

Ressources Educatives Libres

BATIMENT BIOCLIMATIQUE

Université Nationale des Sciences,
Technologies, Ingénierie et Mathématiques d'Abomey



Septembre 2024

Table des matières

INTRODUCTION	4
I. DEFINITION DE L'ARCHITECTURE BIOCLIMATIQUE	4
II. OBJECTIFS DU BÂTIMENT BIOCLIMATIQUE	4
III. PRINCIPES DE L'ARCHITECTURE BIOCLIMATIQUE	5
1. Principes de base d'une conception bioclimatique	5
2. Les climats chauds	6
3. Méthodologie de projet	6
4. Insertion dans le territoire	6
5. Matériaux et chantier	6
6. Confort et santé à l'intérieur	7
IV. ARCHITECTURE BIOCLIMATIQUE	7
1. Fonctionnement d'un bâtiment bioclimatique	7
2. Capter / se protéger de la chaleur	8
3. Transformer, diffuser la chaleur	8
4. Conserver la chaleur ou la fraîcheur	9
V. LA CONCEPTION BIOCLIMATIQUE	9
1. Importance	9
2. Les matériaux de construction à choisir	12
a. La toiture	13
b. Teinte de couverture	13
c. Débord de la toiture	14
3- Protection des ouvrants	14
VI. VENTILATION ET CHAUFFAGE	15
1. Ventilation	15
2. Le chauffage	18
VII. ISOLATION ET PONTS THERMIQUES	20
1. Isolation thermique	20
2. Isolation des planchers et toitures	20
3. Isolation des murs	20
4. Isolation des portes et fenêtres	21
VIII. TYPES DE BÂTIMENTS BIOCLIMATIQUES, ÉQUIPEMENTS, AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS	21
1. Bâtiment bioclimatique passif	22
2. Bâtiment bioclimatique actif	22
3. Quelques équipements pour un bâtiment bioclimatique	22
❖ Avantages	23
❖ Inconvénients	23
CONCLUSION	23
Annexes	24

OBJECTIFS DE COURS

Objectif principal

S'approprier les notions et techniques liées à la mise en place d'un bâtiment respectueux de l'environnement

Objectifs spécifiques

Il s'agira de :

- Approfondir les clarifications conceptuelles sur la thématique en lien avec les ODD ;
- Intégrer dans la conception du bâtiment les avantages climatiques et de l'environnement du site d'implantation ;
- Privilégier l'utilisation des matériaux écologiques et énergies renouvelables dans la conception du bâtiment.

ÉLÉMENTS DE COURS

Dans cette séquence, les points ci-après seront abordés :

- Principes de base d'une conception bioclimatique
- Méthodologie de projet Bioclimatique
- Matériaux et chantier pour les bâtiments bioclimatiques.

INTRODUCTION

Pour un bon confort dans une construction, il urge que l'architecture du projet soit adaptée en fonction des caractéristiques et particularités du lieu d'implantation ou de l'environnement afin d'en tirer le bénéfice des avantages et de se prémunir des désavantages et contraintes d'où la nécessité d'une architecture bioclimatique. L'architecture bioclimatique répond en partie à cette problématique par l'intégration de concepts passifs permettant de minimiser le recours à la consommation énergétique (notamment pour la climatisation dans les pays chauds) et l'impact sur l'environnement sans négliger le bien-être de l'occupant. Il est donc essentiel de concevoir des bâtiments à la fois moins consommateurs d'énergie et plus confortables. Cela est possible en appliquant des principes de bon sens, à appliquer sur les choix architecturaux et les procédés constructifs. Il s'agit avant tout de se protéger de la chaleur à l'aide de divers dispositifs de protection solaire et d'optimiser la ventilation naturelle grâce à une conception bien pensée qui limite le nombre de bâtiments nécessitant une climatisation, et en minimisant son usage dans ceux qui seront climatisés.

I. DEFINITION DE L'ARCHITECTURE BIOCLIMATIQUE

- L'Architecture Bioclimatique est l'art et le savoir-faire de bâtir en alliant respect de l'environnement et confort de l'habitant. Autrement dit l'Architecture Bioclimatique est une discipline de l'Architecture dont l'objectif est de tirer parti des conditions d'un site et de son environnement.
- Cela consiste donc à concevoir un projet avec une adéquation entre la construction, le comportement des occupants et le climat, pour réduire au maximum les besoins énergétiques non renouvelables.

II. OBJECTIFS DU BÂTIMENT BIOCLIMATIQUE

L'objectif est de proposer des habitations confortables et économes énergétiquement en utilisant au maximum les ressources disponibles à proximité (ressources matérielles, main-d'œuvre, valeurs culturelles également).

Objectifs de l'architecture bioclimatique

- Maintenir des températures agréables ;
- Réduire les besoins énergétiques ;
- Contrôle d'humidité ;
- Garder un bon éclairage naturel ;
- Economiser l'énergie ;
- Réduire la facture énergétique en maintenant un intérieur agréable tout au long de l'année.

Afin d'arriver à ces objectifs, plusieurs outils sont mis en place qui vont tenir compte soit de l'enveloppe de la conception, le choix des équipements techniques, les matériaux, l'orientation des bâtiments et des systèmes solaires (PV, pompe à chaleur,

...)

III. PRINCIPES DE L'ARCHITECTURE BIOCLIMATIQUE

1. Principes de base d'une conception bioclimatique

À partir de là, il est tout à fait possible de définir une stratégie de conception architecturale au cas par cas et proposer une habitation permettant de se protéger des fortes chaleurs et des fortes radiations solaires, utilisant une ventilation naturelle et offrant un abri confortable en toute saison. Il est alors envisageable d'estimer grossièrement les besoins énergétiques car même si l'accès à l'électricité (éclairage principalement) et à l'eau chaude est indispensable, la production de chaleur et/ ou de froid peut être évitée ou largement limitée. L'intégration du bâtiment dans son environnement est le premier principe de l'architecture bioclimatique : il est indispensable d'avoir une parfaite connaissance des vents dominants, de la radiation solaire incidente et des masques solaires voisins, des risques d'inondations, de la végétation environnante et des objectifs de confort... Faut-il se protéger du vent dominant ? Peut-on en tirer parti ? A-t-on besoin de gains solaires ? Si oui, comment trouver un juste milieu entre ces derniers et la limitation des risques de surchauffe ? Une construction sur pilotis est-elle nécessaire contre les risques d'inondation ? La réponse à ces questions permettra d'optimiser la forme géométrique du bâtiment, son implantation, la position et le type d'ouvertures ou encore l'aménagement intérieur. L'implantation du bâtiment doit aussi tenir compte de son impact futur sur l'environnement immédiat. L'architecture bioclimatique impose également des bases de conception :

- Utiliser des matériaux de construction locaux : le coût sera plus faible, la main-d'œuvre plus adaptée tant au niveau de la construction que de l'entretien.
- Les revêtements de façade influent sur le rayonnement thermique.
- Faut-il valoriser l'inertie thermique ?
- Faut-il isoler le bâtiment ?
- Comment gérer les radiations solaires ?
- Comment exploiter la ventilation naturelle ?
- La valorisation de l'énergie solaire et/ou éolienne et/ou biomasse pour la production d'énergie (électrique ou thermique) fait aussi partie du concept de bio climatisme.

Elle tire parti de la nature et limite les problèmes d'accès à l'énergie ainsi que l'impact global sur l'environnement. Tous ces principes de conception sont à adapter suivant les contraintes climatiques, socio-économiques et architecturales. Malgré tout, une excellente conception du bâtiment peut devenir dérisoire si l'usage qui en est fait est en contradiction avec la réflexion globale du projet. C'est là que le rôle de l'occupant intervient. Si tout est mis en œuvre pour limiter les risques de surchauffe, l'occupant se doit de limiter la dissipation de chaleur interne. De ce fait, les appareils de cuisson ou autres équipements producteurs de chaleur (compresseur des réfrigérateurs ou d'appareils de climatisation) doivent être impérativement disposés à l'extérieur des zones de vie.

2. Les climats chauds

Les climats chauds sont caractérisés par des températures moyennes annuelles comprises entre 20 et 35 °C et se répartissent en deux catégories principales en fonction de l'humidité, qui a un effet conséquent sur la proportion de radiations solaires directes ou diffuses :

- sec, pour une humidité relative inférieure à 55 % (climats tropical sec, désertique, chaud d'altitude) ;
- humide, pour une humidité relative supérieure à 55 % (climats équatorial, tropical de mousson, tropical humide, méditerranéen).

3. Méthodologie de projet

Une architecture bioclimatique doit avant tout s'inscrire dans son environnement, et donc s'y adapter. La connaissance de cet environnement est indispensable pour concevoir le projet architectural, elle est en conséquence au préalable indispensable à la conception bioclimatique : géographie environnante, climat, biodiversité existante, risques naturels, ...

Une architecture bioclimatique se fixe par ailleurs des objectifs précis du point de vue du bilan énergétique global sur la durée de vie du projet, mais également sur la pression environnementale qu'il va générer, et sur le confort et la santé des futurs utilisateurs du bâtiment. Intégrer l'ensemble de ces contraintes en préalable à la conception architecturale est indispensable pour réussir un projet bioclimatique, ce qui implique dans un premier temps de se poser les bonnes questions, sur le choix du site en fonction de la densité urbaine, de l'emplacement, des transports, des commerces et services disponibles à proximité. A titre d'exemple, une construction bioclimatique en un lieu qui va générer de nombreux déplacements automobiles n'est pas cohérent. Il faut ensuite rédiger un programme architectural clair, fixant les objectifs à atteindre, et s'informer sur les matériaux, les techniques et les savoir-faire disponibles localement. C'est seulement après ça que l'architecte pourra imaginer et mettre en œuvre son art, conforté par une vision claire du projet qui lui est confié.

4. Insertion dans le territoire

La réussite de cette insertion implique une économie par rapport à l'emprise sur les territoires naturels, soit éviter le "mitage" du territoire. Elle implique également un bon équilibre entre les différents services offerts, qu'il s'agisse de limitation des besoins en transport ou de pertinence économique et sociale de l'implantation, par la mixité des équipements de logement, de travail, d'éducation, d'approvisionnements et de loisirs. Cette mixité permet en densifiant les centres villes et les agglomérations périurbaines, en se réappropriant les friches, en reconstruisant la ville sur la ville, de réduire les besoins en infrastructure et donc le coût public de la construction.

5. Matériaux et chantier

Les matériaux de la santé et le confort des occupants peuvent avoir un impact négatif sur l'environnement, la santé humaine et la qualité de vies des individus et des sociétés des nuisances lors de son recyclage final ou dès sa mise au rebut en fin de vie du bâtiment. Il est nécessaire de privilégier des matériaux sains, à faible impact de la production, la transformation, la mise en œuvre et le recyclage nécessitent un minimum d'énergie.

6. Confort et santé à l'intérieur

Le confort et la santé à l'intérieur d'un bâtiment sont assurés par l'ensemble des points cités auparavant, pour garantir un confort hygrothermique en toute saison et à toute heure, dans une ambiance saine pour les occupants. Ces critères dépendent de la qualité des matériaux employés, de leur absence d'émissions nocives, et de leur capacité à réguler les apports solaires, à stocker l'énergie pour amortir les fluctuations météorologiques dans des proportions adaptées aux besoins du bâtiment. Ils dépendent aussi de la gestion du renouvellement indispensable de l'air intérieur pour le maintenir sain et avec une hygrométrie régulière. Ils ne doivent pas oublier la qualité visuelle vers l'extérieur et celle de la lumière extérieure ni la qualité olfactive du site ou celle du contact des matériaux. Un bâtiment bioclimatique répond au besoin permanent du plaisir 5 sens.

IV. ARCHITECTURE BIOCLIMATIQUE

1. Fonctionnement d'un bâtiment bioclimatique

L'architecture climatique suppose le développement de la connaissance climatologique, la connaissance des concepts de base à intégrer, la redéfinition des notions de confort et d'inconfort et la remise en question du rapport entre les usagers et les rythmes climatiques. La conception bioclimatique consiste à tirer le meilleur profit de l'énergie solaire, abondante et gratuite. Quand il fait frais, le bâtiment doit maximiser la captation de l'énergie solaire, la diffuser et la conserver. Inversement, quand il fait chaud, le bâtiment doit se protéger du rayonnement solaire et évacuer le surplus de chaleur du bâtiment. De façon générale, six concepts de base sous-tendent l'architecture bioclimatique : capter, stocker, distribuer, évacuer, protéger et dissiper. La conception bioclimatique s'articule autour des 3 axes suivants :

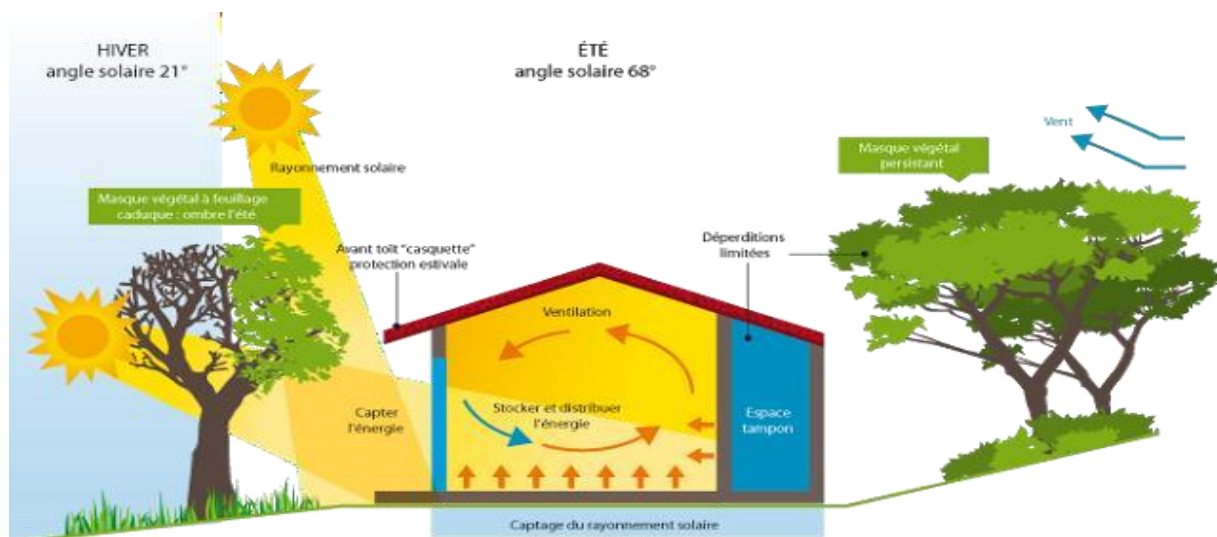


Figure 1: Bâtiment et environnement

2. Capter / se protéger de la chaleur

En hiver, le soleil sort au Sud Est le matin et disparaît le soir 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 montre le matin au Nord Est et disparaît le soir 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, 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 déprédatif 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.

3. 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. Conserver la chaleur ou la fraîcheur

Quand il fait frais, une fois captée et transformée, l'énergie solaire doit être conservée à l'intérieur de la construction et valorisée au moment opportun.

Quand il fait chaud, 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.

V. LA CONCEPTION BIOCLIMATIQUE

1. Importance

Fraîcheur à l'intérieur du bâtiment quand il fait chaud dehors, chaleur quand il fait froid, lumière, ... Telles sont les composantes d'un confort indispensable aux occupants des immeubles et qui coûte souvent cher en énergie. Dans un hôpital par exemple, l'énergie consacrée au chauffage et à la climatisation représente 50 à 70 % de sa facture énergétique totale. Une facture qui peut être réduite grâce à une architecture adaptée, l'architecture bioclimatique, et un choix d'équipement adéquat lors de la conception du bâtiment.

Pour parvenir à cette diminution de la consommation énergétique tout en maintenant, voire en augmentant, le confort des occupants, l'architecture recourt à une série de dispositions dont voici quelques éléments de principe :

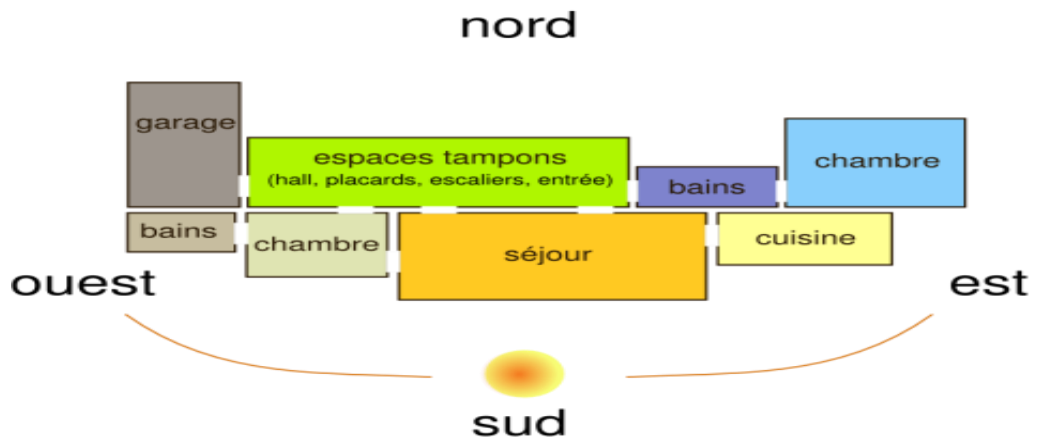
- ❖ **Le site** : l'emplacement du bâtiment permet de profiter de l'environnement proche ou éloigné (comme le relief, les bâtiments, les arbres...) pour jouer sur l'exposition au soleil et la prise au vent. Le climat général d'une région ne peut pas être modifié mais l'aménagement des espaces extérieurs peut améliorer le micro climat d'un site par :
 - La création d'ombrage
 - le ralentissement et l'accélération des vents
 - la modification du degré d'hygrométrie (humidité)
 - le stockage et la diffusion de la chaleur.



- ❖ L'orientation d'un bâtiment influe notablement sur son confort thermique par son exposition au soleil et au vent. Un bâtiment construit selon un axe est-ouest permet de réduire le risque de surchauffe matinale et vespérale et de placer les principales ouvertures sur les façades nord ou sud.

- ❖ Comme chacune des façades de la structure est soumise à des expositions différentes, la disposition de chacune des pièces sera examinée de façon à profiter au maximum des conditions climatiques. Les pièces pouvant accepter le plus de contraintes (par exemple : magasins de stockage, etc.) seront accolées aux façades les plus défavorables et servent de zones tampons pour les pièces les plus sensibles.

Orientation pour un meilleur gain :



Source ADEME

Figure 2: Disposition conseillée des pièces

- ❖ La compacité d'un bâtiment permet de réduire les échanges thermiques avec l'extérieur : la chaleur pénètre par les parois. A volume égal, moins il y a de surface de parois, moins on surchauffe l'espace intérieur. Par exemple, un bâtiment à plusieurs étages permet de diminuer la surface de la toiture exposée au rayonnement solaire.
- ❖ La masse des murs, toits et planchers stockent de la chaleur et du froid et permet de tempérer le bâtiment en diminuant l'effet d'amplitude diurne nocturne de la température extérieure. Ce phénomène est appelé inertie. Plus une paroi est épaisse et plus elle est dense (choix du matériau), meilleure est son inertie.

L'inertie thermique d'un bâtiment a pour principale qualité d'amortir les fortes variations thermiques journalières en créant un déphasage. Lors de journées chaudes, l'enveloppe lourde (construction en pierre, mur en terre crue épais) accumule la chaleur, limitant ainsi les risques de surchauffe.

Durant la nuit, lorsque la température extérieure diminue, toute la chaleur accumulée durant la journée est transmise à l'intérieur du bâtiment évitant ainsi le recours à un éventuel appoint de chauffage... Accumulation et déphasage constituent l'inertie thermique. Ces données sont représentées physiquement par la diffusivité et l'effusivité thermique qui expriment la capacité d'un matériau respectivement à transmettre une variation de température et à absorber (ou restituer) un flux thermique instantané. Pour les climats présentant une forte variation de température journalière, on privilégiera des matériaux présentant une faible diffusivité et une forte effusivité.

L'inertie thermique est complétée par l'isolation extérieure de la toiture, responsable des 2/3 de transfert de chaleur vers l'intérieur.

- ❖ Une bonne isolation thermique des parois opaques et vitrées permet de maintenir une température intérieure confortable en réduisant les échanges thermiques (entre l'extérieur et l'intérieur ou entre différentes zones) et donc les consommations énergétiques de chauffage ou de climatisation ; selon les zones climatiques l'isolation n'est pas systématiquement nécessaire ; elle est toutefois recommandable pour tous les locaux chauffés ou climatisés.
- ❖ La ventilation joue un rôle essentiel dans le confort thermique d'un local ainsi que sur les consommations d'énergie. Elle a 3 fonctions : elle maintient la qualité de l'air intérieur du bâtiment, elle participe au confort thermique du corps en favorisant sa perte de chaleur et enfin elle refroidit la masse interne du bâtiment dans certaines conditions. Par exemple, une ventilation nocturne permet en saison chaude de rafraîchir le bâtiment la nuit pour stocker du froid et le tempérer pendant la journée.

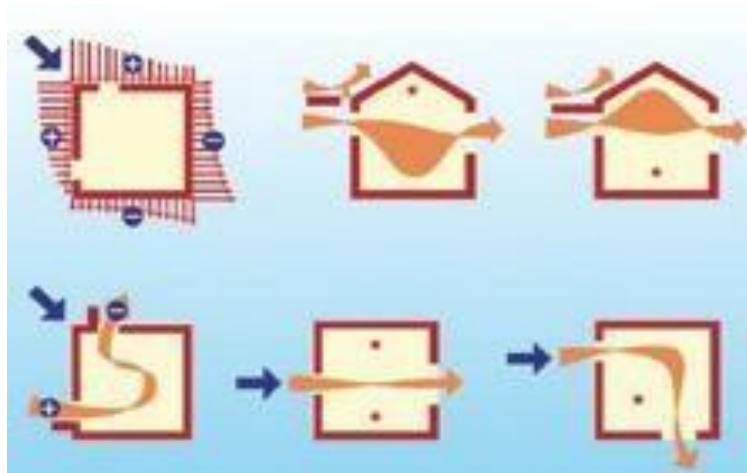


Figure 3: Ventilation naturelle

- ❖ Afin de réduire la température, les protections solaires permettent de diminuer l'exposition directe au rayonnement solaire sur les parois et les toitures ainsi que sur les ouvertures. Cette protection peut se faire à l'aide d'écrans pare-soleil (volets, persiennes, claustras, toiture avec comble ventilée), de revêtements réfléchissants (peintures claires, aluminium) et de rideaux d'arbres.
- ❖ Les ouvertures assurent l'éclairage et une ventilation naturelle du bâtiment mais suivant leur orientation et leur taille, elles peuvent aussi être cause de surchauffe : des protections ou fermetures permettent de protéger l'intérieur des pièces du rayonnement solaire direct et de favoriser ou empêcher la ventilation. D'autres solutions architecturales permettent de réduire la chaleur tout en laissant passer la lumière comme les puits de lumière, patios, etc.
- ❖ La toiture est largement exposée au rayonnement solaire. Elle peut surchauffer et provoquer des inconforts. Une conception adaptée consiste soit en une toiture isolée et/ou avec une inertie lourde pour amortir les surchauffes, soit en une toiture légère ventilée pour évacuer la chaleur captée.

Il est important de noter que les concepts et les techniques d'architecture bioclimatique varient selon les zones climatiques.

Pour faire face aux changements climatiques de notre environnement, toutes les mesures énergétiques sont les bienvenues et devraient être intégrées dans un projet de construction.

2. Les matériaux de construction à choisir

Le choix des matériaux se fait en fonction de ceux qui sont disponibles à proximité. Ils sont particulièrement adaptés au climat et le coût de construction sera limité.

- Les constructions en pierre locale sont ainsi adaptées au climat à forte variation de température journalière.
- Les constructions en bois permettront une rapide montée en température du bâtiment particulièrement adaptée aux climats dont l'hiver est très rigoureux (climat de montagne).
- Les constructions en terre crue ou sable permettent d'accumuler les fortes radiations solaires et montées en température et ainsi limiter les risques de surchauffe.



Figure 4: Matériaux de construction

- 1-Bloc de béton creux
- 2-Brique de terre cuite
- 3-Béton cellulaire
- 4-Bardage de bois
- 5-Monmur

En ce qui concerne le choix des isolants, on optera pour des isolants végétaux (laine de chanvre, laine de bois...), voire animaux (laine de mouton). On peut imaginer que si aucun végétal ne pousse dans le milieu d'implantation, c'est qu'il n'est pas indispensable d'isoler le bâtiment (climat chaud et sec) ...

Rappelons finalement que les produits industrialisés ne valorisent pas la situation socio-économique du lieu de construction, impliquant des importations massives, une réduction de la valeur ajoutée locale et une déqualification des métiers traditionnels.

a. La toiture

La toiture est un élément clé de la conception d'un ouvrage : c'est principalement elle qui protège le bâtiment contre le soleil, la pluie et le vent... Elle protège également les murs et les ouvrants non seulement de la chaleur mais aussi de la pluie



Figure 5: Différents types d'isolants

b. Teinte de couverture

La teinte de la couverture est caractérisée par sa capacité à absorber la chaleur. Par exemple une couverture bleu vif (teinte foncée) absorbera 80% de la chaleur reçue contre seulement 40% pour une couverture orange (claire). Les valeurs optimales de transmission de la chaleur par la toiture sont décrites dans la partie isolation.

Teinte		Coefficient d'absorption
Claire		0,4
Moyenne		0,6
Foncée		0,8
Noire		1

Figure 6: Différents types de teinte

c. Débord de la toiture

Un débord de toiture va permettre de mettre la façade du bâtiment à l'ombre. Son efficacité dépend de sa longueur et de son orientation. Les coefficients donnés ci-contre indiquent la part de la chaleur transmise à la façade dans différentes situations.

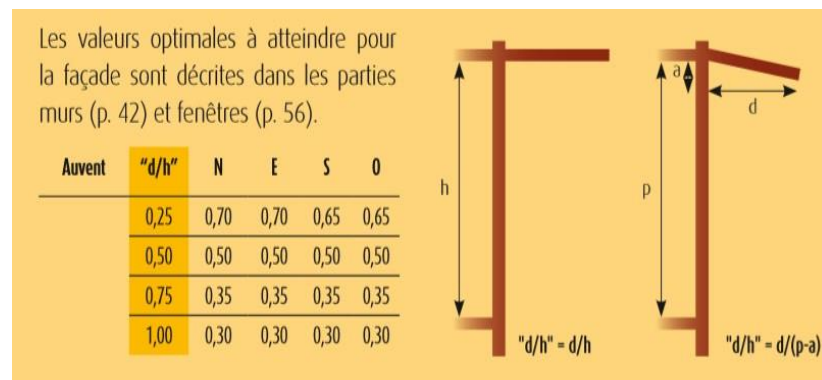


Figure 7: Valeurs optimales pour la façade

Tableau 1: Matériaux en fonction de l'emplacement dans le bâtiment

	Matériaux	Climat chaud et humide	Climat chaud et sec
MURS	Pierre	Mauvaise	Bonne
	Adobe	Médiocre	Bonne
	Torchis, pisé	Médiocre	Bonne
	Argile stabilisée	Bonne	bonne
	Bois	Bonne	Médiocre
	Béton	Bonne	Mauvaise
TOITS	Matériaux végétaux	Bonne	Bonne
	Argile	Mauvaise	Bonne
	Argile stabilisée	Mauvaise	bonne
	Tuile	Bonne	Bonne
	Bois	Bonne	Mauvaise
	Béton	Mauvaise	Mauvaise
	Tôle ondulée	Mauvaise	Mauvaise
	Tôle en fibrociment	Bonne	Mauvaise

3- Protection des ouvrants

Les longs débords de toiture ainsi que les constructions sur pilotis sont largement utilisés en climat humide, soumis à de fortes pluies, voire à des inondations. La construction sur pilotis permet en outre d'augmenter l'état dépressionnaire de la façade sous le vent et donc le potentiel de ventilation naturelles.



Figure 8: Différentes formes de protection

VI. VENTILATION ET CHAUFFAGE

1. Ventilation

Du fait des activités que l'on y mène, un logement est exposé à différentes pollutions : condensation et odeurs dans les pièces humides, émanations dues à l'utilisation de produits d'entretien ou de bricolage, odeurs de cuisine, etc. D'où la nécessité d'évacuer au fur et à mesure ces nuisances olfactives, et de renouveler en permanence l'air respiré. Il existe deux moyens de chasser les odeurs de cuisine et les vapeurs d'eau accumulées dans la salle de bains : soit en créant un courant d'air, soit en actionnant la ventilation mécanique contrôlée.

En climat chaud, particulièrement, la ventilation naturelle est le cœur de la conception bioclimatique. Elle permet non seulement de limiter l'utilisation d'un système de ventilation mécanique pour apporter la juste quantité d'air neuf mais aussi d'éviter le plus souvent le recours à la climatisation. Avant toute chose, il faudra évaluer le potentiel de ventilation, éloigner le bâtiment des obstacles à l'écoulement, protéger l'enveloppe du bâtiment des rayonnements solaires et anticiper l'aménagement intérieur afin de limiter les pertes de charges du courant d'air.

Une conception optimale de la forme et de l'emplacement du bâtiment, d'une part, et du positionnement et de la taille des ouvertures, d'autre part, permettra de créer la différence de pression entre les façades du bâtiment nécessaire à la création du courant d'air. Cette différence de pression est créée soit par l'admission et l'extraction du vent sur deux façades judicieusement orientées, soit par une différence de température entre deux façades (avec ouvertures) soit par une différence de hauteur (effet cheminée).

Il existe différents types d'ouverture qui permettront de renforcer la ventilation par prise et extraction d'air. Les écopes, les percées, les sheds ou tout simplement les fenêtres lorsqu'elles sont bien orientées et dimensionnées (surface aéraulique) permettent de brasser la totalité de l'air intérieur.

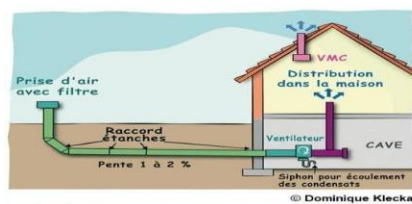
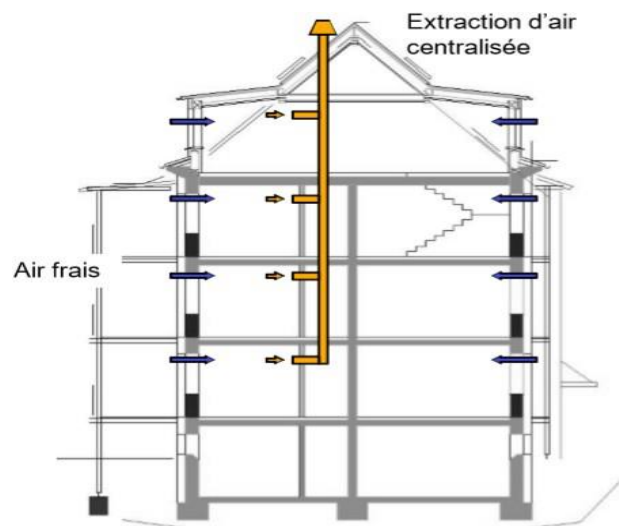
La sur ventilation nocturne couplée à une forte inertie du bâtiment peut s'avérer très efficace lorsque les températures extérieures sont importantes (même la nuit). Cette sur ventilation peut se faire transversalement ou par effet cheminée. Les murs lourds ayant accumulé leur chaleur durant la journée verront leur température diminuer plus vite. Toutes sortes de dispositifs sont envisageables et il serait difficile d'en effectuer un inventaire. Les références bibliographiques permettent d'aller plus loin dans cette démarche.

La porosité à l'air des parois est une alternative lorsque la surface disponible pour disposer des ouvertures est limitée. Ainsi en Égypte, l'utilisation de Moucharabiehs est fréquente. Ce dispositif a l'avantage de créer une protection contre les radiations solaires, les intrusions et les insectes tout en permettant la circulation d'air.

La ventilation naturelle en climat sec peut être couplée à une humidification de l'air qui créera une sensation de fraîcheur. Cette dernière peut se faire par la mise en œuvre de fontaines, de jarres humides ou de végétation sur le parcours de l'air. Les tours à vent ou Malqaf utilisées en climat désertique, permettent lorsqu'elles sont bien conçues (Forme d'entonnoir, orientées face aux vents dominants) une climatisation naturelle par humidification.



Figure 9: Tours à vent dans le Sud Tunisien et principe de fonctionnement



1



2



3



5



4

Figure 10: Système d'aération/ventilation

2. Le chauffage

Si vous avez bâti votre logement de manière optimal (orientation, isolation, aération), il est possible que vous n'ayez pas besoin de vous chauffer. En effet, la chaleur fournie par les habitants de votre logement sera suffisante pour assurer votre confort. Cependant, s'il est nécessaire de vous chauffer un peu, le poêle à bois ou la cheminée sont les meilleurs appareils pour répondre à votre besoin.



Figure 11: Système de chauffage & Combustibles

De la même manière on peut utiliser la pompe à chaleur. Une pompe à chaleur sert à :

- Récupérer de l'énergie dans le milieu extérieur d'un bâtiment (sol, eau ou air) grâce à un évaporateur ;
- Remonter le niveau de température de cette énergie récupérée via un compresseur, Transférer cette énergie au bon niveau de température au milieu intérieur du bâtiment que l'on souhaite chauffer. C'est pour effectuer ces opérations (remontée d'un niveau de température de la chaleur captée et transfert de la chaleur d'un milieu vers un autre) qu'a lieu une consommation d'énergie électrique. L'atout majeur des pompes à chaleur réside dans leur faible consommation d'énergie électrique au regard de l'énergie thermique restituée : pour 1 kWh d'énergie électrique consommée, ce sont 2 à 4 kWh d'énergie thermique qui sont restitués au bâtiment. Soit 1 à 3 kWh d'énergie qui sont récupérés, transférés et utilisés pour le chauffage ou parfois pour la production d'eau chaude. Une PAC est donc une forme de chauffage utilisant l'électricité. L'énergie nécessaire pour couvrir les besoins de chauffage provient de 30 à 50 % de l'énergie électrique, le reste étant puisé dans l'environnement (ces chiffres peuvent varier suivant le matériel, la source d'énergie extérieure – air, eau ou sol – les températures d'usage et les conditions de fonctionnement).

Comment ça marche ?

Le cycle de fonctionnement de la pompe à chaleur se décline de la façon suivante : Récupération de la chaleur de l'environnement par l'évaporateur : le fluide frigorigène, froid et à l'état liquide, va traverser un deuxième échangeur (appelé évaporateur) dans lequel circule le fluide extérieur (air extérieur, eau de nappe ou eau échangeant avec un capteur enterré dans le sol) qui est plus chaud que le fluide frigorigène.

Ce dernier va donc récupérer l'énergie (les calories) de ce fluide extérieur. En récupérant cette énergie, le fluide frigorigène va entrer en ébullition et donc se transformer en gaz (évaporation) d'où le nom d'évaporateur.

La compression

Le compresseur va aspirer ce fluide frigorigène qui est sous forme de gaz à basse température. En comprimant le gaz, sa température va s'élever en même temps que sa pression. Il y aura donc à la sortie du compresseur un gaz chaud à une pression élevée. La diffusion de la chaleur au condenseur : le gaz chaud va être dirigé vers un échangeur (appelé condenseur) dans lequel circule un fluide à réchauffer (eau du réseau de chauffage par exemple ou air intérieur). Le gaz chaud va donc transmettre une partie de son énergie au fluide à chauffer dont la température va augmenter. Ce faisant, le gaz frigorigène va se refroidir et condenser, c'est-à-dire qu'il va passer de l'état gazeux à l'état liquide (d'où le nom de condenseur).

La détente : le fluide frigorigène à l'état liquide, qui est toujours à pression élevée, va être ensuite détendu au travers du détendeur. C'est-à-dire que la pression va chuter, abaissant ainsi la température du fluide frigorigène qui reste à l'état liquide et va traverser l'évaporateur pour un nouveau cycle. Le principe est exactement le même que celui du réfrigérateur qui pompe les calories à l'intérieur du compartiment pour les rejeter à l'extérieur, mais en sens inverse.

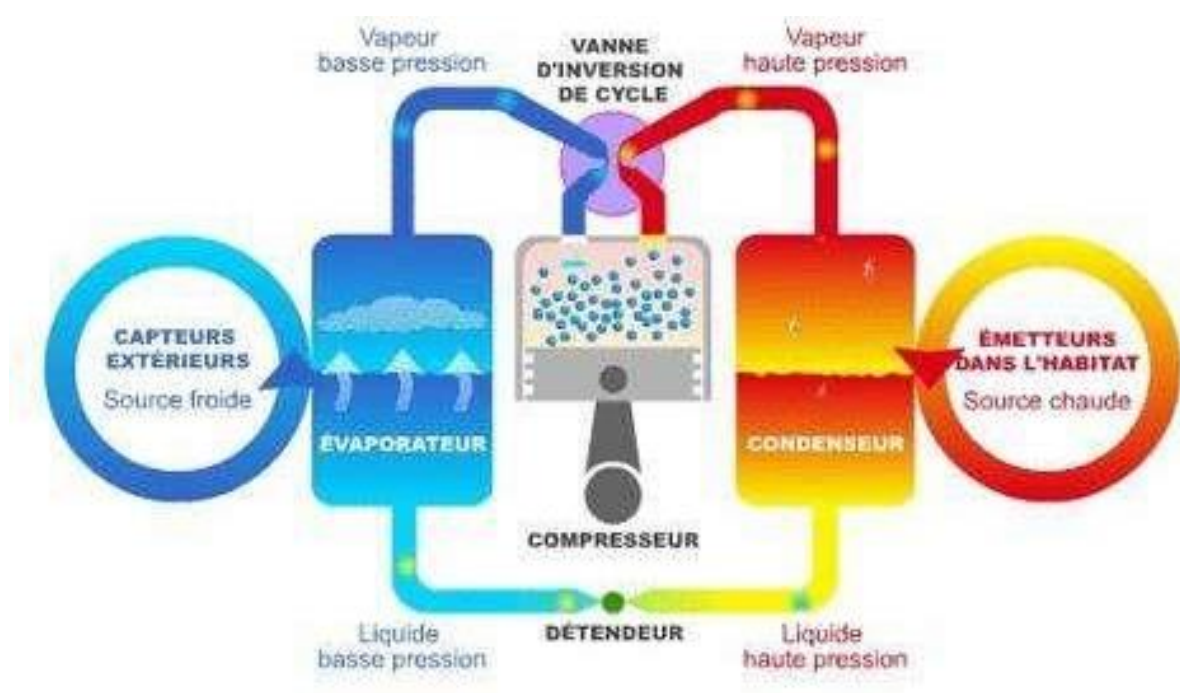


Figure 12: Principe de la pompe à chaleur



Figure 13: Schéma synoptique

VII. ISOLATION ET PONTS THERMIQUES

1. Isolation thermique

L'isolation thermique sert à désigner les méthodes utilisées pour limiter les transferts de chaleur entre un milieu chaud et un milieu froid. Elle sert à diminuer les échanges de chaleur entre l'intérieur du bâtiment et l'environnement extérieur, et ainsi diminuer les besoins de chauffage ou de climatisation et permet alors la diminution des besoins énergétiques. Cette isolation doit être pensée suivant les contraintes climatiques du lieu où se situe le bâtiment.

2. Isolation des planchers et toitures

Il existe également deux manières d'isoler les toitures : isolation par-dessous ou isolation par-dessus et l'isolation des planchers peut se faire de trois manières différentes : soit par le dessus, soit par le dessous, soit entre les éléments du plancher.

3. Isolation des murs

Il existe deux (02) manières pour réaliser l'isolation thermique d'un mur :

L'isolation intérieure et les cloisons de doublage. Cette solution, la plus commune est aussi la plus facile à mettre en œuvre. La contrepartie de l'isolation intérieure est notamment une réduction de l'espace intérieur et surtout la prolifération des ponts thermiques. Elle diminue également l'inertie du bâtiment. L'isolation par l'intérieur exclut toute possibilité de stockage de chaleur en été par les murs extérieurs puisque l'isolation se situe entre l'ambiance intérieure et le mur porteur.

La qualité d'une isolation intérieure peut diminuer avec le temps (tassement des laines derrière les plaques de plâtre, trou de souris dans le polystyrène).

Le seul avantage en faveur de l'isolation par l'intérieur se situe au niveau financier. L'isolation par l'extérieur est deux fois plus chère que l'isolation par l'intérieur.

L'isolation par l'intérieure ne devrait être réservée qu'aux projets de rénovation, lorsqu'une intervention sur la façade se révèle impossible. L'isolation par l'extérieur permet de répondre à tous ces problèmes et ainsi se positionner comme étant la solution d'avenir. Les principaux ponts thermiques sont réduits ou supprimés, le problème de condensation disparaît, les épaisseurs d'isolation peuvent être beaucoup plus épaisses et l'inertie du bâti est conservée.

L'isolation extérieure. Cette solution, fréquemment plus coûteuse nécessite le plus souvent une épaisseur d'isolation plus faible.

L'isolation extérieure est plus adaptée à l'isolation des résidences principales. Elle sert à conserver la masse thermique du mur au sein de l'enveloppe isolée. Elle supprime aisément les ponts thermiques (abouts de planchers, ...). Une épaisseur de 10 cm d'un isolant extérieur équivaut à 20 à 25 cm du même isolant intérieur.

4. Isolation des portes et fenêtres

Les ouvertures sont les points faibles de l'isolation globale de la construction. Limiter la surface de ces ouvertures est une solution pour diminuer les déperditions. Cette solution entraîne cependant une réduction de l'éclairement des pièces et une dégradation du confort. On choisira par conséquent plutôt d'utiliser le double vitrage / double fenêtre qui est une excellente solution contre : le bruit, les entrées d'air. Quelle épaisseur d'isolant choisir ?

Tableau 2: Epaisseur de référence

	RT 2005			Basse énergie			Passif		
	U [W/m².K]	Épaisseur d'isolation [cm]	R [m².K/W]	U [W/m².K]	Épaisseur d'isolation [cm]	R [m².K/W]	U [W/m².K]	Épaisseur d'isolation [cm]	R [m².K/W]
Plancher	0,27	7	2,0	0,14	16	4,0	0,11	20	5,0
Mur	0,36	11	2,75	0,2	20	5,0	0,10-0,15	20-35	5-8,75
Toiture	0,2	20	5,0	0,15	27	6,7	0,10	40	10,0

VIII. TYPES DE BÂTIMENTS BIOCLIMATIQUES, ÉQUIPEMENTS, AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

Ils existent deux types de bâtiments bioclimatiques que l'on peut utiliser séparément ou de façon complémentaire.

1. Bâtiment bioclimatique passif

La démarche passive est caractérisée par les fonctions suivantes

- Limiter les déperditions
- Accumuler l'énergie captée
- Climatisation naturelle en été régulée par le mode de vie
- Compenser les limites techniques des installations

2. Bâtiment bioclimatique actif

Pour être considéré comme bâtiment à énergie positive, l'habitation doit pouvoir produire l'énergie nécessaire à sa consommation annuelle. Sur le principe, un bâtiment actif reprend les caractéristiques d'un bâtiment passif en y ajoutant les équipements de production de l'énergie. C'est un système de captage de l'énergie indépendant de la structure du bâtiment :

- Les capteurs solaires thermiques
- Chauffages solaires avec stockage
- Récupération des eaux pluviales
- L'énergie éolienne

3. Quelques équipements pour un bâtiment bioclimatique

Pour les besoins énergétiques, privilégier l'utilisation des panneaux solaires photovoltaïques.



Figure 14: Solaire PV en alimentation dans un bâtiment

Pour les besoins en eau chaude, utiliser les panneaux solaires thermiques.



Figure 15: Solaire thermique

❖ **Avantages**

Le bâtiment bioclimatique a pour principal avantage de réduire les besoins énergétiques d'une maison, tout en y assurant des températures agréables et une bonne luminosité, grâce à l'éclairage naturel.

Les principes présentés ici sont notamment appliqués pour la construction des bâtiments HQE (haute qualité environnementale).

Sous un climat tempéré, une maison bioclimatique peut couvrir plus des deux tiers de ses besoins de chauffage uniquement grâce à l'énergie solaire.

On parle aussi d'habitat solaire passif pour désigner les maisons dont l'orientation, la conception des murs, toits et fenêtres a pour but de capter les rayons du soleil.

❖ **Inconvénients**

Les principaux inconvénients d'un bâtiment bioclimatique sont le coût financier de la construction d'un bâtiment bioclimatique et le temps assez long des études de conception du projet. En effet, les matériaux restent assez chers et il est important de bien étudier le climat ainsi que les normes spécifiques à l'emplacement du bâtiment. Enfin, vivre dans une maison bioclimatique oblige à respecter un certain nombre de règles de vie. Par exemple, les portes doivent être ouvertes en été pour favoriser l'aération, tandis qu'en hiver, il faut bien toutes les fermer pour éviter la fuite de la chaleur.

CONCLUSION

En Somme un bâtiment bioclimatique permet de retrouver les principes de construction d'antan et de les adapter aux progrès effectués en la matière. L'efficacité de tous ces concepts est reconnue et prouvée et permet de proposer des bâtiments exemplaires en termes d'architecture, de confort, d'efficacité énergétique et environnementale. Elle valorise en outre les cultures et traditions locales en dégagant une architecture spécifique à chaque région du monde. Plus que l'architecture, c'est tout paysage qui est travaillé car l'intégration optimale des bâtiments par le choix des matériaux ou l'implantation d'un quartier respecte le lieu. Finalement, elle s'inscrit dans un cadre global de développement durable.

Annexes

	Zone chaude et humide	Zone chaude et sèche
Choix du site	- Bonne accessibilité, avec accès à l'eau, l'électricité et possibilité de récupération et traitement des eaux usées - Bonne résistance du sol - Zone non inondable - Loin des sources de pollution	
Implantation	- Recherche de l'ombre dans une zone bien exposée aux vents - Préserver le couvert végétal existant - Implantation d'arbres pour se protéger du soleil et canaliser le vent - Privilégier les vues remarquables	
Orientation	Axe longitudinal E/O avec fenêtres sur façades nord et sud, pignon ouest protégé du soleil, en s'exposant ou se protégeant des vents dominants suivant les cas	
Mitoyenneté	Habitat dispersé	Habitat regroupé
Forme	Allongée	Compacte
Organisation des espaces	- Zones de services utilisées comme espaces tampon face aux nuisances - Espaces nobles disposés du côté des bonnes orientations - Regroupement des pièces d'eau	

	Zone chaude et humide	Zone chaude et sèche
Toitures	- Paille, tuiles - Toiture à pentes débordantes - Toitures végétalisées - Double toiture ventilée - Collecte d'eau de pluie pour sanitaires	- Terre - Toiture plates, à faibles pentes, voûtes, coupoles - Toitures végétalisées - Couleurs claires - Collecte d'eau de pluie pour arrosage
Efficiences énergétique et du cycle de l'eau	- Généralisation de l'emploi des lampes LED et d'équipements économes en énergie - Favorisation de l'éclairage naturel - Production d'énergie renouvelable quand nécessaire - Stratégie de préservation du cycle de l'eau : équipements économes en eau, recharge des aquifères, récupération de l'eau de pluie...	

	Zone chaude et humide	Zone chaude et sèche
Typologie	- Toitures débordantes - Grandes baies ouvertes avec claustras - Construction sur pilotis	- Toitures à faibles pentes - Petites ouvertures - Constructions partiellement enterrées - Constructions autour de patios ombragés et/ou disposant d'une pièce d'eau
Aménagement intérieur	Terrasses ombragées le long des bâtiments comme zone de transition	- Construction autour d'un patio avec végétation et point d'eau - Zones de transition, galeries
Masse thermique et isolation	- Faible inertie thermique si peu de différence de température entre le jour et la nuit - Bonne isolation si construction en dur - Double mur ventilé	- Forte inertie et isolation thermique - Etanchéité à l'air couplée à système de ventilation si différentiel de T° jour/nuit important - Double mur ventilé
Baies	- Grandes baies si possible ouvertes avec claustras - Positionnement à hauteur du regard en évitant exposition vers le ciel	- Petites baies avec contrôle des ouvertures - Positionnement en hauteur en privilégiant regard vers le ciel
Protection solaire	- Protection contre le soleil diffus - Débord généreux de toitures - Terrasses couvertes - Brise-soleils sur façades sud, est et ouest	- Protection poussée contre les rayons de soleil directs - Volets, brise-soleils...
Ventilation	- Ventilation transversale - Ventilation de la toiture	- Ventilation transversale et de la toiture - Humidification de l'air - Rafraichissement nocturne conjointe à l'inertie du bâtiment
Rafrachissement/ Climatisation	- Puits provençal si delta de T° entre les saisons est important - Pompe à chaleur sur eau de nappe - Climatisation solaire	- Puits provençal - Sur-ventilation nocturne - Cheminée solaire - Tour à vent - Echangeur adiabatique - Climatisation radiative ou évaporative (tour à vent avec humidification)
Matériaux	- Matériaux légers (bois, bambou) si delta entre le jour et la nuit faible (climat équatorial) - Si matériaux lourds, privilégier la terre cuite industrielle (climat tropical) - Isolation pour les parties très exposées au soleil, comme l'emploi de murs creux - Protection contre les moisissures	- Matériaux massifs (terre crue) - Isolation - Couleurs claires