le capteur de vitesse d'air E+E est un anémomètre à film chaud, qui a été développé par E+E pour être utilisé spécialement par l'industrie automobile.

La qualité des capteurs leur garantit une grande sensibilité même par faible vitesse de l'air. De plus le design innovant de la tête de mesure assure des résultats fiables même à haute vitesse, jusqu'à 40 m/s. La précision de la mesure est influencée par les appareils de mesure eux-mêmes, mais aussi par les conditions de montage. Pour une adaptabilité optimale à chaque application et aux conditions environnementales, il existe chez E+E différents appareils de mesure.

Les transmetteurs de mesure de la vitesse d'air trouvent de nombreuses applications. Dans l'automatisation des bâtiments, les applications pharmaceutiques ou les salles blanches, des facteurs comme l'efficacité énergétique, la stabilité à long terme et la reproductibilité sont essentiels. E+E met à disposition des appareils de mesure optimale pour chaque application. Spécialement pour la surveillance des flux laminaires, il existe des transmetteurs qui mesurent de façon fiable des vitesses d'air extrêmement faibles, proche de 0 m/s (MAZARI Mohammed.,2012).

e).Confort thermique et mode de chauffage :

Le chauffage par convection :utilise de l'air en mouvement pour transférer la chaleur du système de chauffage aux occupants. En fait, l'air chaud monte et l'air froid reste au niveau du sol. Il en résulte une stratification de l'air (plus chaud en haut qu'en bas), ce qui entraîne un certain inconfort thermique (pieds froids par ex). Le chauffage par convection a également tendance à assécher l'air, ce qui peut devenir très désagréable. Ces élément de chauffage sont également très chauds (autour de 90°C), ce qui peut engendrer de gros problèmes de sécurité avec les enfants. Les « convecteurs » (ou « grilles pains ») ou autres « soufflants » sont donc à éviter notamment quand les volumes à chauffer sont importants.

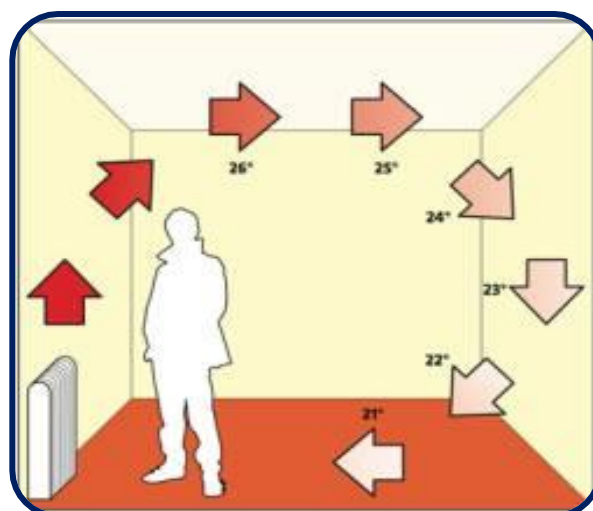


Figure 21 : le chauffage par convection.

Source : <https://conseils-thermiques.org>.

Le chauffage par rayonnement ou chauffage radiant : utilise des ondes infrarouges pour transférer la chaleur du système de chauffage aux occupants. L'air n'est pas très stratifié et le confort thermique est meilleur. Parmi les radiateurs rayonnants, vous retrouvez : le chauffage au sol, poêles de masse (à émission de chaleur lente), radiateurs électriques à inertie et radiateurs à eau.

Certains modes de chauffage associent la convection et le rayonnement, et offrent un confort thermique relativement satisfaisant : poêles à granulés, panneaux rayonnants etc.(11)

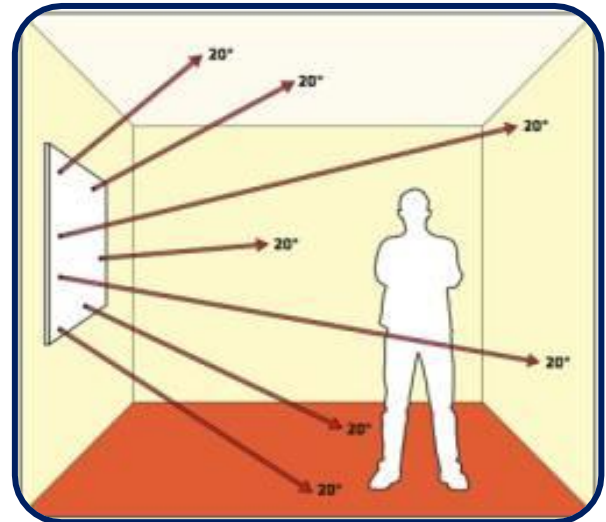


Figure 22 : le chauffage radiant.

Source : <http://e-biblio.univ-mosta.dz>

4.1.2.2. Paramètres liés à l'occupant :

Comme nous vous l'avons expliqué, le confort thermique est une sensation, liée avant tout à la sensibilité de chacun. L'activité physique pratiquée, tout comme la tenue vestimentaire portée, influencent le confort thermique et les températures requises dans les pièces.

a). Le métabolisme (M) :

c'est un ensemble des transformations chimiques et biologiques qui s'accomplissent dans l'organisme. L'être humain conserve une température interne pratiquement constante, malgré les variations importantes de son environnement.

ce facteurs signifie aussi l'énergie thermique produite par le corps humain. Il permet la production de chaleur indispensable aux fonctions vitales et dépend de la physiologie de l'individu (poids, taille, âge, sexe), de son activité et de l'ingestion de nourriture.

La puissance thermique dégagée par le corps en fonction de son activité s'exprime en met où 1 met = 58 W/m² de surface corporelle, correspondant à celle d'un homme « standard » assis au repos (le sommeil requiert 0,7 met tandis que jouer au basket requiert 5 à 8 met).

La surface corporelle (ADU) se calcule en fonction du poids (P) et de la taille (H) de l'individu:
 $ADU = 0,203 \ 3 \ P^{0,425} \ 3 \ H^{0,725}$. (MAZARI Mohammed.,2012).

b). L'habillement :

L'habillement participe au confort thermique, c'est un moyen de lutte contre les échanges de chaleur entre la surface de la peau et l'environnement. Il est considéré comme une résistance thermique permettant de limiter ces transferts de chaleur il nous aide directement à réguler l'équilibre entre eux. L'unité de cette résistance est le clo, où 1 clo = 0,155 W/m² /K, correspondant à une tenue « classique » d'hiver. Une tenue en short, tee-shirt, caleçon, chaussettes et chaussures représente une isolation thermique de 0,33 clo,

tandis qu'une tenue en pantalon léger, chemise manches longues, veston demi-saison, caleçon, chaussettes et chaussures représente 1 clo.

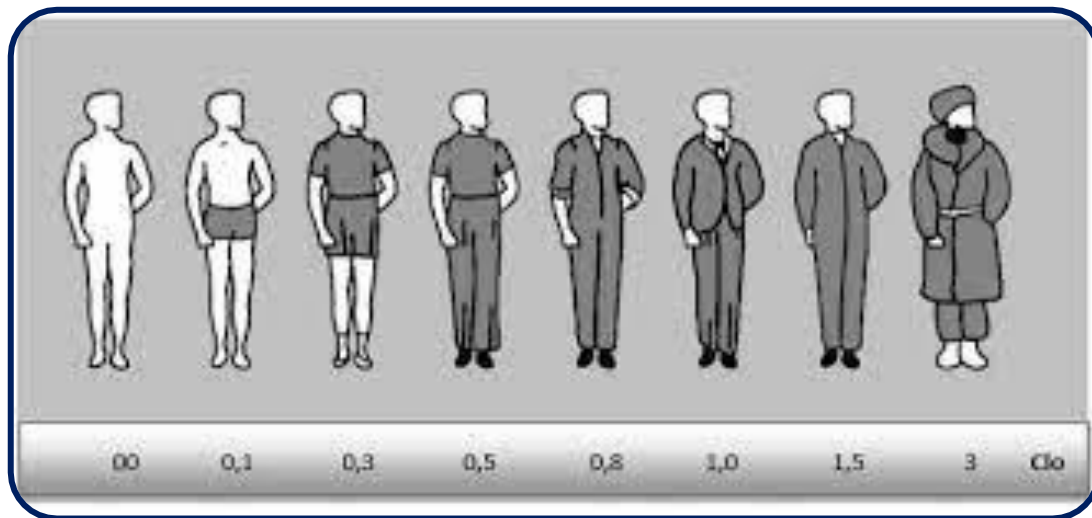


Figure 23 : l'habillement.

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

4.1.2.3. La thermorégulation physiologique:

Les réactions de thermorégulation physiologique se traduisent par des phénomènes tels que la modification du débit sanguin, la sudation ou encore le frisson. En ambiance chaude, les vaisseaux sanguins se dilatent, augmentant le débit sanguin et de fait l'évacuation de chaleur du centre vers la peau: c'est la vasodilatation.

La sudation intervient en aval et consiste en l'évacuation de chaleur et de masse d'eau du corps humain vers l'environnement. Cette quantité d'eau est évaluée avec la mouillure cutanée qui est le rapport entre la surface de la peau mouillée et la surface totale de la peau. Cette donnée varie de 0,06 (perspiration insensible) à 1 (corps entièrement mouillé). Inversement, la vasoconstriction réduit les échanges thermiques pour mieux conserver la chaleur interne et ainsi supporter des ambiances froides. Le frisson permet, par contraction des muscles, d'augmenter le métabolisme. Un frisson peut atteindre 4,5 met (soit 261 W/m²).

Ces indicateurs sont déterminants quant à l'interprétation et le calcul d'indices d'évaluation du confort. De nombreux modèles de physiologie permettent de déterminer en régime transitoire les données thermo-physiologiques nécessaires à l'interprétation d'une situation de confort ou d'inconfort.

Gagge et ses collaborateurs ont développé un modèle numérique simple représentant le comportement thermique du corps humain face à une (des) contrainte(s) climatique(s). Ce dernier est schématisé comme deux compartiments concentriques (on parle de modèles à deux nœuds) isothermes. Les transferts de chaleur entre eux se font par conduction

tissulaire et convection sanguine. Les échanges avec l'extérieur se font par les modes de transferts décrits précédemment. Des modèles beaucoup plus précis ont été mis au point: le plus connu étant celui de **Stolwijk et Hardy** qui modélise le corps humain en 25 nœuds et permet d'avoir une vision plus nette de l'inconfort local. (**MAZARI Mohammed.,2012**).

4.1.2. 4.La thermorégulation comportementale :

Alors que la thermorégulation physiologique est un phénomène inconscient de régulation de la température corporelle, la thermorégulation comportementale est consciente. L'action comportementale intervient lorsque la régulation thermophysologique est insuffisante. Elle se traduit par une action consciente sur les commandes de systèmes énergétiques, le bâtiment lui-même ou encore une action individuelle (modification de la tenue vestimentaire par exemple). Elle sera limitée par des contraintes liées à la fonctionnalité du bâtiment (possibilité de régulation individuelle des systèmes) ou sociales (protocole vestimentaire). (**MAZARI Mohammed.,2012**).

4.1.2.5.L'aspect physique du confort thermique:

Le maintien de la température interne du corps humain autour de 37°C nécessite un équilibre thermique avec son environnement. Pour cela, la chaleur produite à l'intérieur du corps humain est véhiculée à sa surface cutanée doit être compensée par des déperditions de chaleur dans l'environnement. Si la chaleur produite dans le corps dépasse celle perdue à l'environnement, le corps se réchauffe, sa température interne s'élève et dans le cas inverse il se refroidit avec un abaissement de sa température interne (**MAZARI Mohammed.,2012**).

5.L'inconfort thermique :

- **le courant d'air :** se définit comme un phénomène de mouvements naturels d'air ou de mouvements mécaniques. Il apparaît naturellement par différence de température.
un courant d'air peut entraîner un inconfort d'autant plus important selon son taux de turbulence (Tu), sa vitesse (v) et sa température (Ta). Le risque d'inconfort est d'autant plus grand que les températures d'air sont faibles. On notera qu'en climat chaud, l'augmentation de la vitesse d'air reste l'unique moyen d'augmenter l'évaporation de la sueur à la surface cutanée et donc l'évacuation de chaleur.
En été, on essaye de jouer avec des ouvertures stratégiques afin de créer des courants d'air rafraîchissants ; En hiver au contraire, il provoque la plupart du temps l'inconfort thermique car elle favorisent les échanges thermiques entre le corps et l'air par convection . Le choc thermique lié à ces courants d'air est souvent à l'origine de nombreuses rhinites.
- Une différence de température de rayonnement entre deux parois opposées (plafond, mur) est aussi synonyme d'inconfort, d'autant plus que cette différence est

importante. Cette asymétrie se retrouve lors de la présence de vitrages peu performants ou un système de chauffage ou de refroidissement par parois.

- Finalement, en raison de la dépendance entre la température et la densité de l'air, il est fréquent de constater une stratification de l'air, et donc de la température, contribuant à l'inconfort.

6. Méthodes d'évaluation du confort thermique :

6.1. Indices pour l'évaluation du confort thermique :

6.1.1. Les indices PMV et PPD :

PMV (Predicted Mean Vote) et PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) sont décrits par, fournis par les normes ISO 7730 (1994), "Ergonomie des ambiances thermiques - Détermination analytique et interprétation du confort thermique par le calcul des indices PMV et PPD et par des critères de confort thermique local" et développés dans les années 1970 par Fanger.

Leurs expressions sont les suivantes:

- $PMV = (0.303 \cdot \exp(-0.036 \cdot M + 0.028)) \cdot S$
- $PPD = 100 - 95 \cdot \exp[-(0.03353 \cdot PMV^4 + 0.2179 \cdot PMV^2)]$

Le PMV donne des valeurs moyenne des votes d'un grand groupe de personnes sur l'échelle de sensation thermique à 7 points suivante comprises entre -3 (froid) et 3 (chaud)

- +3 très chaud
- +2 chaud
- +1 légèrement chaud
- 0 ni chaud, ni froid
- -1 légèrement froid
- -2 froid
- -3 très froid

Le PPD, quant à lui, représente le pourcentage de personnes non satisfaites prédit quantitativement, car trouvant l'ambiance thermique trop chaude ou trop froide et qui voteraient -3, -2, +2, +3. Pour des valeurs du PMV comprises entre -0,5 et 0,5, le PPD est inférieur à 10%, ce qui correspond à des situations acceptables. Ces relations ont été établies statistiquement à partir d'études expérimentales auprès de 1300 sujets en chambre climatique. Sa principale limite réside dans le fait qu'il a été déterminé en conditions homogènes et stationnaires, représentant des conditions théoriques rarement rencontrées en réalité dans les bâtiments.

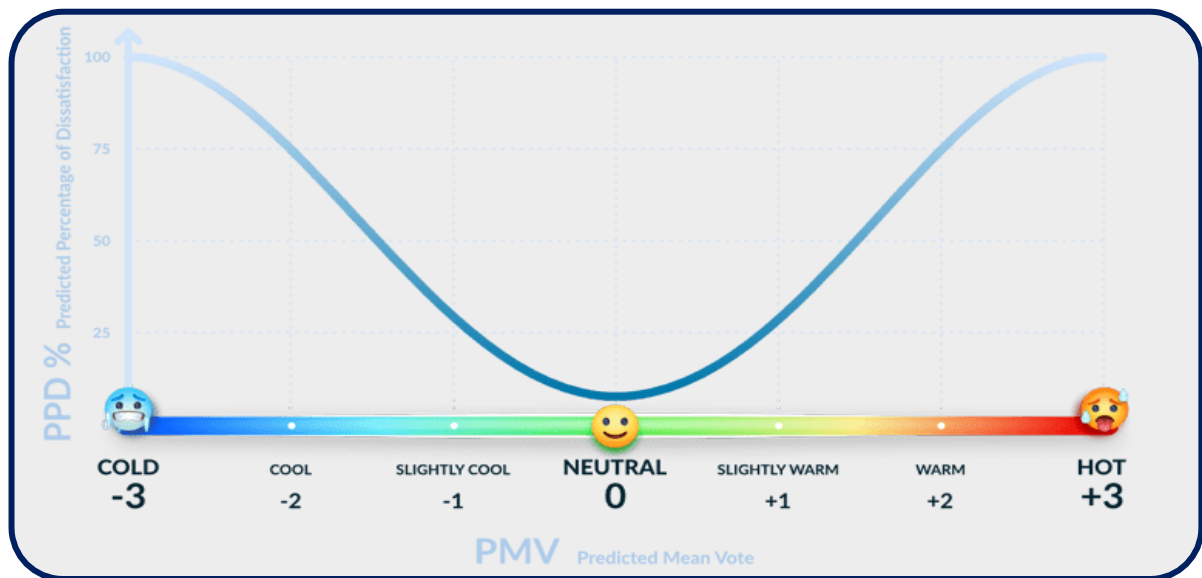


Figure 24 : Les indices PMV et PPD.

Source : <https://www.inex.fr>.

6.1.2.La température de l'air ambiant (Ta) :

Elle représente l'indice le plus utilisé pour le contrôle des ambiances en intérieur du fait de la simplicité de sa mesure. Ce paramètre ne présente pas de grosses difficultés de mesure et d'évaluation, mais revêt un caractère toutefois limité pour la caractérisation complète du confort. Indice connu de tous, la température de l'air sera donc largement utilisée comme indice de confort dans le cas d'un contrôle peu strict du confort thermique. Cordier, N. «développement et évaluation de stratégies de contrôle de ventilation appliquées aux locaux de grandes dimensions », », **thèse de doctorat soutenue a L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, France, 2007, p 61.**

Il est utilisé pour définir les consignes de température références pour les installations de chauffage en période hivernale et climatisation en période estivale.

6.1.3.Température opérative:

La température opérative (t_0) ou température résultante sèche, est un indicateur simple du confort thermique, qui prend en compte l'effet de la convection et du rayonnement.

- Température opérative = (Température de l'air + Température des parois)/2

$$T_{op} = (T_a + T_{mrt}) / 2$$

Elle est définie dans la norme NF EN ISO 7726 de 2002 comme la température d'une enceinte isotherme dans laquelle un occupant échange la même quantité de chaleur par rayonnement et convection que dans l'enceinte dans laquelle il se trouve réellement.

Mathématiquement, elle est la moyenne de la température radiative moyenne et de la température ambiante (température sèche), pondérée respectivement par les coefficients de transfert thermique.

- $t_0 = \frac{h_r \cdot t_{mr} + h_c \cdot t_a}{h_r + h_c}$
où
- h_c = coefficient de transfert thermique convectif
- h_r = coefficient de transfert thermique radiatif linéaire
- t_a = température ambiante
- t_{mr} = température radiative moyenne.

Cette définition peut aussi s'écrire :

$T_{op} = \alpha T_a + (1 - \alpha) T_{mrt}$ où α est un coefficient dépendant uniquement de la vitesse de l'air.

6.2. Evaluation du confort thermique par des enquêtes in situ :

Les études in situ sur le confort thermique ont constitué une étape importante pour l'évaluation du confort thermique dans les bâtiments. Depuis le travail de Bedford en 1936, les enquêtes se sont multipliées sous les différents climats, les bâtiments résidentiels et de bureaux sont considérés comme une cible principale de ces enquêtes (**Benhouhou Med N.,2012**).

Les enquêtes in situ utilisent les mesures physiques de l'ambiance et les réponses de sensation thermique des occupants qui se trouvent dans des situations réelles de la vie quotidienne. Elles visent à connaître le degré du confort thermique dans les lieux de vie ou de travail habituels des usagers.

Les méthodes d'enquêtes in situ sont faites sur trois niveaux suivants :

- **Niveau I** : des mesures physiques de la température de l'air, avec ou sans l'humidité de l'air, sont effectuées à un seul endroit dans le local. Les mesures peuvent être ponctuelles ou continues. Elles peuvent être accompagnées d'une description succincte des sujets et de certaines caractéristiques du bâtiment ainsi que d'une évaluation de l'ambiance thermique par les sujets. Ce type d'enquête permet d'avoir des informations sur l'ambiance thermique sans beaucoup impliquer les occupants.
- **Niveau II** : ce niveau correspond à l'enquête classique sur le confort thermique pendant laquelle les différentes grandeurs physiques de l'ambiance thermique (température de l'air, température radiante, vitesse de l'air et humidité de l'air) sont mesurées conformément aux normes ISO 7730 et ISO 7726, et parallèlement à l'évaluation subjective de l'ambiance thermique par l'utilisateur à l'aide d'échelles de jugements subjectifs (vote de perception, vote d'évaluation et vote de préférence).
- **Niveau III** : par rapport au niveau précédent, les enquêtes doivent inclure en plus les informations sur les vêtements et les activités des sujets pour permettre de calculer les

différents indices de confort, notamment le PMV/PPD. Les enquêtes peuvent être complétées par des observations sur le comportement des sujets (l'utilisation des moyens de contrôle de l'ambiance thermique) selon l'étendu et l'objectif de l'enquête.

On distingue deux types d'enquête selon le mode d'échantillonnage : enquête transversale réalisée avec un nombre important de personnes, où chaque individu contribue à un seul ou un nombre limité de votes, et enquête longitudinale réalisée avec un nombre limité d'individus suivis sur une période prolongée, le nombre de contribution de chaque individu est beaucoup plus important.

Les enquêtes transversales :

Elles sont réalisées avec une large population où chaque individu contribue à un seul ou un nombre limité de votes, ce type d'enquête permet d'explorer les conditions thermiques dans les bâtiments et les comparer aux perceptions et aux attentes des occupants afin d'en dégager les conditions de confort thermique. Les enquêtes transversales sont préférables pour explorer la qualité des ambiances thermiques dans les bâtiments, elles permettent une précision acceptable sur les résultats.

Les enquêtes longitudinales :

Les enquêtes longitudinales s'intéressent à un nombre limité d'individus suivis sur une période prolongée (les participants doivent constituer un échantillon représentatif de la population) mais le nombre de contribution de chaque individu est beaucoup plus important permettant ainsi de suivre l'évolution du confort thermique sur une séquence de temps. Ces enquêtes contribuent à la compréhension des processus d'adaptation qui permettent de suivre l'évolution de l'état thermique de l'ambiance et des sujets sur une période donnée (quelques jours, ou quelques mois) selon les objectifs recherchés. Mais la limite pour ce genre d'enquête consiste à trouver des personnes disponibles pour y participer, vu l'importance du temps, surtout si l'enquête est prolongée hors des horaires de travail.

6.3. Les outils graphiques d'évaluation de confort thermique :

6.2.1.1. Diagramme bioclimatique :

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

Cet article a été réalisé par **Jean-Louis Izard**, architecte et enseignant à l'école nationale d'architecture de Marseille et **Olivier Kaçala**.

bioclimatique est construit sur un diagramme psychrométrique (appelé aussi diagramme de l'air humide). Sur ce diagramme sont représentées:

- la zone de confort hygrothermique tracée pour une activité sédentaire, une vitesse d'air minimale (en général 0,1 m/s) et les tenues vestimentaires moyennes d'hiver et d'été.
- l'extension de la zone de confort hygrothermique due à la ventilation par augmentation de la vitesse d'air de 0,1 à 1,5m/s.
- la zone des conditions hygrothermiques compensables par l'inertie thermique associée à la protection solaire et à l'utilisation d'enduits clairs.
- la zone des conditions hygrothermiques compensables par l'inertie thermique associée à la protection solaire et à l'utilisation d'enduits clairs que l'on cumule avec une ventilation nocturne.
- la zone des conditions hygrothermiques compensables par l'utilisation de systèmes passifs de refroidissement par évaporation.
- la zone des conditions hygrothermiques qui nécessitent l'humidification de l'air.
- la zone des conditions hygrothermiques compensables par une conception solaire passive du bâtiment.

Par défaut, on peut donc repérer d'un seul coup d'œil les conditions hygrothermiques extérieures qui, quoi qu'on fasse au niveau de l'architecture, nécessitent le recours à un système de chauffage ou de climatisation (zones sans couleurs sur le diagramme). Le diagramme bioclimatique n'est pas un outil de dimensionnement précis du projet, comme peuvent l'être des outils de simulation numériques mais il constitue bien un guide pour aider l'architecte à prendre les bonnes décisions en phase esquisse. Sous réserve que les conditions du confort thermohygro-métrique soient bien celles relatives à l'activité, à la tenue vestimentaire et à la culture des futurs occupants du bâtiment en projet, le diagramme bioclimatique est un outil dont la validité est universelle. Il peut donc être utilisé indifféremment en climat tempéré ou tropical.

Zone du confort thermique

Zone d'influence de la ventilation à 0.5 m/s (vv')

Zone de l'inertie thermique (MM')

Zone d'influence du refroidissement évaporatif (EC et EC')

Zone de non-chauffage par la conception solaire passive (H, H')

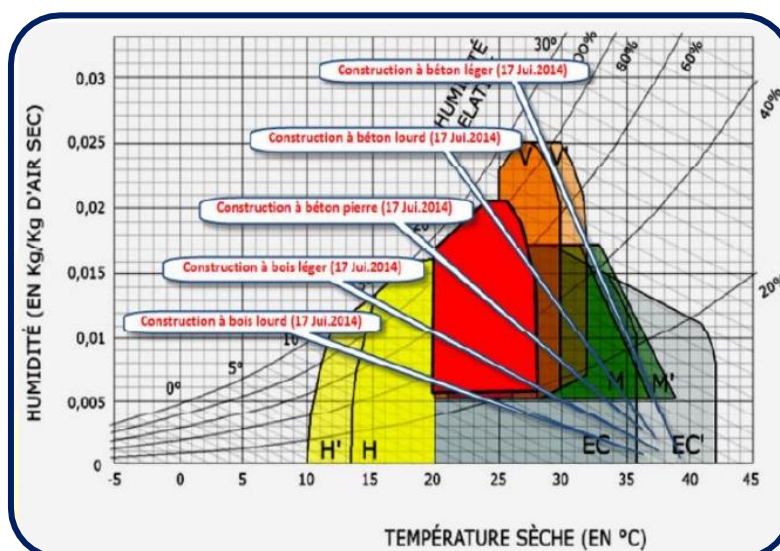


Figure 25 : Diagramme bioclimatique.

Source : <https://www.alternative2e.fr>

6.2.1.2. Le diagramme de Givoni :

Le premier auteur de ce diagramme est Baruch Givoni qui l'a utilisé en climat semi-aride où l'inertie thermique est requise en hiver comme en été, en se basant sur les études antérieures d'Olgay concernant les indices de confort. **Benhouhou Med N.,2012, Op ct, p38.**

Le diagramme de Givoni permet de tracer sur un diagramme psychométrique (humidité en ordonnée, et température en abscisse) des plages de confort, qui peuvent dépendre de la vitesse d'air, de l'habillement (comme sur le diagramme ci-dessous) ou de l'activité et sur ce diagramme sont représentées:

- la zone de confort hygrothermique tracée pour une activité sédentaire, une vitesse d'air minimale (en général 0,1 m/s) et les tenues vestimentaires moyennes d'hiver et d'été.
- l'extension de la zone de confort hygrothermique due à la ventilation par augmentation de la vitesse d'air de 0,1 à 1,5m/s.
- la zone des conditions hygrothermiques compensables par l'inertie thermique associée à la protection solaire et à l'utilisation d'enduits clairs.
- la zone des conditions hygrothermiques compensables par l'inertie thermique associée à la protection solaire et à l'utilisation d'enduits clairs que l'on cumule avec une ventilation nocturne.
- la zone des conditions hygrothermiques compensables par l'utilisation de systèmes passifs de refroidissement par évaporation.
- la zone des conditions hygrothermiques qui nécessitent l'humidification de l'air.
- la zone des conditions hygrothermiques compensables par une conception solaire

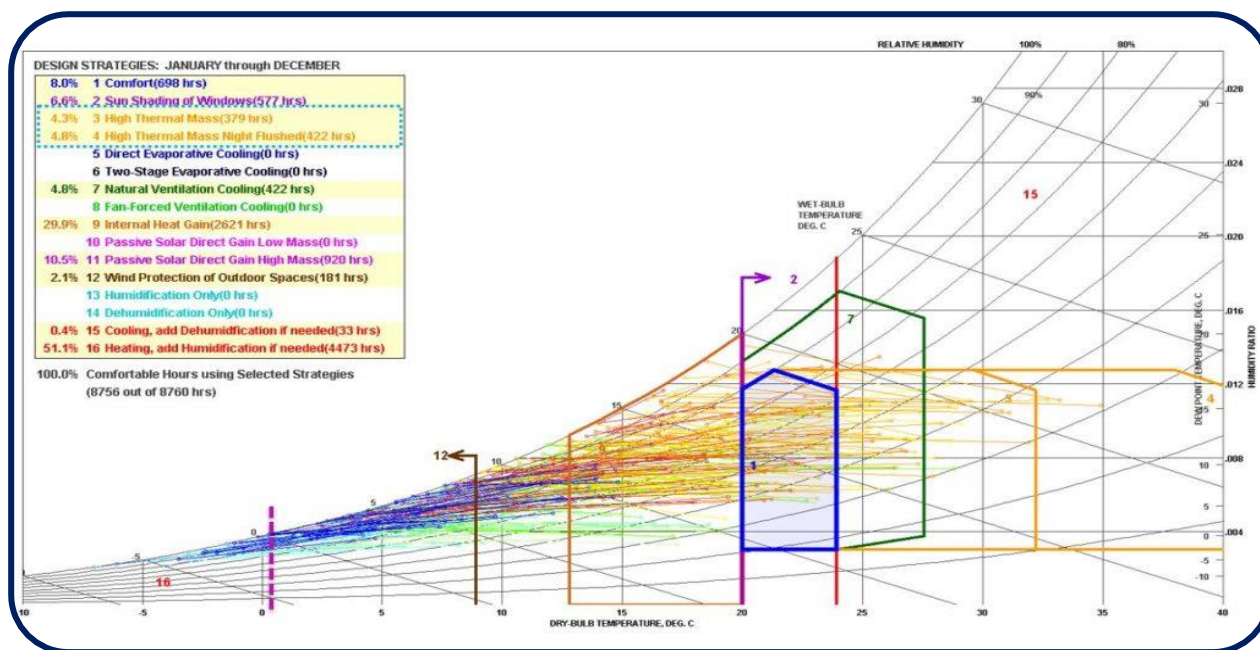


Figure 26 : Le diagramme de Givoni.

Source : <https://www.qcm-svt.fr>.

passive du bâtiment.

6.2.1.3. Tables de Mahoney :

Les tables de Mahoney sont une série de tables de référence d'architecture utilisées comme guide pour obtenir des bâtiments au design adapté aux conditions climatiques.

Elles tirent leur nom de l'architecte **Carl Mahoney** qui les a créées avec **John Martin Evans** et **Otto Königsberger**. Elles ont été publiées pour la première fois en 1969 par le département des affaires économiques et sociales des Nations Unies.

Les tables utilisent des données climatiques faciles à obtenir et des calculs simples aboutissent aux lignes directrices. Ainsi elles ne donnent que des indications qualitatives mais évitent la complexité de modélisations telles que la simulation thermique dynamique.

Les besoins en confort sont groupés en six indicateurs:

- H1 : la ventilation indispensable (climat chaud et humide).
- H2 : la ventilation souhaitée (climat chaud et sec).
- H3 : la protection de la pluie nécessaire (climat tropical et tempéré).
- A1 : l'inertie thermique (climat à grand écart diurne de température).
- A2 : dormir dehors (climat chaud en été).
- A3 : protection du froid.

6. 4. La simulation thermique :

La Simulation Thermique Dynamique (STD), consiste à représenter numériquement (à modéliser) un ou plusieurs bâtiments via un logiciel, utilisée en phase conception et permet d'analyser l'ensemble des problèmes liés à la thermique d'un bâtiment (confort, performance énergétique, comportement) et de proposer des alternatives d'optimisation en simulant à l'aide d'un modèle numérique, le comportement thermique du ou des bâtiment(s), et ce selon de nombreux paramètres et caractéristiques :

- Enveloppe thermique du bâtiment (parois, toiture, vitrages...)
- Apports internes (scénarios d'occupation, pertes de chaleur des équipements électriques...)

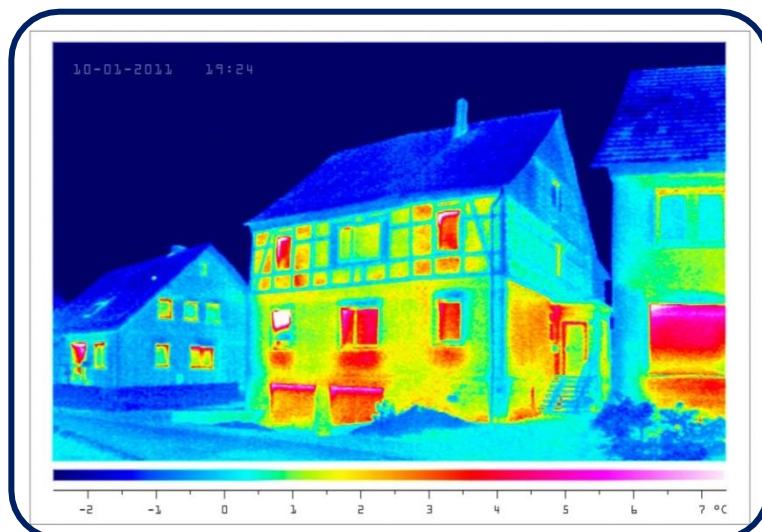


Figure 27 : La simulation thermique.

Source : <https://www.alternative2e.fr>

- Implantation géographique, exposition et ensoleillement
- Inertie thermique du bâtiment
- Données météo locales...

Cette méthode de modélisation a été mise au point pour remplacer les calculs simples utilisés jusque avant dans le domaine du bâtiment. Pour répondre aux exigences environnementales et aux attentes en termes d'efficacité énergétique dans le neuf et la rénovation (Label E+ C-; RE2020...), il est nécessaire de prendre en compte des critères physiques complexes et de permettre un paramétrage plus précis. En effet, lorsque l'on tend vers une consommation énergétique très faible et un contrôle très précis d'un bâtiment, certains effets physiques ne peuvent être négligés.(12).

6.5.Le bilan thermique :

Faire le bilan thermique d'un bâtiment ou d'un local, consiste à effectuer un calcul de déperdition et des apports du bâtiment. Ce dernier permet de connaître avec précision la quantité d'énergie qu'il faudra pour chauffer et refroidir un local, la justesse de ce calcul est primordiale non seulement pour le coût de l'installation, mais aussi pour son exploitation.

Les éléments entrant en compte dans ce calcul sont nombreux, il faudra connaître la nature, l'exposition, la surface des murs, des parois vitrées, des plafonds, des sols, ces éléments étant multipliés par des coefficients variables selon l'altitude, le rayonnement solaire, la localisation géographique.

D'autres éléments doivent être pris en compte comme le renouvellement d'air naturel ou mécanique, les divers ponts thermiques ainsi que les apports qui pondéreront le calcul par exemple l'éclairage, l'occupation humaine, les appareils ménagers..etc.(13).

6.5.1.Les échanges thermique du corps humain :

- La conduction (K) est un mode de transfert de chaleur par contact direct entre le corps et une surface à température différente. Elle dépend des températures de surface et d'un coefficient d'échange thermique. La conduction est le transfert thermique par exemple entre le sol et les pieds nus d'un individu.
- La convection thermique (C) est un échange de chaleur entre la surface du corps et l'air ambiant. Elle dépend essentiellement de la température et de la vitesse de l'air. La convection est le transfert thermique entre l'air soufflé par un aérotherme (système de chauffage à air soufflé) et l'Homme.
- Le rayonnement (R) correspond aux échanges radiatifs entre la surface du corps et les parois qui l'entourent. Il s'effectue par propagation d'ondes électromagnétiques et dépend des températures de surface de chaque paroi, de la surface effective de rayonnement et de l'émissivité du corps humain et des parois environnantes. Chaque paroi étant généralement à température différente (émetteur de chaleur, vitre froide...), on parle de température moyenne de rayonnement qui est une température moyenne équivalente d'échange.

- L'évaporation cutanée (Evap) est un échange de chaleur latente dû à l'évaporation de l'eau à la surface de la peau. C'est le moyen le plus efficace du corps humain pour évacuer la chaleur en ambiance chaude. La quantité d'eau à évacuer est déterminée par le système de régulation physiologique et dépend essentiellement de la pression de vapeur dans l'air et de sa vitesse
- Les échanges de chaleur par voie respiratoire (Resp) s'effectuent à la fois par voie sensible (convection) et latente (évaporation), c'est-à-dire qu'il y a non seulement un transfert de chaleur mais également de masse. Ce phénomène est régi par la différence de température et de pression entre l'air expiré et l'air ambiant. Cet échange est faible et dépend essentiellement de l'activité.

Le bilan thermique entre l'homme et son environnement est établi comme suit:

- $(M - W) - (Evap + Resp + K + C + R) = m \cdot c \cdot dT/dt = S.$

S: la charge thermique calculée en fonction des variables de l'ambiance (température d'air, de rayonnement, vitesse d'air et humidité) et celles de l'individu (métabolisme, habillement). Si celle-ci est nulle, l'individu est en situation d'équilibre thermique. Si cet équilibre est atteint avec peu de réactions physiologiques, le corps est à la thermoneutralité: le confort est alors possible. Dans le cas contraire, la thermorégulation physiologique puis comportementale se met en marche.

M* : l'énergie reliée au métabolisme

W: le travail mécanique extérieur fourni par le corps, il est généralement pris égal à zéro.

Evap* : l'énergie reliée à l'évaporation cutanée

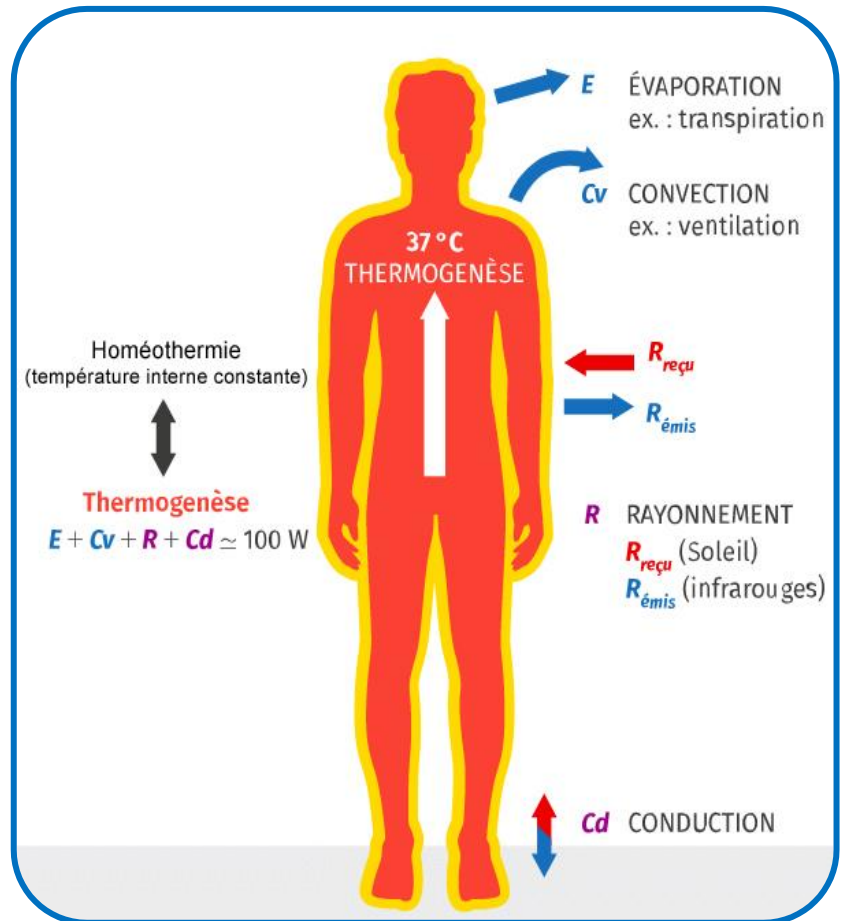


Figure 28 : Les échanges thermique du corps humain.

Source : <https://www.lelivrescolaire.fr>.

Resp* : les échanges de chaleur par voie respiratoire

K* : l'énergie de conduction

C* : l'énergie de convection thermique

R* : le rayonnement

7. Le confort hygrothermique .:

7.1.Définition :

Assurer un confort hygrothermique signifie assurer une température constante en toute saison (18-20 °C), un taux d'humidité relative idéal de 40 à 60 % et une différence entre l'air intérieur et les parois de 3 °C.

On peut définir une plage de confort associant les aspects de température et d'humidité en se référant à un diagramme tel celui établis par **Fauconnier (cfr article de 1992 « l'action de l'humidité sur la santé dans les bâtiments tertiaires »)**.

Ce diagramme de type Mollier reprend en abscisse la température ambiante et en ordonnée la quantité de vapeur d'eau par kg d'air sec. Les courbes montrent l'humidité relative de 10 à 100% fonction de la température ambiante.

Les quatre zones colorées indiquent les plages de température de confort entre 15 et 27°C,

1. La zone verte en dessous de 40% d'humidité est à éviter à cause des problèmes de sécheresse
2. Les zones orange clair et orange foncé au-dessus de 70% sont aussi à éviter à cause de développement de bactéries et microchampignons au-dessus de 15°C
3. La zone orange foncé étant aussi à éviter cause du développement d'acariens au-dessus de 23°C
4. La zone de confort hygrothermique (couleur lavande) va donc
 - De 40 à 80% d'humidité relative à une température ambiante de 17°C
 - Jusqu'à 30 à 50% d'humidité relative à température ambiante de 27°C.**(14)**.

7.2.La prévention des problèmes d'humidité :

La moisissure est non seulement inesthétique, mais elle est aussi cause d'insalubrité et est souvent mise en cause pour les allergies et autres problèmes médicaux. Les murs dont la température de surface est nettement plus froide que la température ambiante permet à la condensation de se former et, par conséquent, constituent un terreau idéal pour la formation de moisissures. Le problème est souvent rencontré sur les murs extérieurs et près des fenêtres. L'air ambiant chaud et humide se condense sur les zones plus froides des murs

et crée de la condensation. Les murs humides forment alors un terreau idéal pour la croissance des moisissures.

Les revêtements muraux thermiques que nous proposons apportent une partie de la solution aux problèmes d'humidité par plusieurs des propriétés offertes, car ces revêtements :

- Augmentent la température de surface des parois et empêchent donc la formation de condensation et donc de moisissures.
- Sont perméables à la vapeur d'eau et favorisent ainsi la bonne évaporation de l'humidité contenue dans les murs notamment.

7.3. Paramètres intéressants :

- **L'inertie thermique** : c'est la capacité d'un matériau à stocker de la chaleur. Plus l'inertie d'un bâtiment augmente, moins il sera sensible aux changements de température (chute de la température extérieure la nuit, périodes d'inoccupation, ...). L'inertie est généralement liée à la masse, un matériau lourd stocke mieux qu'un matériau léger, par exemple : le béton, l'argile, les maçonneries en général, les blocs silico-calcaires, le pisé, ...
- **L'isolation** : phénomène bien connu, l'isolation permet de conserver la chaleur à l'intérieur du bâtiment. Généralement, les matériaux plus légers seront plus isolants. Une isolation par l'extérieur permet de conserver l'inertie du mur porteur à l'intérieur.
- **Le déphasage** : l'isolation joue aussi un autre rôle, préserver de la chaleur excédentaire en été. Tous les matériaux isolants ne sont pas égaux face à leur capacité à freiner l'entrée de chaleur (déphasage). Le béton de chanvre, l'ouate de cellulose, la laine de bois sont plus performants que les isolants synthétiques ou les laines minérales.
- **L'effusivité** : elle représente la capacité d'un matériau à échanger de l'énergie avec son environnement. Un matériau à forte effusivité procure une sensation de froid au toucher étant donné qu'il va plus vite capter la chaleur du corps (plus chaud que la paroi). Les matériaux effusifs
- **(sensation de froid) sont** : le métal, le vitrage, le carrelage. Les matériaux à faible effusivité (chauds) sont : le bois, le liège, les matériaux isolants, l'argile.
- **La perméabilité à la vapeur d'eau** : ce paramètre dépend de la microporosité du matériau. Les matériaux biosourcés (à base de fibres végétales) et les matériaux minéraux à base d'argile ou de chaux sont perméables à la vapeur d'eau, tandis que le verre, le béton, l'acier, certains isolants synthétiques sont plutôt imperméables. La perméabilité à la vapeur d'eau permet une régulation naturelle du taux d'humidité dans le bâtiment.
- **L'inertie latente** : certains matériaux (argile, pisé, silico-calcaires, béton de chanvre, ...) sont perméables à la vapeur d'eau, et présentent la capacité d'en fixer une partie dans leurs pores sous forme d'eau liquide (on parle d'adsorption). Lorsque de l'air est

sec (hiver), l'eau adsorbée par la paroi à tendance à s'évaporer et donc à libérer de l'énergie. A l'inverse, si l'air est plutôt humide (été), la paroi adsorbera davantage de vapeur, il y a donc condensation et donc absorption de calories. En résumé, ce type de parois à tendance à « chauffer » en hiver et « rafraichir » en été.(14).

8. Conclusion :

L'environnement thermique se caractérise par quatre grandeurs physiques (la température de l'air, la température de rayonnement, l'humidité et la vitesse de l'air). Ces grandeurs réagissent avec l'activité et l'habillement du corps humain pour établir son état thermique et forment ensemble les six paramètres de base des échanges thermiques entre l'homme et son environnement. Mais au delà de ces variables, la perception thermique d'un environnement peut être influencée par des variables physiologiques, psychologiques et sociologiques.

Deux approches ont été définies dans cet état de l'art sur le confort thermique, l'approche analytique et l'approche adaptative. L'approche analytique représente l'homme comme une machine thermique et considère les interactions avec l'environnement en termes d'échanges de chaleur. La deuxième approche considère le confort thermique à travers les réactions comportementales qui caractérisent la capacité adaptative de l'occupant dans son environnement, elle considère que les personnes jouent un rôle actif dans le maintien de leur confort thermique, c'est-à-dire que l'homme peut agir sur son environnement en fonction de ses besoins et de sa perception du climat.

L'étude et l'évaluation du confort thermique ont d'abord été abordés à travers des indices de confort déterminés par les expérimentation et des mesures in situ, Suite aux indices thermiques, des tentatives ont été effectuées pour combiner les facteurs environnementaux sous forme d'outils graphiques qui permettent de prédire des zones de confort, connus sous le nom de diagrammes bioclimatiques considéré lui aussi comme une techniques universelle d'évaluation du confort thermique, applicable pour tous les cas de types de bâtiment; de zones climatiques et des populations différentes. Ce diagramme ainsi que les tables de Mahoney, ne sont pas des outils de dimensionnement précis du projet, mais ils constituent bien des guide pour aider l'architecte à prendre les bonnes décisions en phase esquisse pour assurer un meilleur confort thermique.

Chapitre 05 : la conception bioclimatique

1. Introduction :

Récemment, l'homme est devenu mal à l'aise dans son appartement en raison du manque de confort thermique dû aux échanges thermiques entre l'intérieur et l'extérieur, donc les architectes pensent de créer une stratégie pour travailler avec les forces de la nature et d'utiliser les ressources naturelles en notre faveur pour créer les conditions les plus appropriées, cette stratégie est la conception bioclimatique de grand confort tout en utilisant peu de systèmes de climatisation mécaniques qui tire le meilleur parti de son environnement afin d'obtenir un habitat économique et écologique.

2. Habitat bioclimatique :

Un habitat bioclimatique est une habitation conçue dans le respect de l'environnement. Il est bâti de manière à optimiser les ressources naturelles qui l'entourent afin d'être performante en matière d'énergie et peu polluante. L'isolation est très importante, qu'il s'agisse des matériaux de construction d'origine naturelle très isolants (bois, chanvre, brique, terre), de la toiture (ouate de cellulose, paille) ou des ouvertures (double ou triple vitrage). Écologique, l'habitat bioclimatique s'appuie sur les ressources naturelles comme le soleil ou le bois pour fonctionner et produire son énergie, se chauffer, etc. Il s'inscrit dans un projet respectueux de la nature de quoi fonctionner sans l'impacter et elle s'accompagne généralement d'une consommation énergétique verte.

Économique à l'usage bien qu'elle soit plus coûteuse à construire, il permet de réduire considérablement les dépenses énergétiques. C'est également un habitat plus sain et confortable pour toute la famille. Les habitats passifs sont des habitats bioclimatiques qui produisent elles-mêmes l'énergie dont elles ont besoin pour fonctionner.

3. Les bases de conception bioclimatique :

3.1. Adéquation lieu:

Le relief environnant, l'orientation des vents, la course annuelle du soleil sur le lieu choisi seront autant de variables essentielles à prendre en compte pour la réussite de l'implantation d'une maison bioclimatique. Elle dépendra de l'adéquation entre le lieu, la forme architecturale et les matériaux.

Les conditions climatiques caractéristiques du lieu sont à étudier avec attention afin de tirer bénéfiques des variations physiques (rayonnement solaire, température, vent, humidité ...). Il s'agit de pallier aux contraintes tout en privilégiant les apports bénéfiques.

En complément de ces caractéristiques climatiques, le microclimat du site apporte des variantes importantes à ne pas négliger. Il est essentiel de connaître l'environnement proche en détail, il est en effet détenteur de nombreuses indications.

3.2.Implantation :

Aujourd'hui, d'après les différents problèmes que l'habitant souffre dans son habitat (le confort) et son environnement polluer donc, les architectes proposent une architecture ou bien une conception bien intégrée dans l'environnement et qui soit son amie intime cette conception s'appelle " l'architecture bioclimatique" ou "l'architecture verte".

Ce terme signifie un mode de conception globale pour la construction d'un bâtiment, qui vise à réduire l'impact sur l'environnement tout en utilisant au maximum ses ressources. Comme peuvent le traduire les mots qui le composent, « bio » et « climat », le bioclimatisme est le fait de construire avec une sensibilité écologique. C'est également la recherche de l'éco-performance qui vise à réduire les émissions de gaz à effet de serre et la consommation énergétique des entreprises par le financement de projets ou de mesures liés à la consommation et à la production d'énergie, de même qu'à l'amélioration des procédés. et donc un intérêt économique puisque l'idée est de réduire voire supprimer votre facture énergétique.

3.2.1.Importance de l'implantation:

Primordiale dans la conception, l'implantation de la maison bioclimatique va déterminer l'éclairage, les apports solaires passifs et les mouvements naturels de l'air.

3.2.2.Influence des sols et de la végétation:

La qualité du sol, ainsi que sa capacité de drainage, indiqueront sa stabilité et son potentiel à retenir les eaux de ruissellement. Les sols couverts de végétation tempèrent le réchauffement de l'air grâce à l'évapotranspiration des végétaux. Très appréciables l'été, ils auront également une influence sur le vent. Les sols minéraux absorbent plus ou moins les rayonnements durant la journée en fonction de leur composition. Ils les restituent rapidement après le crépuscule. L'eau capte également les rayonnements mais elle a la capacité de restituer l'énergie emmagasinée beaucoup plus lentement pendant la nuit. Ainsi, l'amplitude thermique diminue proportionnellement à la surface des étendues d'eau (nuit douce au bord de la mer).

3.2.3.Influence du relief et de l'altitude:

- L'habitation doit tirer profit du relief qui pourra servir de protection contre les vents dominants.
- Les masques solaires (Total des zones d'ombres) représentent une modification des apports caloriques.
- En altitude, les températures étant plus basses, l'air sera plus rapidement saturé, créant de la condensation.
- En fonction de ces données, il va falloir composer deux paramètres de base : l'orientation et la compacité.

3.3.L'Orientation :

La construction de la maison sur un terrain, il faut correctement l'orienter vers les vents dominants. C'est par la façade principale de la maison que va rentrer l'air extérieur utile à la ventilation naturelle.

Le plus favorable est de vous orienter entre $- 45^\circ$ et $+ 45^\circ$ de la direction des vents dominants, généralement ENE. Toutefois, étudiez bien la direction du vent, chaque site est différent ! De plus, le vent change de direction en cours d'année, notamment en saison sèche.

Ainsi, il peut être intéressant de ne pas être orienté totalement face au vent en saison des pluies, surtout en bord de mer. Ou alors, être orienté de façon à bien prendre le vent en saison sèche afin de favoriser la ventilation naturelle lors de cette saison plus chaude.

Attention ! Si vous climatisez la maison ou une partie, il faut orienter les pièces climatisées de manière à avoir le moins de soleil possible. Donc avec les grandes façades face au Sud et non plus à l'Est. L'étude de l'orientation aura pour but de minimiser les apports thermiques et non plus la recherche d'une ventilation naturelle.

l'objectif est de récupérer au maximum les apports solaires passifs en hiver et de les réduire en été pour respecter le confort d'été. La bonne règle : le maximum de fenêtres sera orienté au sud.

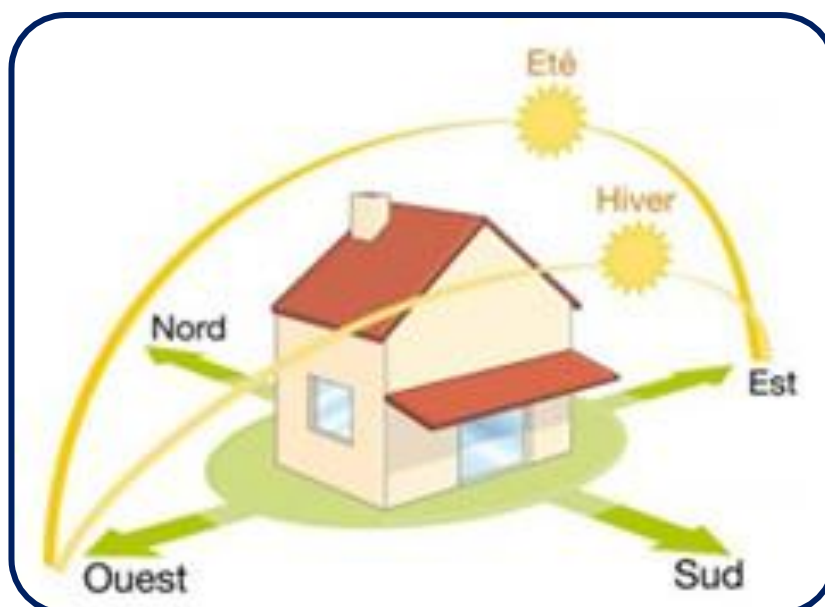


Figure 29 : l'implantation et l'orientation du projet.

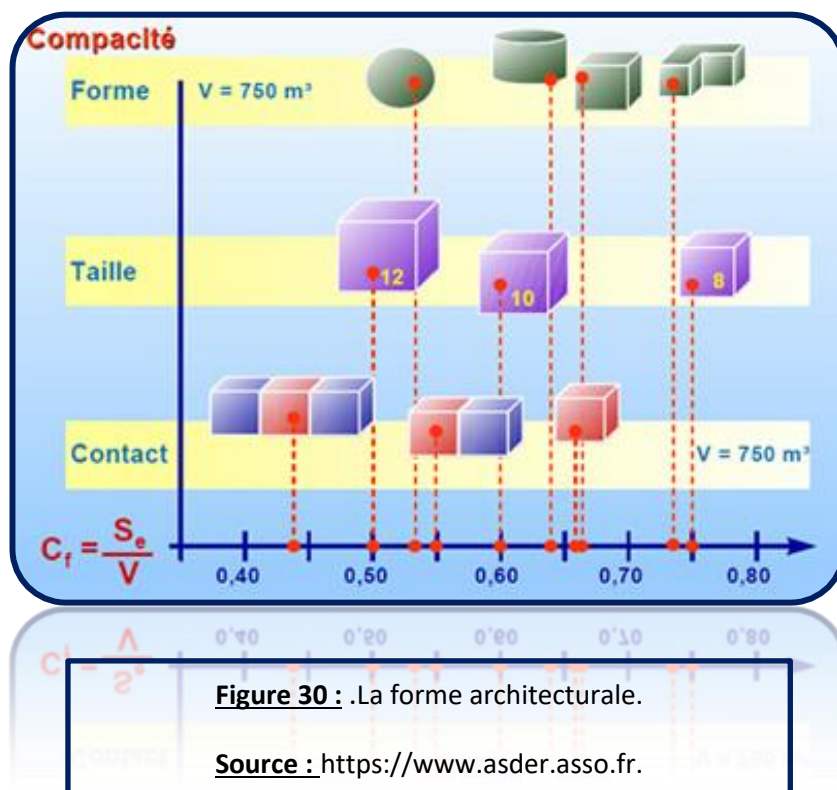
Source : . <http://www.netactus.fr>.

3.4.La forme architecturale :

La forme recommandée pour un bâtiment si on veut lui assurer un bon système bioclimatique est de la rendre la plus compacte possible, c'est-à-dire en forme de bloc. En effet, il ne faut pas oublier que l'objectif est de minimiser les pertes de chaleur autant que possible en hiver et d'en gagner un minimum en été. De ce fait, plus la forme de bâtiment sera compacte, idéalement en forme de cube, moins votre maison sera efficace pour éviter les pertes de chaleur.

La compacité d'un bâtiment est mesurée par le rapport entre la surface des parois extérieures et la surface habitable. Plus ce coefficient est faible, plus le bâtiment sera compact. La surface de l'enveloppe étant moins importante, les déperditions thermiques sont réduites.

La compacité varie suivant la forme, la taille et le mode de contacts des volumes construits. En effet, la mitoyenneté et l'habitat collectif favorisera la réduction des surfaces de déperditions grâce à une très bonne compacité.



3.5.la surface vitrée:

Constituant une partie fragile du bâtiment, Mieux vaut éviter les expositions directes est et ouest qui suivent la courbe du soleil qui occasionne le plus souvent des « surchauffes » et un inconfort visuel, les fenêtres sont primordiales, car elles contribuent en moyenne à 25 à 30 % de la consommation en chauffage

Au nord, Il faudra limiter les ouvertures afin de minimiser les déperditions thermiques du bâtiment. De manière générale il est conseillé de respecter un ratio de surface vitrée d'environ 20% de la surface habitable, répartie comme suit : 50% au sud, 20 à 30% à l'est, 20% à l'ouest et 0 à 10% au nord.

Cette règle est très importante car la bonne maîtrise des apports solaires peut représenter un gain gratuit de 15 à 20% de besoins d'énergie (réduction de la consommation).

Les châssis de fenêtre sont une des plus grandes sources de déperditions de chaleur. Les fenêtres coulissantes sont à cela les plus recommandées. Pour amoindrir ces déperditions, vous pouvez aussi choisir des fenêtres à haut rendement énergétique.

3.6.La distribution intérieure :

Le zonage d'un habitat permet d'adapter des ambiances thermiques appropriées à l'occupation et l'utilisation des divers espaces.

Au nord on aménagera des espaces non chauffés dits « tampons », type garage, cellier, couloirs, etc. Ils assurent une protection thermique et contribuent directement aux économies d'énergies et au confort des occupants.

on peut avoir des diverses organisations dépendant de :

3.6.1.la disposition des pièces principales (jour/nuit):

Il est préférable en hiver d'avoir les pièces de jour (cuisine/séjour) plutôt du côté du soleil (quart SUD) et les pièces de nuit, du côté opposé. Faire l'inverse serait à la limite de la pathologie.

Sur le côté opposé au soleil, il est préférable de disposer les pièces "non principales" (salle de bains, cellier, entrée). Pour l'été, il est bon d'avoir les pièces de nuit du côté de l'ombre.

La mise en communication des pièces situées sur les façades opposées est indispensable pour une bonne ventilation, notamment nocturne, alors que les vents extérieurs ont tendance à se calmer.

Dans l'option "à étage", il est donc préférable de disposer les pièces de nuit à l'étage et les pièces de jour au rez-de-chaussée (possibilité de prolongement extérieur).

3.6.2.Position de l'entrée :

L'entrée est un local où se produisent des échanges inévitables d'air entre l'extérieur et l'intérieur. Sa position doit lui permettre d'échapper aux vents dominants d'hiver. Mais cet espace n'étant pas un lieu de séjour, il est préférable d'éviter de l'exposer au quart SUD qui doit être réservé aux pièces habitables.

3.6.3.Ventilation transversale :

La meilleure disposition pour permettre à l'air de circuler à l'intérieur d'un local est placer les entrées et sorties d'air sur des façades opposées, afin d'exploiter les gradients de pression qui s'y créent dès qu'existe le moindre écoulement d'air extérieur (brises).

Au total, la notation peut être la suivante :

- Modèle idéal : disposition des pièces de jour côté SUD, des pièces de nuit et des pièces annexes du côté opposé, avec possibilité de mise en communication directe des pièces sur façades opposées (ou pièces traversantes). Construction à étage : pièces jour en rez-de-chaussée et pièces nuit à l'étage
- Modèle tolérable : Pièces de nuit en rez-de-chaussée.

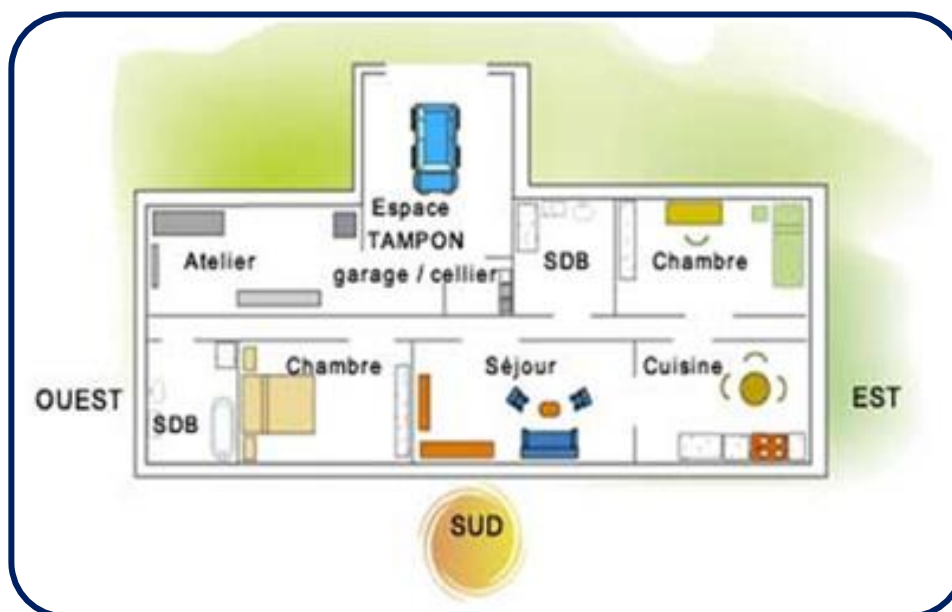


Figure 31 : La distribution intérieure.

Source : <https://www.asder.asso.fr>.

3.7.La Protection solaire :

3.7.1.Définition :

La protection solaire s'agit de tout corps empêchant le rayonnement solaire d'atteindre une surface qu'on souhaite ne pas voir ensoleillée. Elles permettent une filtration partielle des rayons du soleil sans l'occulter totalement. Les protections solaires peuvent être intégrées à l'architecture ou appliquées, fixées ou mobiles, extérieures ou intérieures, verticales ou horizontales .

Le choix de la forme d'une occultation dépend de la latitude, de l'orientation des façades et des profils des masques environnants.

Les protections solaires sont des dispositifs appartenant à l'édifice, permet de limiter la gêne visuelle due à l'ensoleillement direct, et à limiter les gains d'énergie directe lorsque l'énergie solaire est importante.

La réalisation d'une protection solaire efficace constitue la seconde phase fondamentale de la conception de logements thermiquement et énergétiquement performants.

Les apports de chaleur par les parois sont la principale cause de surchauffe des bâtiments.

Cette protection solaire concerne toutes les parois extérieures du logement : toiture, murs et fenêtres. La principale cause de surchauffe des bâtiments est due à une mauvaise protection solaire (15).

3.7.2. Les types de protection solaires :

3.7.2.1. Les protections solaires mobiles:

Installée à l'extérieur des fenêtres, ces protections peuvent être levées, abaissées en fonction de la position du soleil de façon manuelle ou automatisée. Certains modèles à lamelles offrent aussi une orientation de ces dernières. La mobilité de ces protections permet des gains solaires maximaux en hiver, et un apport réduit en été. Il en existe plusieurs types (15):

a). Extérieurs:

a.1. Panneau coulissant:

intégration en façade ou de manière déportée (terrasse, loggia, coursive). Dans ces derniers cas les panneaux permettent le cloisonnement d'espaces extérieurs, généralement sur des rails et se déplaçant de façon manuelle, présente l'avantage de la mobilité, solidité et stabilité au vent.

a.2. Store en toile:

- performance du store dépend de sa couleur, et de la densité de son maillage.
- critères de résistance aux UV et d'étanchéité de la toile à prendre en compte.
- utilisé généralement pour protéger des surfaces d'ouvertures restreintes.
- prise au vent importante.

a.3. Brise-soleil orientable:

- les brise-soleils orientables, permettent d'adapter la protection à la course du soleil.
- coulisses latérales permettant le guidage sur les côtés et la tenue au vent.
- filtre la vue sans l'obstruer totalement.
- en rénovation leur utilisation a un impact sur l'esthétique du bâtiment (visibilité des coulisses et présence du caisson).
- possibilité de protection anti-effraction pour des modèles avec courroie dentée en acier dans les coulisses.
- plusieurs matériaux possibles, l'aluminium étant le plus usuel (peu d'entretien).
- grandes surfaces pouvant être couvertes.

a.4. protection escamotable :

placée de manière fixe au début de l'été et démontée une fois les chaleurs estivales passées.

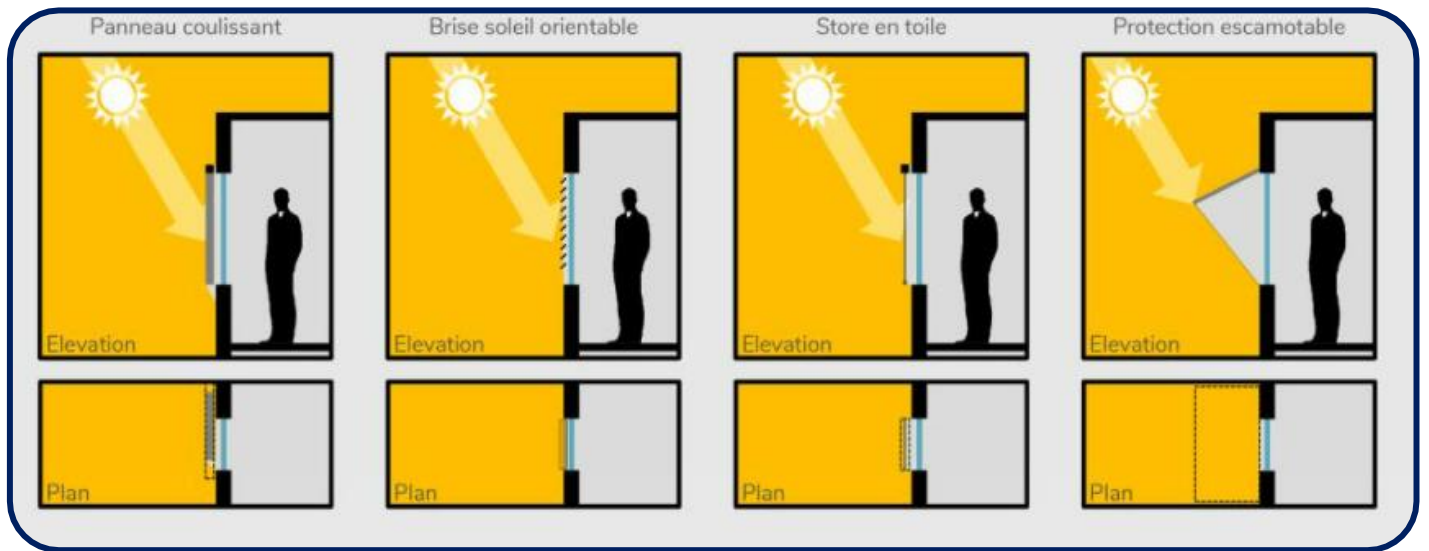


Figure 32 : protection solaire extérieur mobile.

Source : <https://www.guidebatimentdurable.brussels/fr>.

b) Intérieurs : Les stores :

b.1. Les stores rouleaux ou stores à enrouleur :

Ce sont les modèles de stores les plus répandus. Super produit, on les trouve dans toutes les pièces de la maison, et même au bureau. Ils occultent, protègent des regards indiscrets, tamisent la lumière, protègent même de la chaleur. En résumé, ils ont un peu toutes les qualités, fonctionnels, design, et économiques. Le système est toujours le même : Un textile plus ou moins technique s'enroule autour d'un axe. On peut ainsi l'ouvrir ou le fermer pour moduler son efficacité.

b.2. Les stores californiens stores verticaux ou stores à bandes verticales:

Ce sont peut-être les stores intérieurs les plus spectaculaires : Très design et contemporains, ce sont les spécialistes des grandes baies. De longues bandes verticales juxtaposées créent en effet graphique et élégant. Le rail peut de fixer indifféremment au plafond ou en applique. Ils servent eux aussi à filtrer tamiser ou occulter la lumière extérieure. Les stores verticaux peuvent également être utilisés pour se protéger de la chaleur ou des regards indiscrets.

b.3. Les stores vénitiens:

Les stores vénitiens sont certainement les plus romantiques des stores. Ils ont un design et une élégance propre, et jouent délicatement avec la lumière. Ils présentent l'intérêt unique d'empêcher les regards indiscrets, même à cotre jour. Impossible de voir à travers. Les stores vénitiens sont constitués de lamelles horizontales en aluminium, en bois ou en

plastique. Ils conviennent bien pour tamiser la lumière et se protéger des regards extérieurs, moins aux autres fonctions traditionnelles des stores intérieurs.

b.4.Store banne :

projeté à la perpendiculaire des façades grâce à des bras articulés. Lorsque relevés, sont stockés dans un coffret fermé en façade. Les stores bannes sont principalement utilisés dans le résidentiel et dans la restauration, afin d'ombrer ponctuellement des espaces extérieurs.

3.7.2.2.les protections fixes:

Idéalement intégrées au bâtiment, il peut s'agir d'un débord de toiture, d'une terrasse couverte, d'un auvent, d'un balcon, d'une loggia, de lames horizontales ou verticales...Les protections fixes doivent être judicieusement dimensionnées afin d'offrir une protection efficace contre les surchauffes d'été sans devenir un frein aux apports solaires hivernaux. Elles diminuent la luminosité intérieure globale l'été, ce qui peut nécessiter le recours à d'autres sources de lumière pour certaines activités. Correctement intégrées, elles peuvent aussi avoir un intérêt de valorisation architecturale d'un bâtiment.

a) Cas des casquettes :

- efficaces pour stopper le rayonnement solaire direct suivant l'orientation de vitrages au sud , mais moins pour les orientations est et ouest ;
- inefficaces pour contrôler la luminosité / éblouissement (issus des composantes réfléchies ou diffuses du rayonnement solaire), ou pour apporter de l'intimité aux occupants . Il peut donc être intéressant de les combiner à des protections solaires intérieures.

b) Cas des brise-soleils verticale :

- efficaces pour stopper le rayonnement solaire direct suivant les orientations de vitrages est et ouest .
- composés de lames montées sur un châssis fixé à la structure .
- lames souvent en aluminium ou en bois .
- possibilités de différents profils pour les brise-soleils en aluminium (rectangulaires, elliptiques, etc.) .
- réglage possible pour certains modèles .
- variante photovoltaïque , de type BIPV .
- rôle anti-effraction , dans le cas d'un placement devant les vitrages.

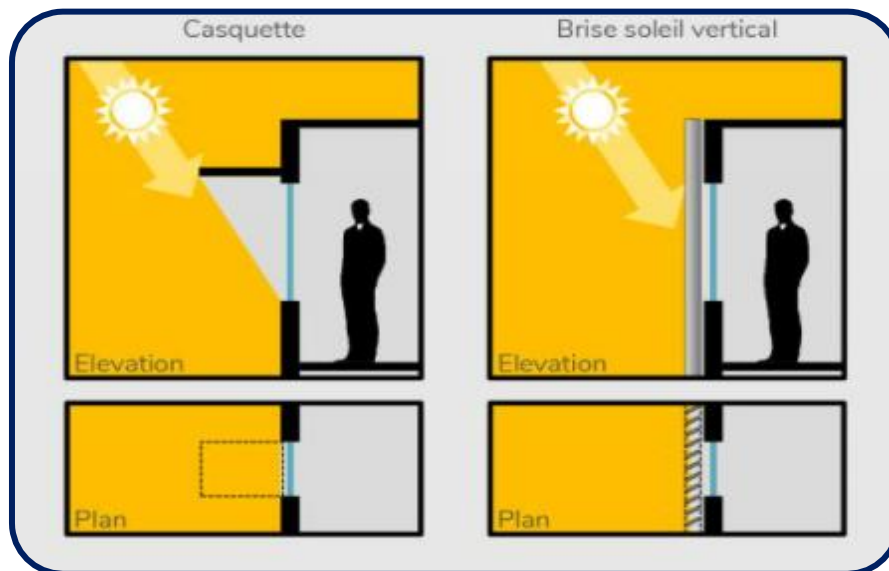


Figure 33 : les protections fixes (protection solaire extérieur structurelle).

Source : <https://www.guidebatimentdurable.brussels/fr>.

3.8. La protection végétale :

Une autre technique pour se protéger des rayons du soleil est la plantation des végétaux sous formes diverses (arbres, alignement d'arbustes, plantes grimpantes...) aux endroits appropriés, sur le toit et les plantes grimpantes sur les murs . Cela permettent d'ombrager les constructions. Ce sont les plantes qui vont absorber les rayons du soleil et non les parois de la maison Le gazon absorbe 80% du rayonnement . Elles ont l'avantage de limiter le ruissellement et de maintenir une température plus fraîche que celle de l'air ambiant.



Figure 34 : protection solaire naturel.

Source : <https://www.guidebatimentdurable.brussels/fr>.

Avec les plantes, votre maison sera vraiment intégrée au paysage. En plus certaines plantes fleurissent ou donnent des fruits.

3.9.la ventilation naturelle :

La recherche d'une capacité de ventilation naturelle efficace est une phase essentielle dans la conception bioclimatique. Cette capacité de ventilation naturelle dépend du potentiel des parois extérieures et intérieures du bâtiment à laisser circuler les flux d'air extérieur.

Lorsque cette ventilation naturelle n'assure pas une vitesse d'air suffisante au confort des occupants, elle peut alors être complétée ou remplacée par des brasseurs d'air. Face à un ventilateur, vous ressentez une sensation de fraîcheur sur la peau. C'est une des particularités que l'homme a pour refroidir son corps, c'est l'évapotranspiration.

Favorisez la ventilation à l'intérieur de la maison pour vous rafraîchir, mais pas seulement, L'homme dégage de la chaleur, surtout en activité. De plus, le matériel électroménager et audiovisuel dont vous allez vous équiper va aussi produire de la chaleur.

La ventilation naturelle permettra d'évacuer ce surplus de chaleur qui s'accumule dans la maison. Elle permettra aussi d'évacuer l'humidité et de renouveler l'air.

3.10.Isolation :

3.10.1.Définition :

Un isolant thermique est un matériau qui permet d'empêcher la chaleur ou le froid de s'échapper d'une enceinte close c'est-à-dire « barrière à chaleur ». Son contraire est un conducteur thermique. **(16)**.

3.10.2.le principe:

- L'isolation thermique du bâtiment vise à créer une enveloppe autour de la construction afin de garantir aux occupants une température confortable sans avoir à consommer beaucoup d'énergie.
- Cette technique doit protéger les habitants du froid l'hiver, et leur offrir une température suffisamment fraîche l'été.
- L'objectif est donc de limiter les transferts de chaleur entre l'intérieur et l'extérieur en utilisant des matériaux isolants, et à terme avoir un bâtiment à énergie positive. C'est pourquoi on parle de performance thermique.

3.10.3.les éléments à isoler :

Les portes, les toits, les fenêtres, les planchers et les murs extérieurs d'une construction constituent des ponts thermiques, c'est-à-dire des points de transferts de chaleur.

L'ADEME (Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie) a chiffré des pertes de chaleur dans une habitation non isolée :

- 25 à 30% : par le toit,
- 20 à 25% : par les murs, les zones de renouvellement d'air et les fuites,
- 10 à 15% : par les fenêtres,
- 7 à 10% : par les planchers bas,
- 5 à 10% : par les ponts thermiques au niveau du sol.

donc, sur ces points qu'on doit se concentrer l'isolation thermique et dans l'idéal, une maison bien isolée conserve la chaleur en hiver et la fraîcheur en été.

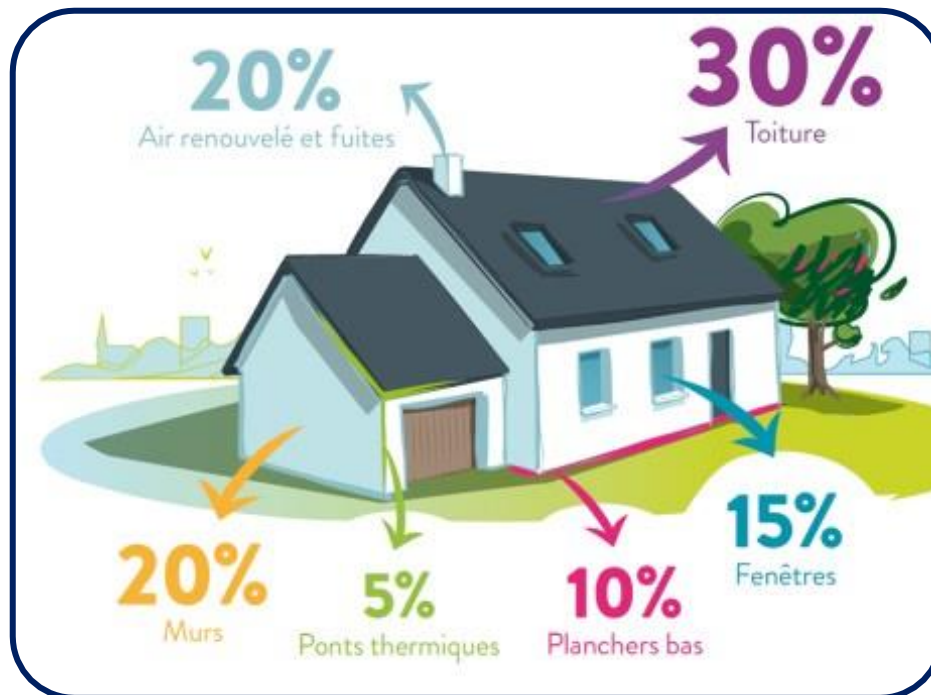


Figure 35 : les sept points essentiels à isoler.

Source : <https://alpisorenov.fr>.

3.10.4. Des méthodes spécifiques selon l'endroit à isoler:

Les techniques d'isolation thermique s'adaptent à la localisation de la partie du domicile à isoler (16).

a). L'isolation des murs:

Pour les murs, on peut isoler par l'intérieur ou l'extérieur :

- **Isolation thermique par l'intérieur** : installation de panneaux isolants avec parements extérieurs ou projection de matériaux éventuellement enfermés dans des coffrages
- **Isolation par l'extérieur** : sous bardage (installé dans une ossature en bois, l'isolant est fixé au mur puis recouvert de lames), sous enduit (fixé sur la façade, l'isolant est

recouvert d'une ou de deux couches d'enduit) ou sous vêtue (des panneaux comprenant isolant et parements sont fixés sur le mur extérieur).

b).L'isolation du plafond:

Concernant le plafond, l'isolant dépend du type de plafond :

- **suspendu ou faux-plafond** : on comble le vide entre le plafond et le faux-plafond par un isolant mince ou plusieurs couches d'isolants épais collées au plafond,
- **collé ou tendu** : on applique une couche d'isolant mince sur le plafond existant et on la recouvre avec un revêtement décoratif ou une toile en PVC thermo-extensible.

c).L'isolation de la toiture:

L'isolation peut concerner des combles perdus ou des combles aménagés.

Pour l'isolation des combles perdus, deux techniques sont utilisées :

- souffler des isolants,
- installer des panneaux ou des rouleaux d'isolants sur le plancher.

d).L'isolation des planchers bas:

Pour l'isolation des planchers bas, la méthode d'isolation dépend de la structure de la construction :

- **sur terre-plein** : installation d'une dalle simple, d'un double dallage désolidarisé, d'un plancher à entrevous ou isolation périphérique allant jusqu'aux fondations
- **sur vide sanitaire** : on place une dalle flottante, une dalle simple ou un plancher en béton en-dessous du sol de l'habitation et au-dessus du vide sanitaire
- **sur sous-sol non chauffé (garage, cave...)** : on fixe des plaques d'isolant au niveau du plafond du sous-sol

e).L'isolation des toitures-terrasses:

Concernant les toits-terrasses, l'isolation est réalisée uniquement par l'extérieur :

- **toits végétalisés** : le support est recouvert par deux couches isolantes supportant une importante épaisseur de terre
- **autres toits-terrasses** : on installe sur l'élément porteur (généralement en béton) un support, une couche d'étanchéité puis l'isolant. On peut aussi placer l'isolant sous le revêtement étanche et on ajoute alors un pare-vapeur sur le béton.

f). les fenêtres isolants :

f.1.La menuiserie : Le cadre :

Le bois, le PVC et l'aluminium constituent les matériaux les plus courants sur le marché. Outre l'esthétisme, il convient de prendre en compte les avantages proposés par ces différentes solutions.

- Les fenêtres en bois offrent une très bonne performance d'isolation. Ce matériau naturel et durable a aussi l'avantage d'être entièrement personnalisable.
- Les fenêtres en PVC assurent une isolation optimale et ne nécessitent que très peu d'entretien. Ce sont généralement les fenêtres les plus abordables
- Les fenêtres en aluminium sont les plus résistantes et ont une durée de vie très importante. Elles offrent aujourd'hui une grande conductivité thermique.

f.2.Le vitrage :

Le choix du vitrage est essentiel car il représente la plus grande surface en contact avec l'extérieur. Ses performances thermiques jouent un grand rôle sur la qualité de la fenêtre, Où il limite les déperditions d'énergie en hiver et les entrées de chaleur en été.. Des solutions plus performantes que le simple vitrage sont disponibles :

- le double vitrage classique, constitué par deux vitres séparées par une lame d'air (parfois remplacée par des gaz inertes - argon ou krypton). Il permet de réduire l'effet de paroi froide, la condensation et les pertes d'énergie à travers le vitrage. C'est le vitrage le plus couramment utilisé, mais ce n'est pas le plus performant d'un point de vue de l'isolation thermique.
- le vitrage à isolation renforcée (VIR) dispose d'une lame, composée de gaz argon, entre deux couches de verre. Ce traitement crée un bouclier thermique grâce à une fine couche de métal ou d'oxydes métalliques déposée sur le vitrage. Ce système est 2 à 3 fois plus performant qu'un double vitrage classique.
- le triple vitrage classique constitué de trois verres emprisonnant deux lames de gaz inertes (argon ou krypton) entre eux. C'est largement le plus isolant puisqu'il se compose de trois couches de verre. Cependant, il ne peut pas être installé sur tous les cadres de fenêtres. Autre désavantage, il réduit les apports de chaleur solaire.

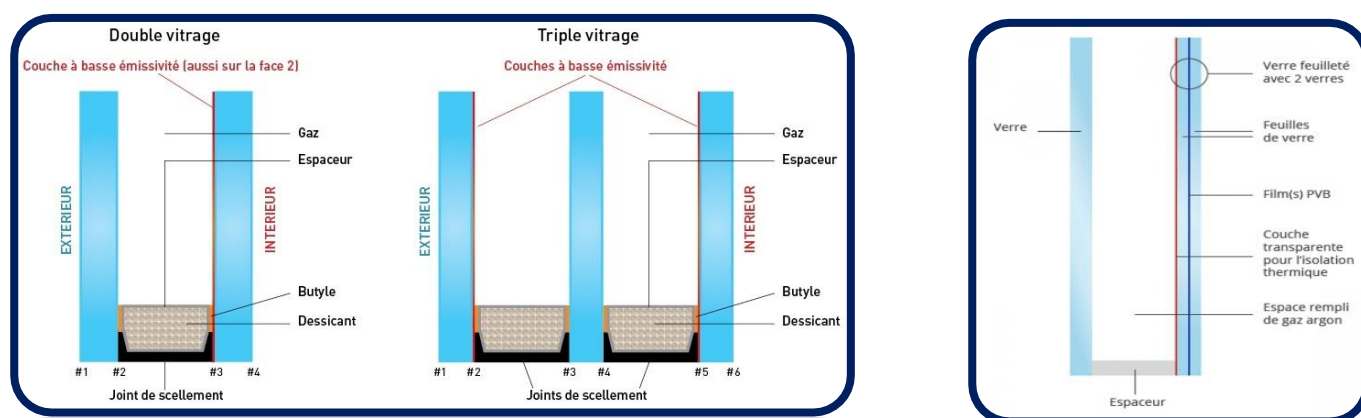


Figure 36 : le choix essentiel du vitrage.

Source : <https://www.xn--univ-fentres-veb.fr>.

3.10.5. Les différentes catégories d'isolants:

La qualité de l'isolation thermique va dépendre fortement de l'isolant utilisé. Les isolants sont classifiés en 5 groupes :

- les isolants minéraux (verre cellulaire, laine de verre ou de roche, perlite, vermiculite...).
- les isolants synthétiques (polystyrène, polyuréthane...).
- les isolants naturels d'origine végétale (bois, chanvre, lin, ouate de cellulose...) animale (laine de mouton, plumes de canard...).
- les thermo-rélecteurs ou isolants minces.
- les isolants dits de « nouvelle génération » (brique « monomur », panneaux d'isolants sous vide ou PIV...).

Selon la partie de l'habitation à isoler, certains matériaux sont plus adaptés que d'autres :

- **murs** : verre cellulaire, laine de roche, laine de verre, polystyrène, isolants minces, fibres de bois, chanvre, fibres de lin, ouate de cellulose, PIV, brique « monomur », laine de mouton.
- **plafonds** : perlite, laine de verre, plumes de canard, laine de mouton, polyuréthane, polystyrène.
- **toitures, combles** : perlite, laine de roche, laine de verre, vermiculite, polystyrène, isolants minces, fibres de bois, chanvre, fibres de lin, plumes de canard, ouate de cellulose, laine de mouton.
- **sols** : polystyrène, isolants minces, fibres de bois, chanvre, fibres de lin, plumes de canard, ouate de cellulose.
- **toits-terrasses** : verre cellulaire, laine de roche ou de verre, polyuréthane, polystyrène, perlite, couverture végétalisée.

3.11. panneau solaire photovoltaïque :

le panneau photovoltaïque est une technologie remarquable qui transforme le rayonnement lumineux en électricité. L'effet photovoltaïque a été découvert en 1839 par le physicien français Alexandre-Edmond Becquerel.

De manière courante, ces panneaux solaires sont installés sur le pan de toiture le plus au sud du bâtiment pour optimiser la production d'énergie. Ils peuvent être à la structure du bâtiment en toiture, en façade ou en brise-soleil.

le photovoltaïque intégré au bâtiment doit s'inscrire dans une intégration architecturale et fonctionnelle : il est ainsi conseillé d'anticiper l'intégration du système dès la conception du bâtiment et/ou de l'installation photovoltaïque. Enfin, il est important de prendre en compte les capacités électriques du réseau à proximité et d'anticiper certaines contraintes, en suivant les préconisations pour une intégration optimale au réseau électrique.

L'énergie photovoltaïque donne une nouvelle perspective aux bâtiments : grand consommateur d'énergie (**40% de la consommation d'énergie totale**), il devient, grâce à cette technologie, producteur d'énergie.

Schématiquement, l'électricité est produite par les cellules photovoltaïques fabriquées avec des matériaux semi-conducteurs principalement produits à partir de silicium. Ces matériaux émettent des électrons lorsqu'ils sont soumis à l'action de la lumière. donc, elles transforment l'énergie solaire -un photon de lumière incidente permet sous certaines circonstances de mettre en mouvement un électron- en courant continu, puis transformée en courant alternatif par un petit appareil électronique appelé onduleur ensuite aux appareils électriques du bâtiment (lampe, machine-à-lavée,...)

Le bâtiment, sera un enveloppe passive et deviendra actif et producteur d'énergie.(17).

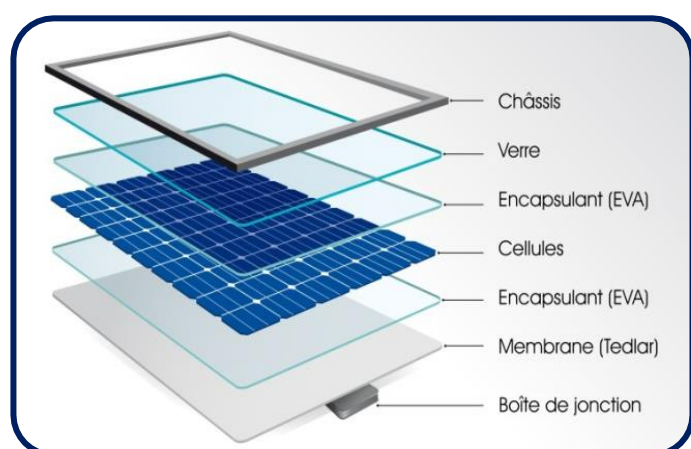


Figure 37 : la composition d'un panneau solaire.

Source : <https://www.jade-technologie.com>.

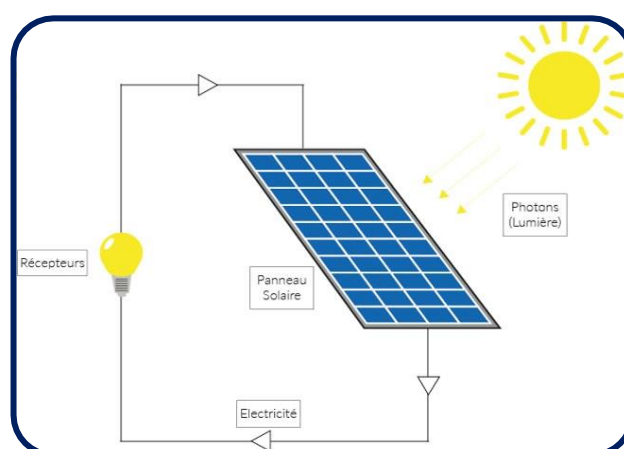


Figure 38 : le fonctionnement d'un panneau solaire.

Source : <https://www.hellowatt.fr>.

3.12. Les toitures végétalisées :18

Etant donné que l'assèchement du climat urbain est une réalité, les températures s'élèvent de 4 à 6° intra muros, que les eaux de pluie s'écoulent trop rapidement, la végétalisation des toitures est susceptible d'être l'une des solutions destinées à freiner l'augmentation de la pollution et à adoucir le climat urbain. Etant donné qu'une bonne proportion des eaux de pluie restent sur les toitures végétalisées extensives.

Les toitures végétalisées améliorent le confort thermique des villes, car elles récréent des zones d'évapotranspiration et d'humidification de l'air dans les villes qui sont devenues des îlots de chaleur, dont la température ne cesse d'augmenter. En moyenne, les toitures classiques représentent 30 % des déperditions de chaleur d'un bâtiment. La toiture végétalisée extensive permet de pallier le déficit. Elle constitue une stratégie bioclimatique idéale en associant sur le même toit protection solaire, inertie thermique et isolation acoustique. Par ailleurs, du fait de leur faible poids, les toitures végétalisées extensives sont particulièrement bien adaptées aux réhabilitations. Reste à déterminer la superficie nécessaire pour que cette technologie ait une action efficace et mesurable, la performance des toitures végétalisées extensives variant en fonction de la nature du substrat, de sa pose et des conditions climatiques.(18).



Figure 39 : toiture végétalisée.

Source : <https://www.toit-vegetalise.fr>.



Figure 40 : le rôle de la toiture végétalisée.

Source : <https://www.toit-vegetalise.fr>.

3.13. La gestion de l'eau :

En ville ou ailleurs, il y a toujours moyen de trouver des solutions pour gérer efficacement les différents systèmes de gestion des eaux de pluie et usées (récupération de l'eau de pluie, épuration, lagunage...) . Le bénéfice est immédiat : diminution de la facture d'eau, amélioration de la santé, plus d'autonomie ou encore un plus beau jardin.

- concernant la répartition des eaux potables, on peut avoir un robinet d'eau potable hautement filtrée, réservée uniquement à la consommation
- on peut utiliser ces eaux pour les rendre au sol plus pures qu'à la récolte: Une fois que l'on a fait usage de l'eau pour différentes fonctions dans l'habitat, en produisant des eaux grises et des eaux noires, il s'agit de pouvoir la rendre au sol la plus pure possible. Les eaux grises, résultant du nettoyage des vêtements et du corps avec des produits biodégradables et non toxiques pour l'environnement, peuvent être récupérées comme fertilisant pour les plantes en leur offrant chaleur et engrais. Elles filtreront cette eau, en plus d'offrir en échange, des plantes, des fruits et légumes. Pour la gestion des eaux noires, il est possible de faire usage d'une toilette compostable, qui permet de recycler les matières récupérées afin d'offrir un compost de choix à son jardin, sa forêt nourricière ou son aménagement paysager en permaculture extérieure. **(19)**.

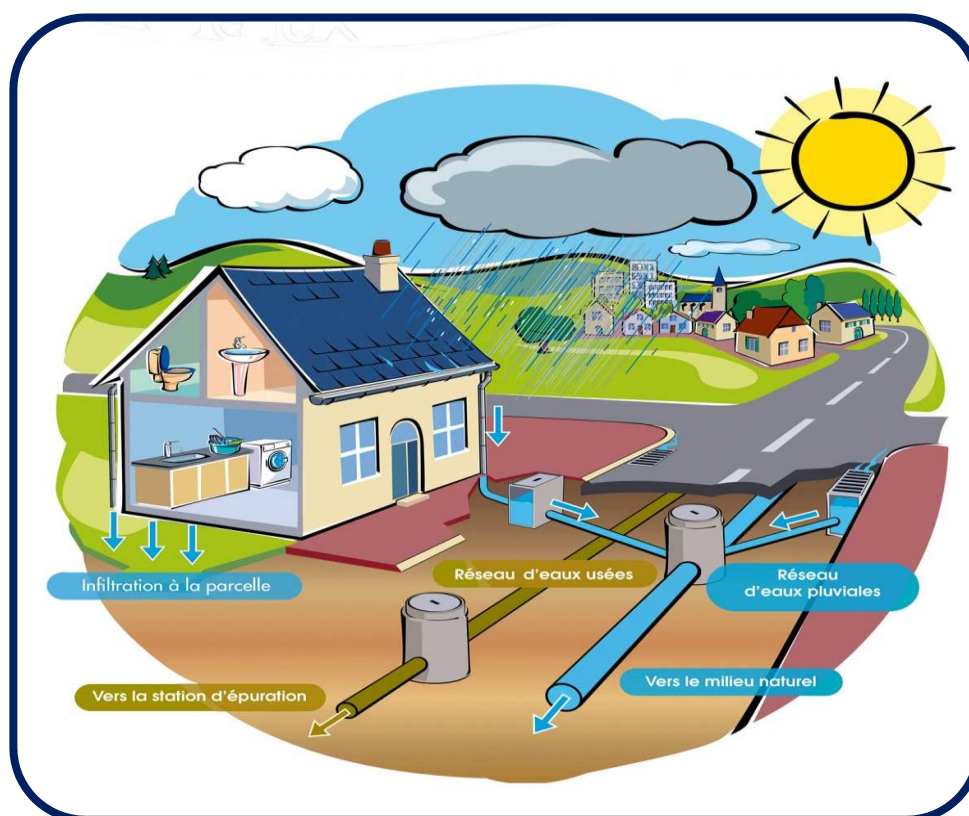


Figure 41 : le recyclage des eaux usées et pluviales.

Source : <https://www.etalans.com>.

4. Conclusion :

l'habitat bioclimatique est conçue de manière pour permettre aux occupants de bénéficier des avantages naturels de son emplacement. Il en résulte un confort thermique maximal et des économies d'énergie. Ce type d'habitation protège deux chose essentiels sont à la fois notre portefeuille et le climat de notre planète. Aujourd'hui, le pétrole, l'électricité et le gaz coûtent de plus en plus cher. donc, on opte pour la construction des habitat qui consomment peu d'énergie et de manière innovante C'est un investissement qui sur valorise le bien et le différencie en cas de revente et coutent aussi plus cher mais il reste sur du long terme . C'est aussi un investissement pour l'environnement, pour nos enfants et comme le dit la formule « pour les générations futures ».

chapite 6 : le projet

Analyse de site :

Plan de situation :



Le terrain

Figure 42 : vue satilaire du site .

les points de

repaire:

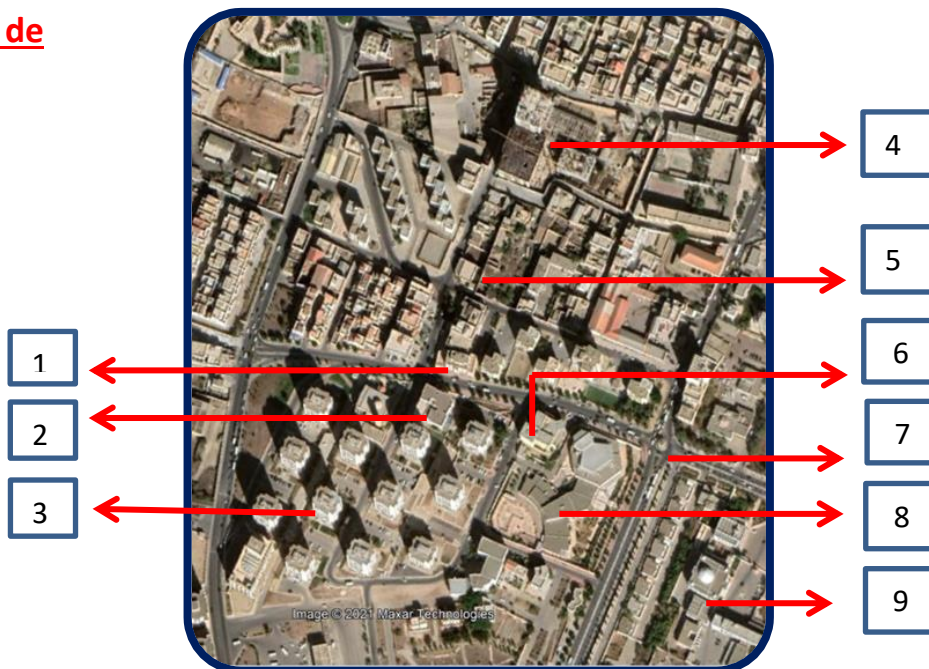


Figure 43 : vue satilaire du fragement étudié.



Figure 44 : Ministère des affaires religieuses et des Dotation.



Figure 45 : la bibliothèque principale pour la lecture publique.



Figure 46 : 400 logements.



Figure 47 : centre commercial.



Figure 48 : le terrain.



Figure 49 : maison de culture Ould abderahmane Kaki.



Figure 50 : la banque BDL.



Figure 51 : Rond point .



Figure 52 : siège de la wilaya de Mostaganem.

La morphologie du terrain :



Figure 53 : vue satitaire pla de masse .



Figure 54 : les dimension du terrain.

La surface du terrain : 4150 m².

Les coupes :



Figure 55 : coupe transversale.



Figure 56 : Coupe longitudinale.

La trame d'ilot :



Trame régulière.

Trame irrégulière.

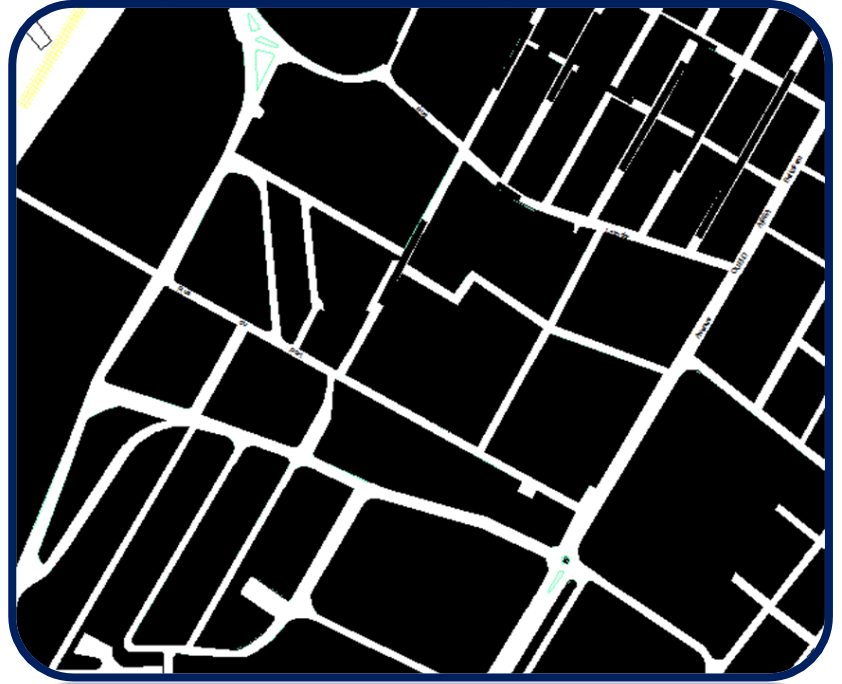


Figure 57 : les différent trames d'ilot.

la trame viaire :



Trame quadrillé

Trame en boucle

Trame arborescent



Figure 58 : les différents trame viaires.

la circulation :

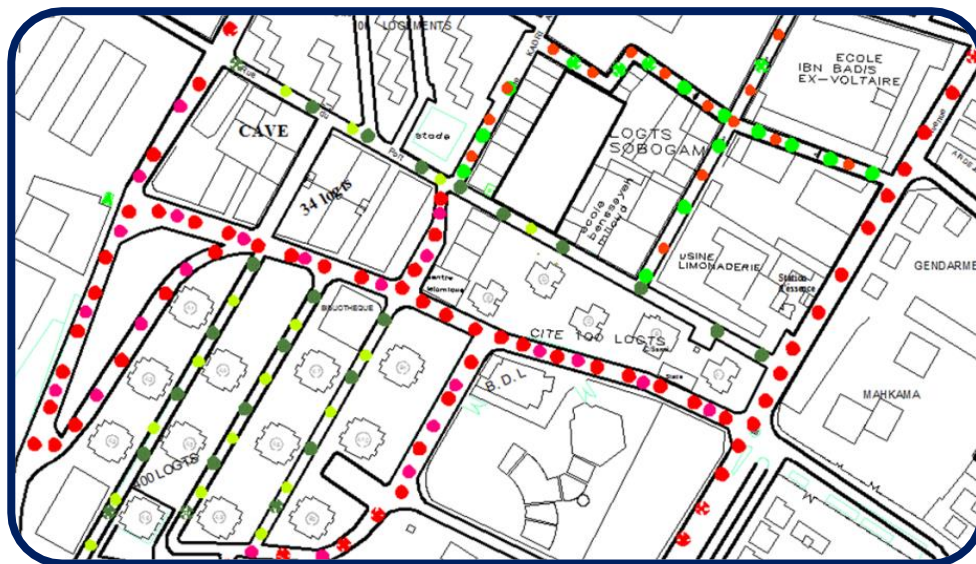


Figure 59 : les différents types de circulation .

Légende :

- circulation mécanique forte
- circulation mécanique moyenne
- circulation mécanique faible
- circulation piétonne forte
- circulation piétonne moyenne
- circulation piétonne faible

Etat des hauteurs :

Légende :

- RDC
- R+1
- R+2
- R+3
- R+4
- R+5
- R+9

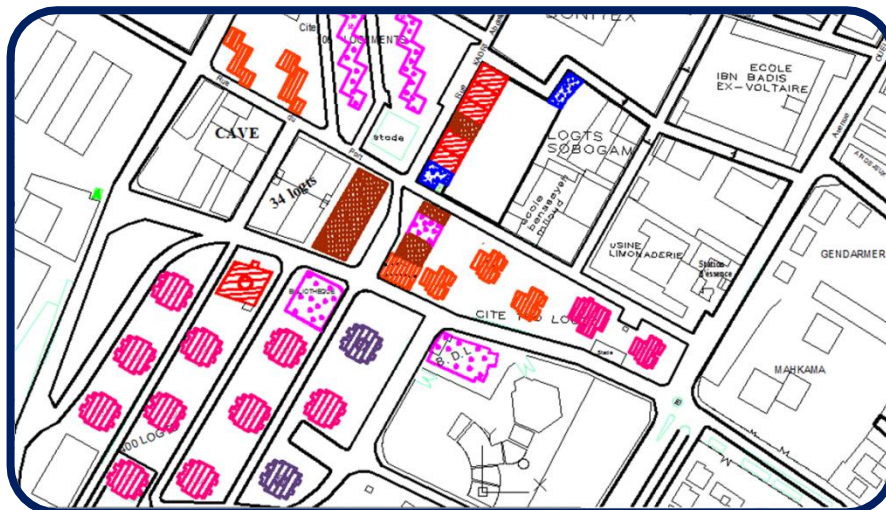


Figure 60 : les différents hauteurs.

Etat de fonction :



Figure 61 : les différentes fonctions .

Légende :

- | | |
|--|--|
|  logements collectif |  équipement industriel |
|  logement individuel |  équipement culturel |
|  équipement éducatif |  équipement commercial |
|  équipement religieux |  équipement service |
| |  équipement pour la gendarmerie |

Les thématique :

Exemple1 :Bosco Verticale de Boeri Studio

Fiche technique :

- **Architectes:** Boeri Studio (Stefano Boeri, Gianandrea Barreca, Giovanni La Varra).
- **Fonction:** Complexe Résidentiel.
- **An:** 2014.
- **Fabricants:** ECLISSE , AGB , Campolonghi , Cotto d'Este , Kone , Vimar , proMesh , CYMISA.
- **lieu:** milan, Italie.
- **surface construite:** environ 50.000 m2.

description:

- Le bâtiment Bosco Verticale est un modèle de bâtiment résidentiel durable qui a été inauguré en octobre 2014 et construit dans le centre de la ville de Milan qui est situé dans le quartier Isola.
- La conception de ce complexe est composée de deux tours vertes de 80 et 112 mètres de hauteur à haute densité abritant 900 arbres et arbrisseaux, 5.000 arbustes, 11.000 plantes vivaces au sol.
- En plus de ses 22 000 résidences, les tours à usage mixte comprennent également 69 000 pieds carrés de bureaux et 650 espaces commerciaux.(20).

L'objectif:

Milan est l'une des villes les plus polluées au monde donc Boeri Studio réalise le projet Bosco Verticale qui:

- vise à atténuer certains des dommages environnementaux infligés à la ville par l'urbanisation.
- cherche la coexistence entre l'environnement naturel et les villes contemporaines.

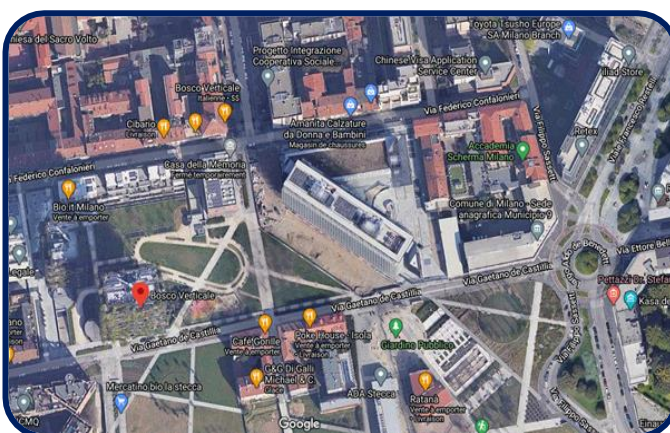


Figure 62 : plan de masse du projet.

Source : <https://www.archdaily.com>.



Figure 63 : la forme du projet.

Source : <https://www.archdaily.com>.

- Le projet entend minimiser l'expansion du tissu urbain établi vers des espaces verts supplémentaires.
- ce projet de reboisement métropolitain contribue à la régénération de l'environnement et de la biodiversité urbaine sans impliquer d'étendre la ville sur le territoire.

Le rôle de la végétation:

- La forêt verticale aide à construire un microclimat
- Le confort est amélioré dans tout le bâtiment car La diversité des plantes permet:

En été: elle fournit de l'ombre et protège du rayonnement solaire direct.

En hiver: les arbres dénudés permettent de l'entrée de la

Elle fournit une protection contre le vent.

Elle produit de l'humidité.

Elle capture et filtre les petites particules de poussière.

Elle absorbe le CO_2 et produit l'oxygène.

Elle réduit de la pollution acoustique.

Elle réduit le besoin de chauffer et de refroidir mécaniquement les appartements de la tour.

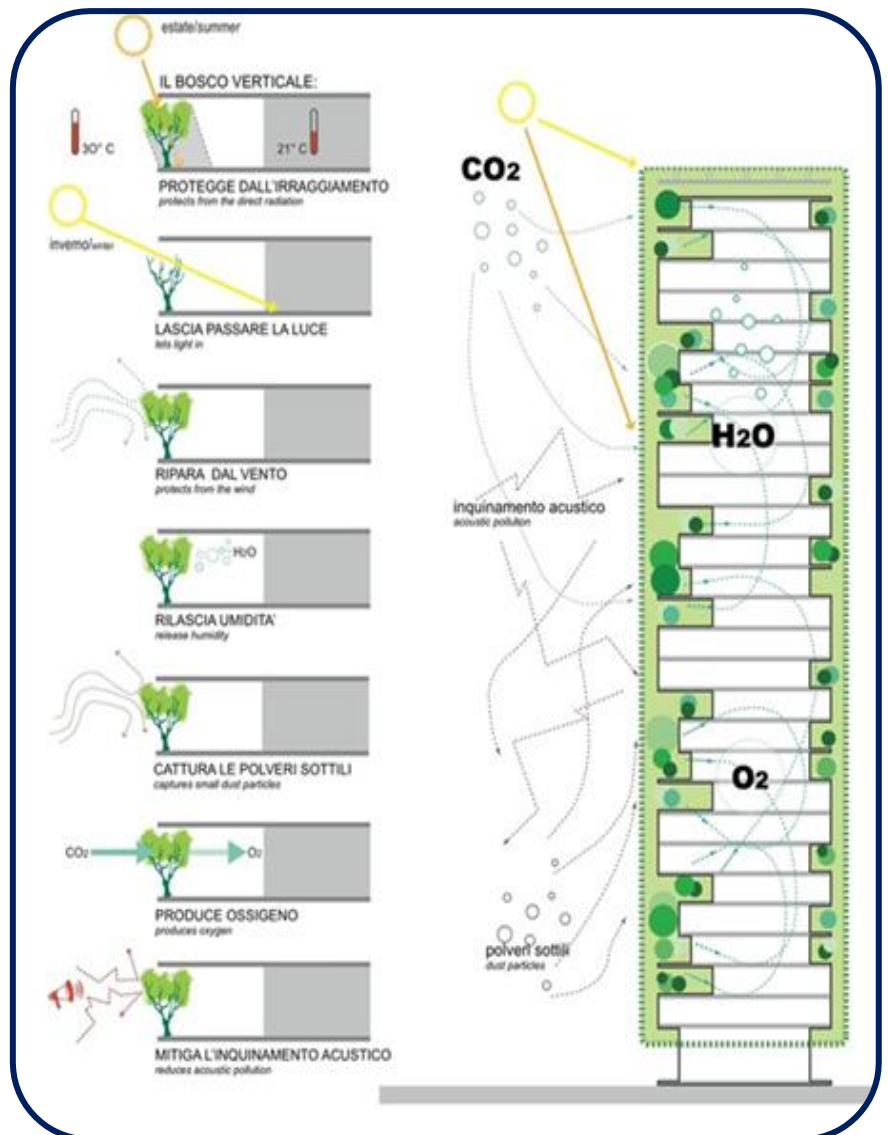
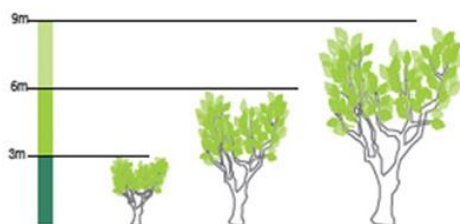


Figure 64 : l'intérêt de la végétation.

Source : <https://www.archdaily.com>.

Les arbres:

- les plantes sont le fruit de trois années d'études par d'un groupe de botanistes et d'éthologues pour décider quels arbres seraient les plus appropriés pour les bâtiments et le climat.
- ces plantes ont été pré-cultivées dans une pépinière afin de s'habituer à des conditions similaires à celles qu'elles trouveront sur les balcons.
- Les diverses espèces d'arbres et leur répartition ont été choisies en fonction de critères (formels, esthétiques, l'orientation).



a. Vert verticale: Créer un réseaux de plante de niveaux différents augmentant la fonctionnalité écologique verticale.



b. vert horizontal: diversification et floraison.



c. vert vertical: effet forêt, ombrage.

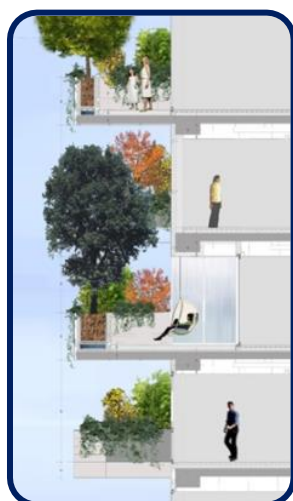


Figure 66 : la disposition des arbres.

Source : <https://www.archdaily.com>.



Figure 65 : les arbres utilisée dans le projet.

Source : <https://www.archdaily.com>.

- Chaque appartement disposera un jardin personnel qui protège l'espace de vie intérieur .
- Chacun des arbres est identifié par une séquence de deux lettres correspondant à son nom scientifique, suivies du numéro de l'étage et de sa position.

- La diversité des plantes et la variation des feuillages au fil des saisons créent un effet de polychromie calculé.

En règle générale:

- les espèces à feuillage persistant sont situées sur le côté sud.
- les espèces à feuilles caduques sont au nord et à l'ouest.
- à l'est dominent les tonalités fraîches et printanières.



Figure 67 : la diversité des plante au fil des saisons.

Source : <https://www.archdaily.com>.

Système d'hydratation et d'irrigation:

1. Suite à des études micro-météorologiques, le calcul des besoins d'irrigation
 - a été réalisé en examinant les caractéristiques climatiques
 - et a été diversifié en fonction
 - ✓ de l'exposition de chaque façade
 - ✓ de la répartition de la végétation à chaque étage.
2. L'irrigation des arbres se fait par un système centralisé d'irrigation goutte à goutte en utilisant l'eau récupérée des eaux grises "des eaux usées domestiques faiblement polluées par exemple :
 - ✓ les eau d'évacuation d'une douche ou d'un lavabo
 - ✓ les eaux pluvial
3. ces eaux sont filtrées et réutilisées et qui sont produits par le système de climatisation du bâtiment ou provenant d'un aquifère.
4. Une fois accumulée dans une citerne, l'eau s'écoule à travers un réseau de tuyaux d'irrigation.
5. L'écoulement de l'eau est bloqué automatiquement lorsque la température est inférieure à 0 ° C.

6. L'approvisionnement en eau des plantes s'effectue au moyen d'une valve, d'un régulateur de pression et d'une unité de filtrage.
7. L'irrigation, à commande électrique, prend en compte le besoin de chaque plante, chacune des valves étant indépendante et réglée pour garantir un débit d'eau idéal.

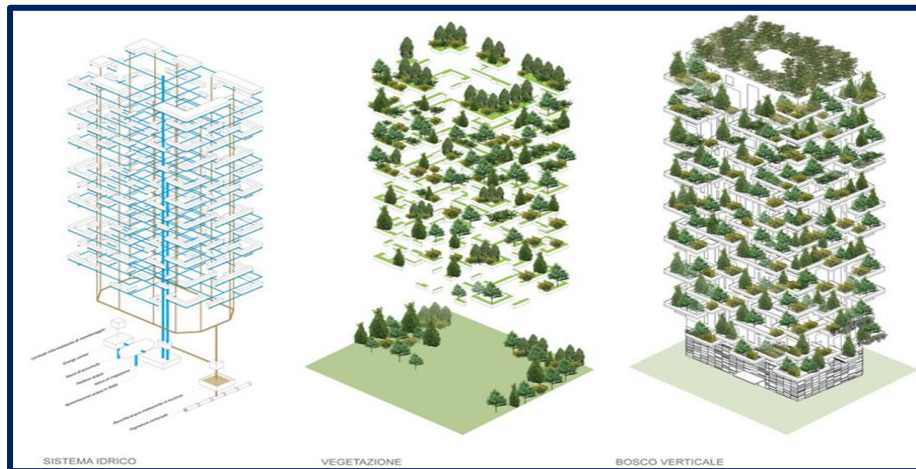


Figure 68 : le système de recyclage des eaux pluviales.

Source : <https://www.archdaily.com>.

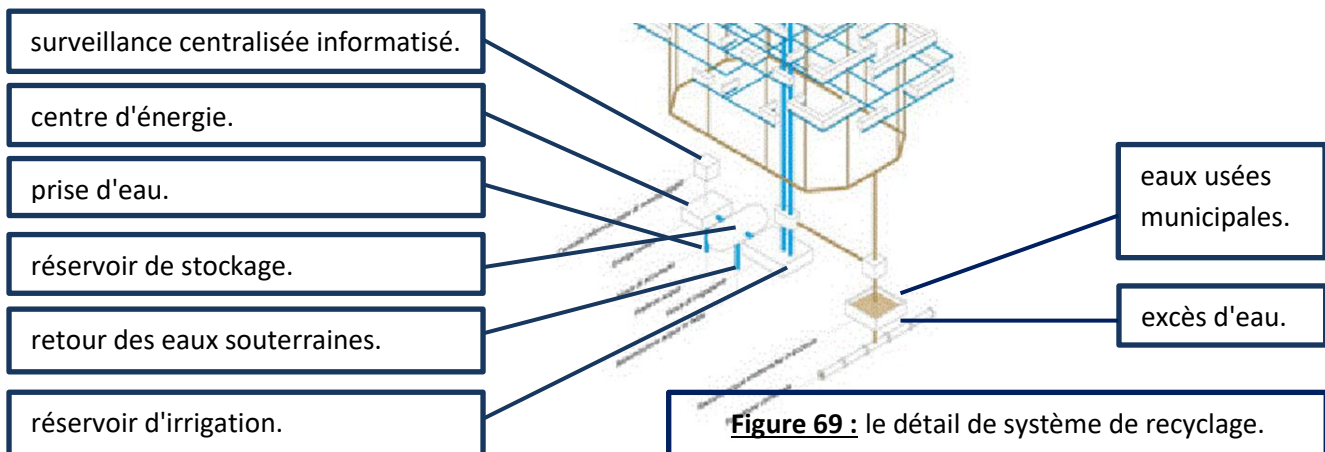


Figure 69 : le détail de système de recyclage.

Source : <https://www.archdaily.com>.



Figure 70 : les photovoltaïques.

Source : <https://www.archdaily.com>.

- le projet a recours à diverses énergies vertes : les panneaux solaires photovoltaïques qui se situe au niveau de toit et de la géothermie fournissent le courant électrique.
- des panneaux solaires thermiques serviront au chauffage de l'eau sanitaire et l'eau de pluie tout comme les eaux grises sont recueillies et filtrées pour l'arrosage des végétaux.

Exemple 02 :48 logements BBC Clichy-sous-Bois (93)

fiche technique:

- **Adresse :** 6-10 avenue Jean Moulin (îlot E2), ZAC de la Dhuis,93 390 Clichy-sous-Bois.
- **Architectes:** Atelier Tarabusi.
- **surface:** 4750 m².
- **Livraison :** le 25 mars 2011.

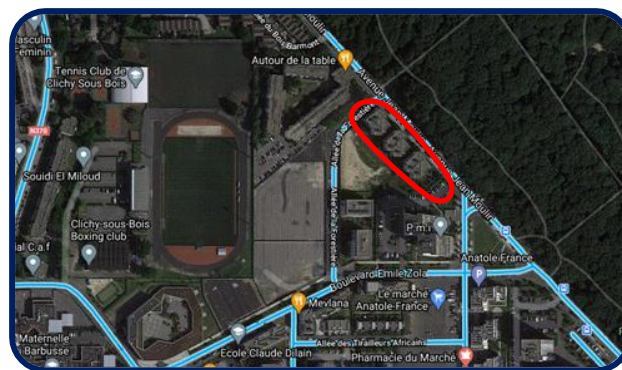


Figure 71 : plan de masse du projet.

Source : <http://www.caue-observatoire.fr>.

descriptif:

- Le site du projet se situe à Clichy-sous-Bois
- Le site présente de grands contrastes
 - ✓ d'un côté des grands blocs communaux construits dans les années 60.
 - ✓ de l'autre côté la forêt de Bondy.
- Le site du projet se situe précisément à la limite entre ces deux, la forêt et les îlots communaux, le projet intégré dans celui-ci crée un lien fort entre la ville et la terre sauvage.
- La forêt filtre le site à travers les espaces vides créés par: les démolitions de bâtiments générant une transition progressive entre l'environnement bâti et vert.(21).

L'orientation:

Les trois blocs ont une double orientation :

- Orientation nord : afin que les habitants profitent au maximum de la vue sur la forêt devant leurs appartements.
- Orientation sud : pour profiter au maximum de la lumière naturelle du soleil.

Les façades:

La façade nord :

- La façade sur l'avenue Jean Moulin présente un jeu de peirciennes(des panneaux).
- Ces panneaux animent la façade par un jeu de couleurs choisies en référence à la forêt : un camaïeu allant du jaune au vert.



Figure 72: l'orientation des volumes du projet.

Source : <http://www.caue-observatoire.fr>.

- Les panneaux assurent la protection solaire et sont un pare-bruits pour les façades exposées.
- Les lames des panneaux ont des angles différents, afin de garantir un éclairage maximal dans les pièces même en situation de surchauffe.
- Elles sont fermées sur les pièces de nuit pour garantir le noir total dans les chambres.
- Cette variété crée en façade une vibration accentuée par les différentes couleurs.



Figure 73 : façade nord.

Source : <http://www.caue-observatoire.fr>.

La façade sud :

- les loggias de 2,20 m agissent comme brise-soleil sur les ouvertures de l'étage inférieur.
- Des panneaux solaires sont disposés en toiture.
- Les façades captent et stock le rayonnement solaire dans les éléments structurels en Béton Armé , ce qui permettent de réduire les déperditions thermiques.
- Pour éviter la surchauffe durant les périodes estivales, les ouvertures possèdent des protections solaires adaptées aux différentes orientations, notamment des panneaux coulissants brise-soleil sur les façades est et ouest.



Façade 74 : façade sud.

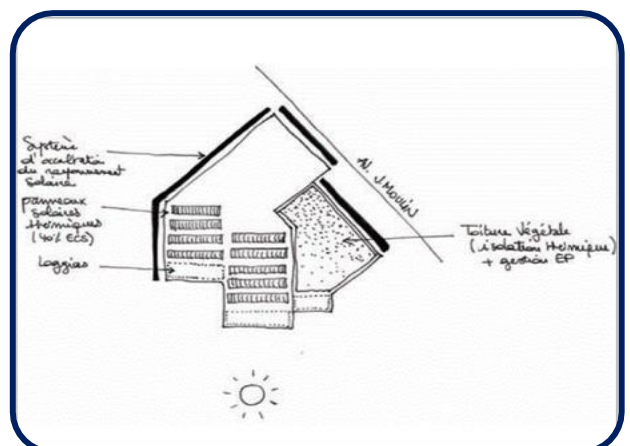
Source : <http://www.caue-observatoire.fr>.

Isolation:

- Le choix de l'isolation par l'intérieur (ITI) s'explique aussi par rapport au site et notamment les risques de dégradation qui y existent.

Acoustique:

- L'opération a suivi les certifications Habitat et Environnement (H et E de 2005) et Cerqual pour l'isolation acoustique .
- ces prescriptions vont plus loin que la réglementation acoustique traditionnelle



Façade 75: l'isolation du projet.

Source : <http://www.caue-observatoire.fr>.

Chauffage solaire:

- Une installation de chauffage sanitaire a été mise en place pour couvrir environ 40% de la consommation sur les critères de la RT2005.
- Une telle installation doit être justifiée par une étude qui valide son utilisation ; un mauvais retour d'expérience, du fait d'un choix inadapté, ne pourrait qu'être que contre-productif, aussi bien pour la filière que pour le bâtiment qui y a recours.
- Les masques:

L'implantation des plots sur la parcelle a été déterminée par l'étude des masques et particulièrement par les ombres portées des deux gratte-ciels (R+16), au sud-est de l'îlot.

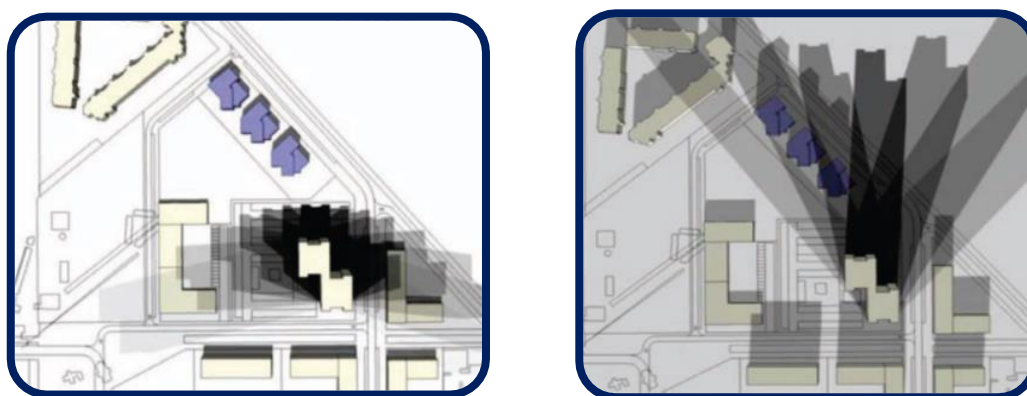


Figure 76 : les masques.

Source : <http://www.caue-observatoire.fr>.

Les plans :



Figure 77 : la distribution des plans .

Source : <http://www.caue-observatoire.fr>.

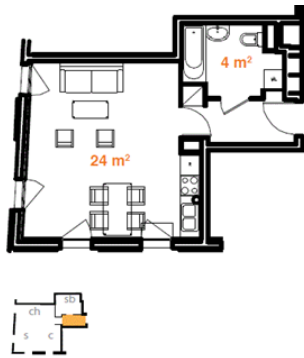


Figure 78 : F1, bâtiment nord, R+1 à R+2, orienté ouest.

Source : <http://www.caue-observatoire.fr>.



Figure 79 : F2, bâtiment central et sud, R+1 à R+4, orienté sud, avec loggia.

Source : <http://www.caue-observatoire.fr>.

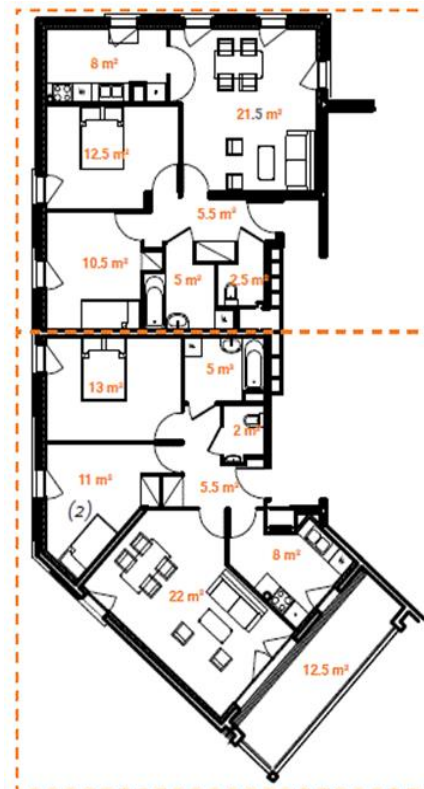


Figure 82 : F3, bâtiment 2, RDC à R+2, orienté nord et ouest, vue sur la forêt. F3, Bâtiment central et sud, RDC à R+3, orienté sud, avec loggia.

Source : <http://www.caue-observatoire.fr>.

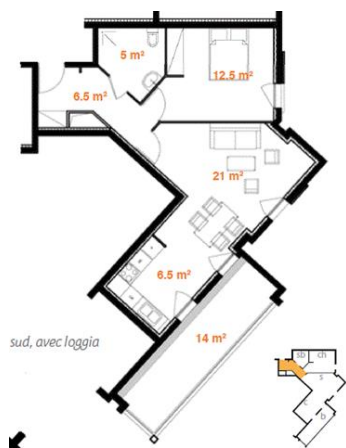


Figure 80 : F2, bâtiment nord, RDC, orienté sud, avec terrasse

source : <http://www.caue-observatoire.fr>.



Figure 81 : F4, bâtiment 1, orienté nord et ouest, vue sur la forêt et sur rue.

Source : <http://www.caue-observatoire.fr>.

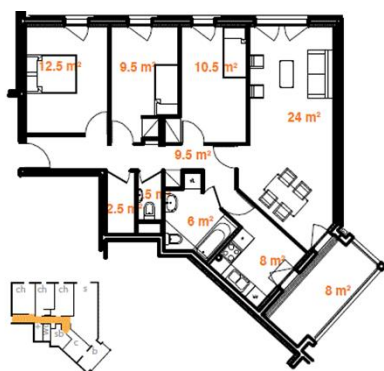


Figure 83 : F4, tous bâtiments, orienté sud et nord, vue sur la forêt avec loggia.

Source : <http://www.caue-observatoire.fr>.

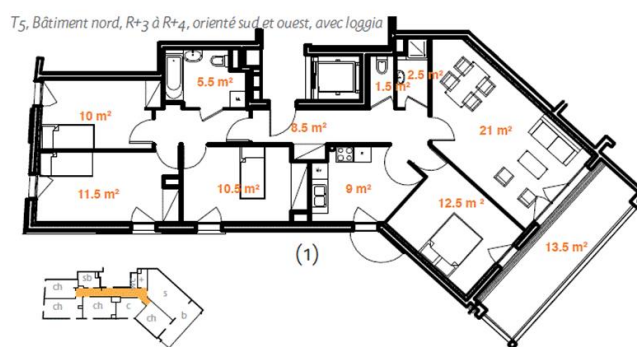


Figure 84 : F5, Bâtiment nord, R+3 à R+4, orienté sud et ouest, avec loggia.

Source : <http://www.caue-observatoire.fr>.

Exemple 03 : Le projet dos à dos

Fiche technique :

- Lieu : Zac Léon Blum, Issy les Moulineaux (92)
- Programme mixte : 111 logements collectifs + 1 école maternelle en superposition
- Surface : 10 756 m² .
- Maîtrise d'œuvre : Jean Bocabeille Architecte, mandataire / Khephren (structure) / Franck Boutté (Thermique fluides et HQE) / Mazet (eco) / Acoustique Vividé & Associés
- Performances : Biosourcé 3, Effinergie+, HQE NF Habitat 6*



Figure 85 : façade principale du projet.

Source : <https://bfv.team/fr>.

Description du projet :

1. le projet est en figure en U .
2. il présente une superposition de deux programmes:
 - école maternelle en socle + 111 logements en superposition .
3. ce dernier présente deux problématiques:
 - Le confort acoustique des habitants d'une part.
 - voire surtout, la sécurité des enfants.

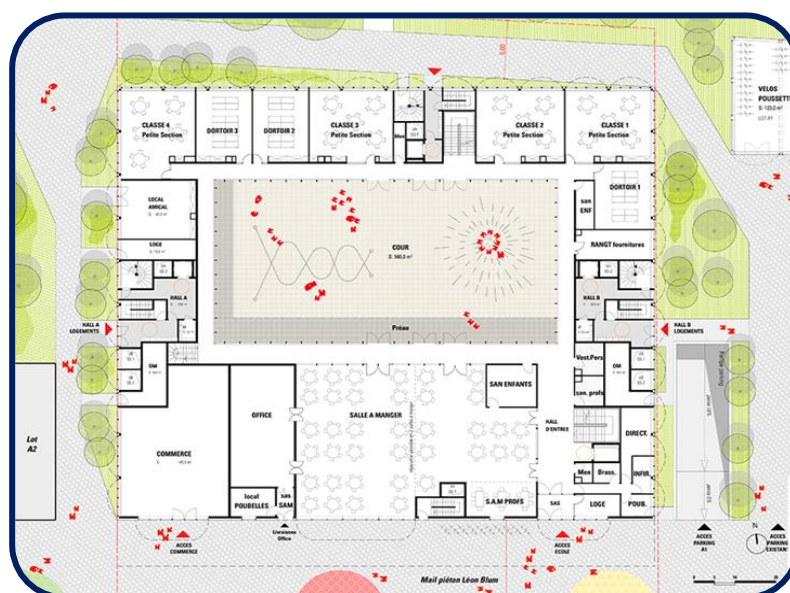
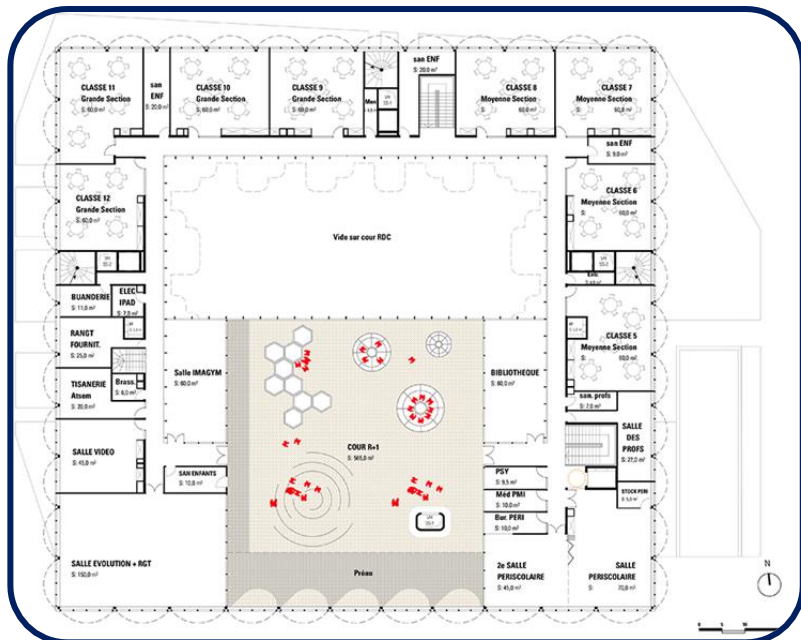


Figure 86 : plan de RDC.

Source : <https://bfv.team/fr>.

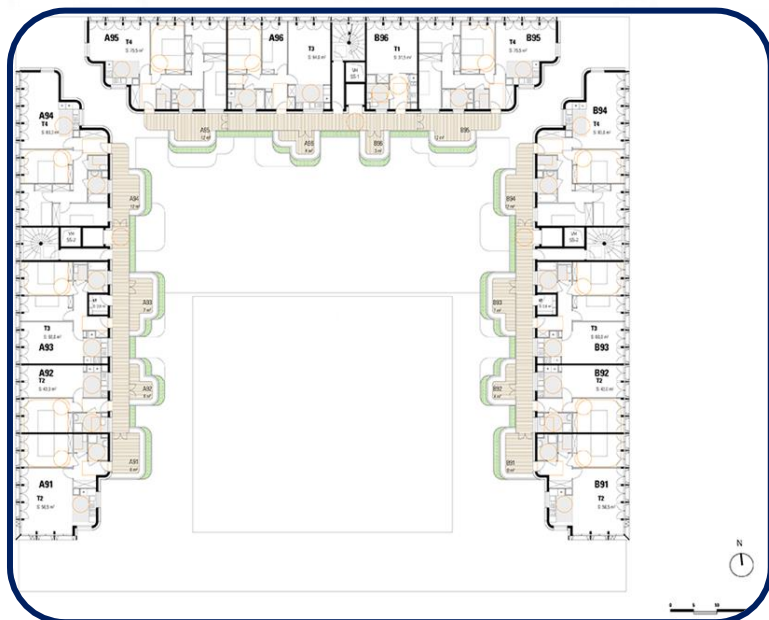
4. Les deux programmes sont finement associés pour éviter le maximum de nuisance de l'un sur l'autre.
5. le projet offre un cadre de vie inédit basé sur un mode de vie plus participatif.(22)

La conception : Ily'a deux cours superposées:



Une cour à rez-de-chaussée de 560 m2 dont 90 m2 de préau,

Figure 87 : plan de 1 étage.
Source : <https://bfv.team/fr>.



une deuxième cour à l'étage de 560 m2 également, dont 100 m2 de préau, toutes deux orientées plein sud.

Figure 88 : plan d'étage courant.
Source : <https://bfv.team/fr>.

Afin de résoudre le problème de la sécurité des enfants et celui du bruit généré par la cour d'école, nous proposons d'orienter toutes les pièces de vie des logements – séjours et chambres – vers l'extérieur de la parcelle.

- seuls les dessertes et les espaces extérieurs beaucoup moins susceptibles d'être gênés par le bruit, sont tournés vers l'intérieur de la parcelle.
- Pour éviter d'éventuelles chutes d'objets vers les cours, nous proposons des garde corps difficilement franchissables (hauteur : 2,10 m), ainsi que des jardinières de 80cm de largeur effectuant un retrait et une mise à distance des balcons.

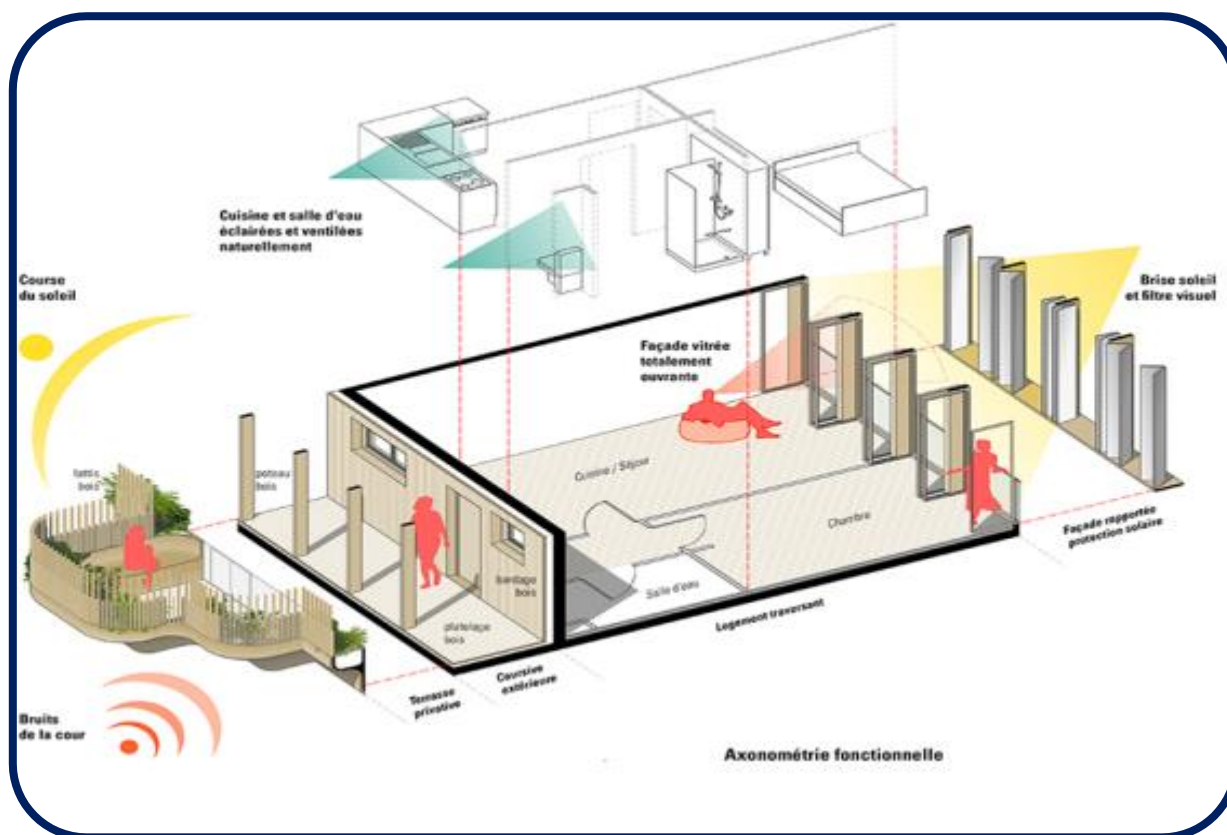
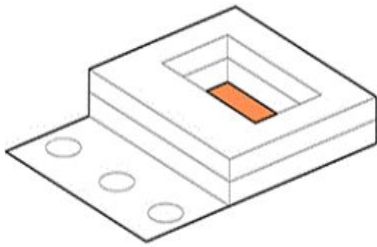


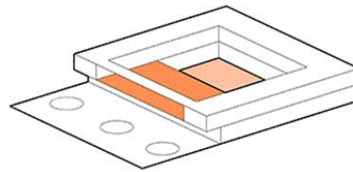
Figure 89 : le détail d'un appartement.

Source : <https://bfv.team/fr>.

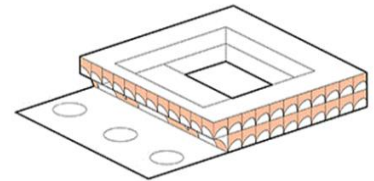
La volumétrie:



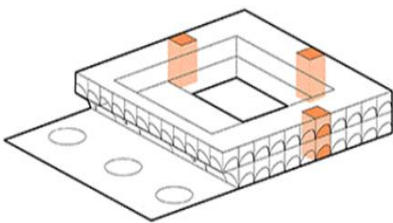
Cour centrale au rez de
chaussez.



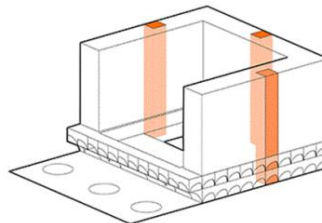
Cour du r+1 exposée plein
sud.



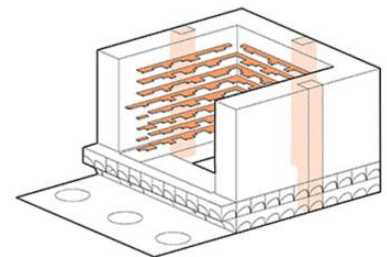
Protection solaire de l'école
formant un socle



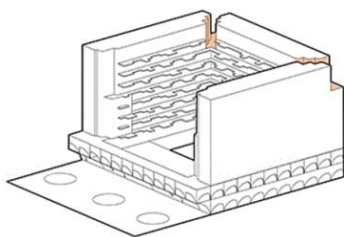
Trois halls pour les
escaliers et ascenseur



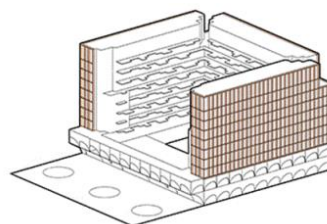
Logements minces
(8m) sur 8 niveaux



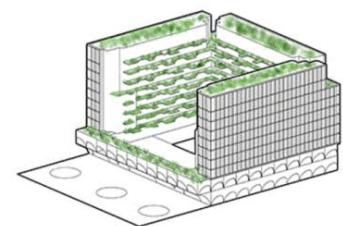
Desserte par coursives horizon-
tale+ espaces extérieurs privés.



deux échancrures sur
deux niveau dans les



Grille format protection
solaire sur façades logement
toutes vitrées



Toiture végétalisée

Figure 90 : les étapes de la construction du projet.

Source : <https://bfv.team/fr>.

L'habitat participatif ,un cadre de vie valorisant pour les habitants :

- Les coursives sont des lieux partagés, à l'image d'une ruelle publique
- les balcons sont accessibles depuis cette coursive, situés en face de chacun des logements mais détachés de ceux-ci, afin de pouvoir être privatisé par chaque famille.
- La coursive devient un lieu de vie partagé, tout en préservant l'intimité de chacun.
- Ainsi que les balcons sont traités avec une forte présence de bois, qui par sa chaleur, apporte un caractère intimiste et protecteur aux usagers.
- Coursives et terrasses privatives sur cour
 - ✓ Alcôves en structure béton fixées à la coursive extérieure.9
 - ✓ Terrasses privatives faisant un « dos » à la cours , composées d'une assise et d'un bac planté habillés en lattis bois.



Figure 91 : les coursives .

Source : <http://www.caue-observatoire.fr>.



Figure 92 : des brises soleil en bois.

Source : <http://www.caue-observatoire.fr>.

Un bâtiment biosourcé 3, Effinergie+ et NF habitat 6* :

Face aux nouveaux défis écologiques, nous avons souhaité revitaliser et repenser un lieu porteur de potentiels naturels valorisables. Pour cela, trois axes principaux de travail ont été développés :

- ✓ Optimisation de la morphologie et de la spatialité.
- ✓ Mise en place d'une démarche matériau-tique durable complète.
- ✓ Optimisation des systèmes passifs et du confort.

Exemple 04 : Immeuble Edison Lite / Manuelle Gautrand Architecture :

Fiche technique :

- APPARTEMENTS • PARIS, France.
- **Architectes:** Manuelle Gautrand Architecture.
- **Surface:** 2067 m².
- **An:** 2020.



Figure 93 : immeuble Edison lite.

Source : <https://www.archdaily.com>.

Description :

- Le site est très dense parisien, assez hétéroclite et assez minérale.
- Le projet prend la forme trapézoïdale du terrain.
- Edison soit comme un petit bouquet vert au milieu d'un micro quartier.
- L'immeuble est orienté vers l'accès du soleil.
- Les terrasses successives permettent par ces escaliers de garder un très bon ensoleillement.(23)



Figure 94 : plan de masse du projet.

Source : <https://www.archdaily.com>.

Le projet EDISON LITE propose:

- propose un nouveau modèle de logement, basé sur trois grands principes :
 - ✓ La création de logements «sur mesure».
 - ✓ La fourniture d'une surface supplémentaire de 20%, définie et partagée avec les résidents.
 - ✓ Pour accueillir les habitants dans un paysage existant.
- Ainsi une sorte de mode de vie `` permaculturel '' c'est un concept systémique et global qui vise à créer des écosystèmes.

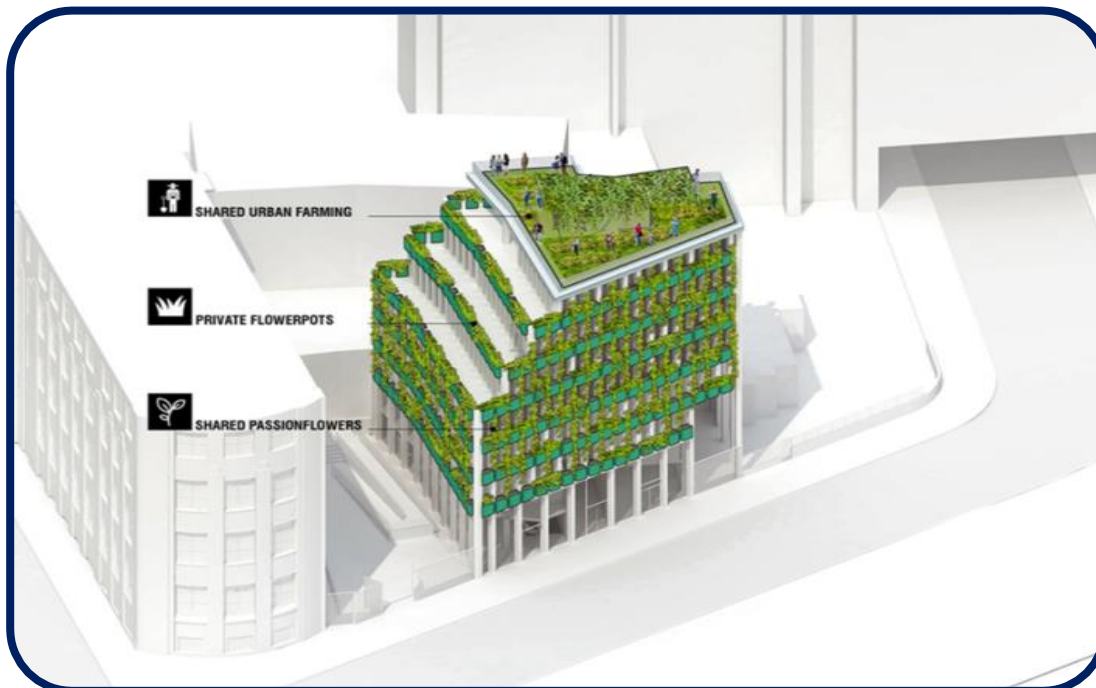


Figure 95 : le concept du projet .
 Source : <https://www.archdaily.com>

Le projet encourage la biodiversité: la présence de la faune et la flore .

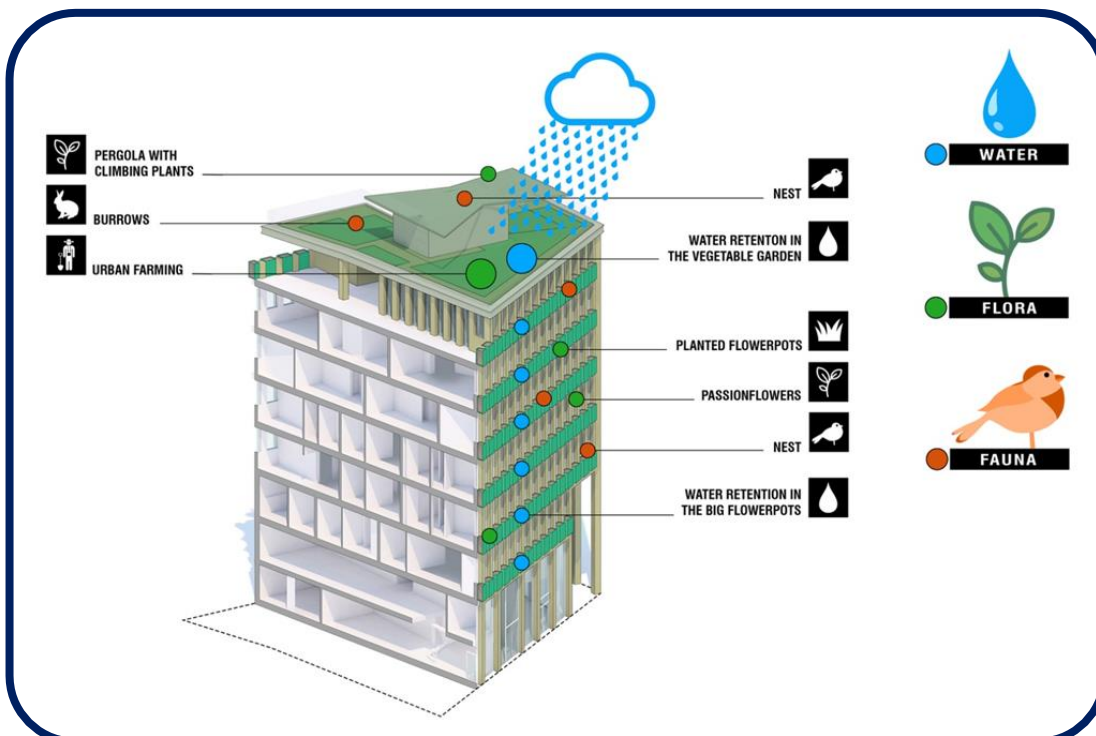


Figure 96 : la fonction extérieure du projet.
 Source : <https://www.archdaily.com>.

Les façades:

- Le projet architectural comprend 75 m³ de sol, répartis entre 290 jardinières et un grand lotissement de 140 m² en toiture.
- Les façades sont extrêmement végétalisées, l'immeuble contient 6000 plantes plantés 15 mois avant l'arrivée des habitants. Les résidents sont ainsi accueillis dans un environnement naturel établi, dont ils auront la responsabilité.
- Une terrasse accessible qui présente un espace d'agriculture commun extrêmement généreux sa superficie est 140 m².
- Ou dessous, une cuisine ouverte pour s'installer dehors et faire des barbecues.
- L'immeuble Offre aussi des belles vues sur paris.



Figure 97 : la toiture d' edison lite.

Source : <https://www.archdaily.com>.

Les plans :

=

- Le bâtiment comprend deux unités commerciales aménagées au rez-de-chaussée: l'une est désormais occupée par la crèche Babilou et l'autre est un cabinet de physiothérapie.
- Des espaces partagés qui incitent les habitants à se recentrer, à partager des choses donc l'existant des conditions de résilience qui sont importantes et qui permettent le travail, le partage avec les voisins.

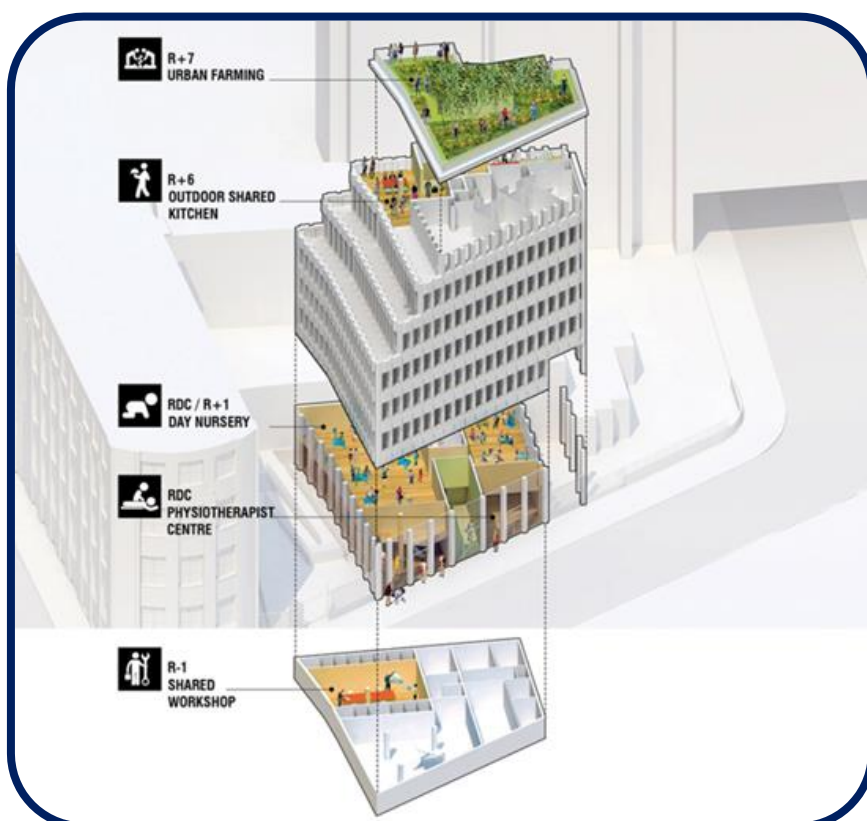


Figure 98 : le programme global du projet .

Source : <https://www.archdaily.com>

Le pourcentage des espaces :

- 37% jardin végétal 140m².
- 11% terrasse 40 m².
- 11% cuisine commune extérieure 11m².
- 11% espace polyvalent 42m².
- 10% vélos 38m².
- 4% emplacement dépoussiéreur 14m².
- 16% espace de travail 61m².
- 20% espace partagé.
- 80% espace privée.

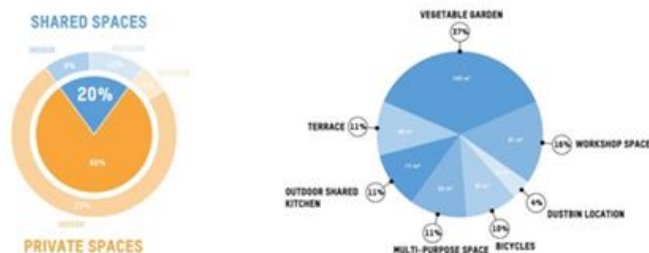


Figure 99 : le pourcentage des espaces.

Source : <https://www.archdaily.com>

Le projet :

Fiche technique :

- **Lieu :** Rue de port . le quartier du Colonel Amirouche, Mos-taganem
- **Programme :** parking sous sols + des activités commerciales +des bureaux +96 logement F4 ,F5.
- **Surface :**4150 m².



Figure 100 : le projet .

Description :

- Le projet est posé sur une plate-forme qui prend la forme rectangulaire du terrain et qui représente le toit du parking semi-enterré après d'un terrassement d'une pente de 4 mètres.
- Cette plate-forme se divise en trois espaces:
 1. Deux pour la construction l'un donnant sur la rue de port et l'autre sur le centre commerciale
 2. Au milieu le troisième espace qui signifie un jardin public.
- sur la partie constructive s'étend une base de deux étages :
 1. le rez-de-chaussée: une activité commerciale (cafétéria, restaurant, des boutiques..).
 2. le premier étage: des bureaux (avocat, agence commerciale, agence de voyage et d'assurance.....)+ crèche .
 3. le deuxième étage : cabinet dentaire, un laboratoire, bibliothèque, salle de sport .
- Après les logements superposés cette base sur des niveaux différents et ils sont rangés sur quatre tours A, B, C, D d'une hauteur de 53.5m, 57m, 53.5m, 60.5m.
- Chaque deux tours sont encadrées l'une sur l'autre formant un seul bloc résidentiel durable .
- Chaque bloc contient deux halls pour la cage d'escaliers et l'ascenseur .
- Chaque logement a son propre balcon, ce dernier contient un pot de plante en béton armé .



- la toiture végétaliser et accessible +les panneau photovoltaïque qui sont orienté vers le sud .
- le projets respect l'environnement .
- les espaces intérieur sont agréable à vivre et fonctionnel.
- une bonne luminosité des éclairage .
- un confort hygrothermique optimale .
- une protection contre les nuisances sonores par l'utilisation des plante et elle lutte contre la chaleur et absorbe le co2.
- les logements sont sain et limite les pollutions de l'aire intérieur.



Figure 104 : la toiture.

Le quartier du Colonel Amirouche est une zone polluées à cause du port maritime commerciale de mostaganem et le volume des exportations a connu, au cours des cinq premiers mois de l'année 2021, une croissance record de 612%, selon le dernier bilan fourni par la direction générale de cette entreprise portuaire.

Les chiffres avancés de exportations sont : de 195 000 tonnes de matériaux de fer, sous forme de lingots et de fer de construction, en forte hausse, de 42 000 tonnes de clinker, 2 164 tonnes d'hélium, ainsi que 272 tonnes de denrées alimentaires, légumes et fruits (dattes), vers plusieurs destinations.

Donc le projet :

- vise à diminuer les différents dommages environnementaux au quartier colonel Amirouche et la ville de mostaganem.
- trouve une coexistence entre l'environnement naturel et les villes contemporaines.
- minimise l'étalement du tissu urbain établi vers des espaces verts supplémentaires.
- contribue à la régénération de l'environnement et encourage de la biodiversité urbaine sans impliquer l'expansion de la ville sur le territoire agricole .

Conclusion générale :

Aujourd'hui, le monde souffre de énormes problèmes qui sont la dégradation de l'environnement naturel à cause des activités humaines :

- l'utilisation des énergies fossiles produit par la combustion de charbon, de pétrole et du gaz naturel pour le transport, la production d'électricité.
- production, raffinage et distribution dans le secteur de l'énergie.
- incinération des déchets.
- utilisation de divers produits chimiques volatils.

la construction des habitations non isolées et la consommation d'énergie produites par l'utilisation des électroménagers dans le bâtiment qui conduisent à l'inconfort thermique d'une ambiance intérieure presque quasiment absente et la réduction

Ces problèmes provoquent des modifications rapides du climat, la migration ou la disparition des espèces, ce qui modifie la biodiversité.

À Mostaganem, après l'indépendance, la croissance démographique observée a été accompagnée par des phénomènes tels que la pollution (pollution des sols, de l'air, de l'eau) et le réchauffement climatique et la forte demande de logements on trouve que les franges méditerranéennes sont soumises à d'intenses pressions démographiques, conduisant à une urbanisation et une littoralisation de grande ampleur menaçant les terres les plus fertiles.

pour le résoudre : l'État est intervenu pour tenter de construire des bâtiments en respectant l'environnement et minimisant la consommation d'énergie. Donc elle est obligée de suivre l'approche du développement durable et de l'architecture bioclimatique afin d'assurer un équilibre social, économique et écologique. et pris en considération des mesures qui peuvent être mises en place sur les activités humaines pour atténuer cette perturbation globale des milieux, notamment en luttant contre le réchauffement climatique.

Dans ce mémoire, on essaie d'appliquer la notion de la bioclimatique dès la construction de notre projet qui est l'habitat collectif, c'est-à-dire, la conception d'un habitat collectif bioclimatique. En effet, la fin inéluctable de l'énergie bon marché, comme le réchauffement climatique dû à nos émissions de gaz à effet de serre nous engage à relever le défi de l'architecture bioclimatique et pour obtenir des bâtiments à construction neuve et à très faible consommation énergétique, cette construction se fait à partir des étapes très importantes : le choix du lieu, l'orientation du projet, ventilation naturelle en récupérant la chaleur en hiver et la fraîcheur en été, et des parois apportant une bonne isolation thermique avec des matériaux écologiques, sains et confortables en toutes saisons. Donc, le confort thermique doit être pris en compte lors des phases initiales de la conception

Les références :

- ❖ Abussharha .AA, Pearce El, *The effect of low humidity on the human tear film*.2013.
- ❖ Alain. L et André. D H, *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques : concevoir, édifier et aménager avec le développement durable*, Observ'ER, Paris., 2005
- ❖ Almusaed. A , *Biophilic and Bioclimatic Architecture*, Springer-Verlag, London, 2011.
- ❖ Benmatti N.A, *L'habitat du Tiers -monde : cas de l'Algérie* ., 1982.
- ❖ BRUN Jacques, DRIANT Jean-Claude, SEGAUD Marion, *Dictionnaire de l'habitat et du logement*, p. 213., 2003).
- ❖ Claudio V. F, *The sun* , Natural History Museum, P.6, London, UK ., 2008.
- ❖ Haigh J. D. et al., *The sun , solar analogs and the climate*, Swiss society of astrophysics and astronomy ., 2004.
- ❖ J.G.Cedeno-Laurent , A. Williams , P. MacNaughton , X . Cao , E. Eitland , J. Spengler ,and J. Allen , environmental Health Departement , Harvard . H .Chan School of Public Health , Boston ., 2018.
- ❖ Guyot. G, *Climatologie de l'environnement Cours et exercices corrigés* , Edition DUNOD, Paris, 1999.
- ❖ HADDAM.Muhammad , *Application de quelques notions de la conception bioclimatique pour l'amélioration de la température interne d'un habitat*, thèse de doctorat , option : Physique Electronique et Modélisation, Université ABOU BAKR BELKAID-TLEMCEM ., 2014/2015.
- ❖ IMANE .ADIMI , *habitat collectif*, atelier de projet 2eme année licence , Université FARHAT ABBAS SETIF1 institut d'architecture et des sciences de la terre département d'architecture ., 2019/2020.
- ❖ Jean. Richard BLOCH. *Destin du siècle*. Les éditions Rieder , P : 138 ., 1931.
- ❖ J.E. Crowley, cité par B .Maresca, A .Dujin, R.Picard , *la consommation d'énergie dans l'habitat entre recherche de confort et impératif écologique* in cahier de recherche N°264 ., 2009.
- ❖ John. E. O, *Encyclopedia of World Climatology* , Springer, the Netherlands ., 2005.
- ❖ Lavigne. P. Et Fernandez. P, *Concevoir des bâtiments bioclimatiques : fondements et méthodes*, *Le moniteur*, Paris ., 2009.
- ❖ MAZARI Mohammed, *Etude et évolution du confort thermique des bâtiments à caractère public : cas du département d'architecture de Tamda (Tizi- Ouzou)*, Mémoire de magister , option : Architecture et développement durable , Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou ., 2012.
- ❖ Mouhoub .Maamar, Himrane Billel , *L'impact de l'isolation thermique des parois sur le confort thermique dans un habitat* , Mémoire de fin d'études option : Architecture Bioclimatique , institut D'architecture BLIDA 1 ., 2018.
- ❖ Nadji .Mohamed Amine , *Réalisation d'un éco-quartier*, mémoire de magister, université d'Oran ., 2015.
- ❖ OLGAYAY .Vicor , *Design with climate , Bioclimatic approach to architectural Régionalisme* , Princeton, Princeton University Press ., 1963.

- ❖ Organisation mondiale de la santé, séries de rapports techniques : comité d'experts de l'habitat dans ses rapports avec la santé publique , P : 7 , Genève ., 1961.
- ❖ Pierre. F. Et Pierre. L, *Concevoir des bâtiments bioclimatiques : fondements et méthodes* , Le moniteur , Paris ., 2009.
- ❖ Roberto Gonzalo Karl J. Habermann , *Architecture et efficacité énergétique , principes de conception et de construction* , Birkhauser Verlag AG , Berlin , Allemagne ., 2008.
- ❖ Samuel. C. et Jean-Pierre. O, *La conception bioclimatique , Terre vivante , Mens*, France ., 2007.
- ❖ Szokolay. S, *Introduction to architectural science, the basis of sustainable design* , Published by Elsevier , P.22 ., 2008.
- ❖ Szokola .S et Auliciems .A , *Thermal comfort , The University of Queensland .,* 2007.
- ❖ V. Candas , *le confort thermique* , Technique de l'ingénieur ., 2000.

Les sites :

1. <https://fr.wikipedia.org/wiki/Climat>.
2. <http://dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/10727/8/12.Chapitre%2003-%20theorique.pdf>.
3. <http://www.wmo.int>.
4. [oceanservice .noaa.gov/facts/oceanwater.html](http://oceanservice.noaa.gov/facts/oceanwater.html).
5. <https://www.airthings.com/fr/what-is-humidity>.
6. lung.org/clean-air/at-home/indoor-air-pollutants/dust-mites.
7. niehs.nih.gov/health/topics/agents/allergens/dustmites/index.cfm.
8. <https://fr.wikipedia.org/wiki/Climat>.
9. https://www.avise.org/sites/default/files/atoms/files/20161213/avise_dossier_habitat-durable.pdf.
10. <https://www.climamaison.com/lexique/confort.htm>.
11. <https://conseils-thermiques.org/contenu/confort-thermique.php>.
12. <https://www.programme-cee-actee.fr/wp-content/themes/actee/assets/media-document/Simulation%20Thermique%20Dynamique.pdf>.
13. https://www.researchgate.net/publication/272996863_Le_confort_thermique_dans_les_batiments.
14. https://www.arcademe.lu/public/plugins/article/documents/fiches_techniques/gestfiches/confort-hygrothermique-le-choix-des-materiaux-1.pdf.
15. <https://www.guidebatimentdurable.brussels/fr/protections-solaires-externes.html?IDC=10733>.
16. <https://www.quelleenergie.fr/economies-energie/isolation-thermique>.
17. <https://www.climamaison.com/lexique/panneau-solaire.htm>.
18. <https://www.cahiers-techniques-batiment.fr/article/quel-role-pour-la-toiture-vegetalisee.34912>.
19. https://wilo.com/fr/fr/P%C3%A9nurie-d'eau-les-solutions-dans-l'habitat_4480.html.

20. <https://www.archdaily.com/777498/bosco-verticale-stefano-boeri-architetti>.
21. http://www.caue-observatoire.fr/wp-content/uploads/2015/12/93_c1611eb1-1241-45c5-82c8-998b03698362_2-3.pdf.
22. https://bfv.team/fr/projects/dos-a-dos#issy_evolution.
23. <https://www.archdaily.com/951775/edison-lite-apartment-building-manuelle-gautrand-architecture>.

Les sites des figures :

1. <https://artfasad.com/projets-maison/maison-en-forme-de-vague-caracteristiques-dun-chalet-moderne-selon-un-projet-de-conception-individuel/>.
2. <https://www.pinterest.fr/pin/257197828692510685/?d=t&mt=login>.
3. <https://www.architectes-lyon.com/projets/le-clos-des-arts-14-maisons-en-bande-12379.html>.
4. https://iast.univ-setif.dz/documents/Cours/Habitat_collectif_L2S2.pdf.
5. <https://fr.dreamstime.com/photo-stock-emplacement-%C3%A0-oslo-norv%C3%A8ge-bloc-d-appartements-vivant-moderne-%C3%A9l%C3%A9gant-multistoried-maisons-d-immeubles-appartements-%C3%A0-image93281858>.
6. <https://www.batiactu.com/edito/barre-logements-sociaux-rehabilitee-58710.php>.
7. <https://besthqwallpapers.com/fr/des-villes/buenos-aires-immeuble-moderne-appartement-de-luxe-centre-d%27affaires-paysage-urbain-128448>.
8. <https://www.maisonapart.com/edito/autour-de-l-habitat/architecture-patrimoine/tour-nevo-un-nouveau-concept-d-habitat-vegetalise-6672.php>.
9. <https://www.archispot.ma/portfolio/habitat-semi-collectif/>.
10. <https://cargocollective.com/md-architecte/DEMARCHE-ENVIRONNEMENTALE>.
11. <https://www.pinterest.co.uk/pin/619596861219341904/>.
12. <https://www.pinterest.co.uk/pin/457115430908669978/>.
13. <https://www.lavionnaire.fr/MeteoFronts.php>.
14. https://fr.wikimini.org/wiki/Effet_de_serre.
15. <https://www.oreca-bfc.fr/a/1185/comment-evoluent-les-emissions-de-gaz-a-effet-de-serre/>.
16. <https://www.schoolmouv.fr/cours/le-changement-global-et-ses-effets/fiche-de-cours>.

17. <https://www.sami.eco/post/cest-quoi-le-probleme-avec-le-climat-deja>.
18. <http://www.natureculture.org/post/les-trois-piliers-du-developpement-durable>.
19. <https://www.choisir.com/energie/articles/116963/quelle-temperature-ideale-a-la-maison>.
20. <https://www.choisir.com/energie/articles/116963/quelle-temperature-ideale-a-la-maison>.
21. <https://conseils-thermiques.org/contenu/confort-thermique.php>.
22. <http://e-biblio.univ-mosta.dz/bitstream/handle/123456789/13169/memoire%20termin%C3%A9.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
23. http://uraer.cder.dz/sienr/sienr2018/st/33_Article_A_OUDRANE_B33.pdf.
24. <https://www.inex.fr/case-study/nos-outils-de-conception-bioclimatique/>.
25. <https://www.alternative2e.fr/simulation-thermique-dynamique-outil-maitre-ouvrage-ou-concepteur-i3.html>.
26. <https://www.qcm-svt.fr/QCM/public-affichage.php?niveau=1ere-Ens-Sc&id=1104>.
27. <https://www.alternative2e.fr/simulation-thermique-dynamique-outil-maitre-ouvrage-ou-concepteur-i3.html>.
28. <https://www.livrescolaire.fr/page/7088738>.
29. <http://www.netactus.fr/a-la-une/2019/10/16/les-principes-de-base-de-la-conception-bioclimatique/>.
30. 31. <https://www.asder.asso.fr/conception-bioclimatique/>.
32. 33.34. <https://www.guidebatimentdurable.brussels/fr/protections-solaires-exterieures.html?IDC=10733>.
35. <https://alpisorenov.fr/ameliorer-isolation-de-sa-maison/>.
36. <https://www.xn--univ-fentres-veb.fr/que-choisir-entre-un-double-vitrage-et-un-triple-vitrage/>.
37. <https://www.jade-technologie.com/composition-dun-panneau-solaire/>.
38. <https://www.hellowatt.fr/blog/fonctionnement-panneau-solaire-photovoltaique/>.
39. <https://www.toit-vegetalise.fr/avantage-dun-toit-vegetalise/>.

40. <https://www.toit-vegetalise.fr/avantage-dun-toit-vegetalise/>.

41. <https://www.etalans.com/vie-communale-61-urbanisme-assainissement.html>.

62.63.64.65.66.67.68.69.70. <https://www.archdaily.com/777498/bosco-verticale-stefano-boeri-architetti>.

71.72.73.74.75.76.77.78.79.80.81.82.83.84. http://www.caue-observatoire.fr/wp-content/uploads/2015/12/93_c1611eb1-1241-45c5-82c8-998b03698362_2-3.pdf.

85.86.87.88.89.90.91.92. <https://bfv.team/fr/projects/dos-a-dos>.

93.94.95.96.97.98.99. <https://www.archdaily.com/951775/edison-lite-apartment-building-manuelle-gautrand-architecture>.