

CONCEPTION BIOCLIMATIQUE EN CLIMAT MEDITERRANEEN



École Polytechnique Fédérale de Lausanne Section Architecture

Énoncé Théorique de Master le 13 janvier 2022

par Allan Lambelet

Conception bioclimatique à l'échelle du quartier dans le climat méditerranéen

Professeur Énoncé théorique : Rey, Emmanuel

Directeur pédagogique : Andersen, Marilyne

Professeur : Rey, Emmanuel

Maître EPFL : Cattin, Clément

Sommaire

p.7 Avant-propos

Introduction

p.9 Constat climatique alarmant
p.9 La place de l'architecture dans le développement durable
p.13 Le climat méditerranéen
p.15 La notion du confort

1.0 La conception bioclimatique

p.17 1.1 Des origines vernaculaire et troglodytes
p.19 1.2 Une inspiration naturelle
p.20 1.3 Le mode de vie
p.23 1.4 L'utilisation des 4 éléments
p.25 1.2.1 Feu
p.27 1.2.2 Air
p.38 1.2.3 Terre et Eau
p.41 1.5 Dispositifs spécifiques
p.48

2.0 La conception bioclimatique à l'échelle du quartier

p.53 2.1 Concevoir dans un contexte en densification
p.55 2.1.1 Feu
p.58 2.1.2 Air
2.1.3 Terre et Eau
p.63 2.2 Cas d'études
p.63 2.2.1 L'art de vivre, Aix-en-Provence
p.77 2.2.2 Bel-air, Avignon
p.95 2.2.3 Santo Antonio, Lisbonne
p.112 2.3 synthèse cas d'études

3.0 Hypothèse projectuelle

p.115 3.1 La Capitale Lisbonne
3.2 Oeiras
p.119 3.2.1 Zoning
p.119 3.2.2 Évolution historique
p.123 3.2.3 Climat
p.131 3.2.4 Morphologie
p.137 3.2.5 Densité
p.137 3.2.6 Transports
p.141 3.3 Site
p.143 3.4 Programme

Références bibliographiques

Avant-propos

Ayant vécu deux années à Lisbonne dans le cadre de mes études en Architecture, j'ai eu l'opportunité de découvrir l'architecture portugaise ainsi que les difficultés d'urbanisme auxquelles devaient faire face Lisbonne. N'ayant pas de véhicule, je me déplaçais principalement en transports publics et j'occupais mes trajets en observant les rues de Lisbonne à travers la vitre du bus. La qualité de vie des habitants et l'impact de l'urbanisation sur l'environnement m'a particulièrement interpellé. Des façades entières recouvertes de climatiseurs défigurent les façade de la capitale. En effet, les habitants n'ont d'autres choix que de recourir à des solutions d'appoints très gourmandes en énergie afin de garder un logement relativement frais durant la période estivale, où la chaleur omniprésente est particulièrement étouffante.

Issu d'une famille très connectée à la nature, ce fut pour moi un véritable choc d'une réalité bien présente à Lisbonne mais aussi dans la plupart des villes méditerranéennes qui doivent faire face à de longues périodes de fortes chaleurs.

Ce problème de régularisation de températures a été plusieurs fois évoqué dans mon cursus scolaire et une bonne conception des bâtiments serait en partie la clé, permettant de diminuer le recours à des solutions du type « climatiseurs ».

Depuis tout petit, je rêve de vivre en pleine nature, en harmonie avec ce qui nous entoure, c'est donc naturellement que l'architecture bioclimatique a éveillé en moi une sorte de réconfort et d'espoir. Comment pouvons-nous par le « bon sens », plus que par la technologie, améliorer notre qualité de vie tout en respectant d'avantage notre environnement. Cet énoncé théorique est pour moi l'opportunité de concrétiser ces notions de « bons sens » comme des stratégies applicables viables et durables et de proposer un manuel de solutions architecturales durables utilisables par toute personne souhaitant concilier bien-être de l'habitant et impact environnemental, dans un climat méditerranéen.

Introduction

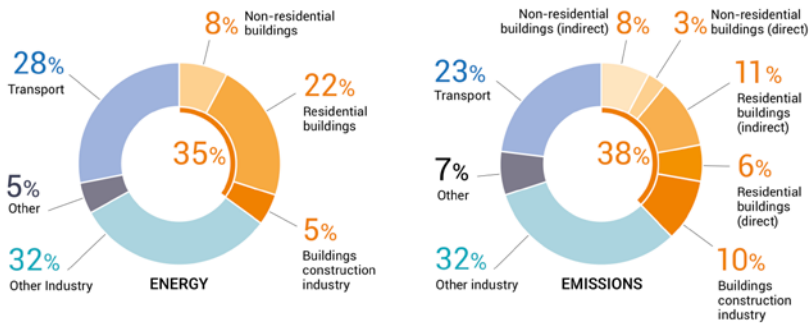
Un constat climatique alarmant à l'échelle globale.

De nos jours le changement climatique n'est plus inconnu, les postulats de 2022 sont très clairs, « L'élévation du niveau de la mer s'accélère, la fonte des glaciers européens bat des records et les conditions météorologiques extrêmes font des ravages, ..., des vagues de chaleur extrêmes, des sécheresses et des inondations dévastatrices ont touché des millions de personnes et coûté des milliards de dollars des États-Unis cette année¹. » c'est ce qu'affirme l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM). Le réchauffement climatique est désormais un phénomène irréversible, en lien avec l'activité humaine, dont il est encore possible de limiter son aggravation si les États prennent des mesures radicales et immédiates. (GIEC 2021)

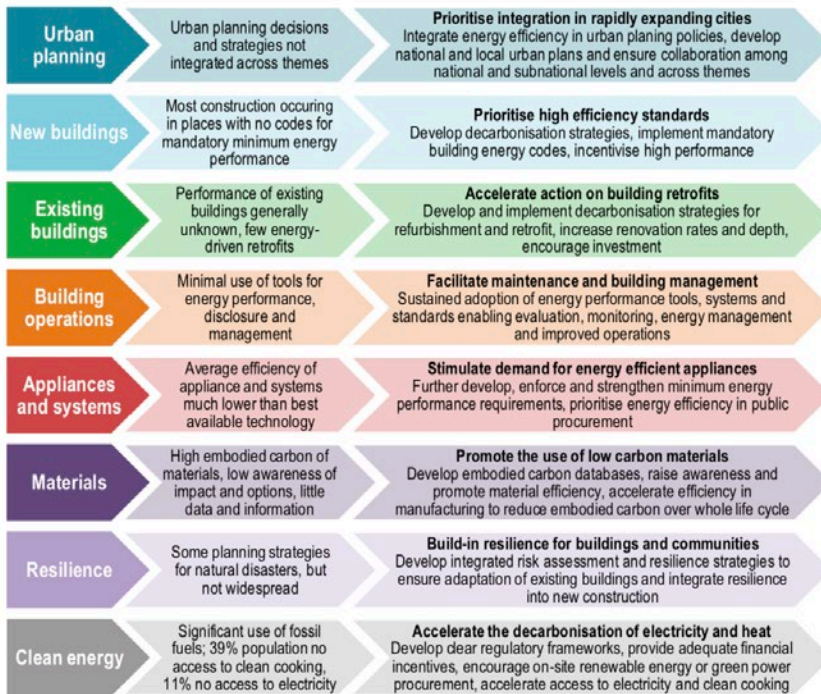
Autant l'OMM que le rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) indique la nécessité de réduire nos émissions de gaz à effet de serre et de prendre des mesures globales efficaces afin que la société devienne résiliente face au changement climatique. L'OMM annonce également que les huit dernières années sont en passe de devenir les huit années les plus chaudes jamais enregistrées.

La place de l'architecture dans le développement durable.

La question de la responsabilité face à ce problème se pose : à quelle échelle et avec quels moyens chacun peut-il contribuer à un changement positif ? En tant qu'architecte, notre responsabilité n'est pas négligeable. Dans le rapport de 2020 sur la situation mondiale des bâtiments et de la construction (The 2020 Global Status Report for Buildings and Construction), publié par l'Alliance mondiale pour les bâtiments et la construction (GlobalABC), il est stipulé que si l'on ajoute les émissions du secteur de la construction de bâtiments aux émissions opérationnelles, ce secteur représente 38 % du total des émissions mondiales de CO2 liées à l'énergie, soit une part plus grande que les transports ou toute autre industrie.



ORGANISATION
MÉTÉOROLOGIQUE MON-
DIALE «Répartition
de la consommation
globale d'énergie
2019»



Stratégies pour at-
teindre la transition
énergétique de 2050
(Organisation
météorologique
mondiale)

De plus, la consommation d'électricité de l'exploitation des bâtiments représente près de 55% de la consommation globale d'électricité

[2]Organisation
météorologique
mondiale «temps-
climat-eau»
(nov.2022)

Pour pouvoir effectuer la transition énergétique nécessaire et respecter le traité de Paris d'ici 2050, voici la « Global Roadmap 2022 » proposée par le rapport²

Dans la liste des actions clés de cette Global Roadmap, il est mentionné l'importance de privilégier et d'implémenter davantage de solutions d'architectures bioclimatiques pour améliorer les performances énergétiques des bâtiments avec des solutions passives : « Work with stakeholders to set clear energy performance targets for existing buildings and promote passive and bioclimatic designs to reduce energy demand. »



Schéma de la zone climatique Méditerranéenne

Le climat méditerranéen

[3]United Nation
Environment
Programme
«Barcelona Conven-
tion - Mediter-
ranean 2017 Quality
Status Report»

La région méditerranéenne n'est pas épargnée par les effets du changement climatique, elle a même a été identifiée comme l'une des deux régions les plus sensibles au changement climatique au niveau mondial. Elle a été définie comme un « point chaud » principal par Giorgi (2006), sur la base des résultats des scénarios de projection du changement climatique mondial.³ Le GIEC (2007, 2013) déclare que depuis le début du XX siècle, la température autour du bassin méditerranéen a déjà augmenté de 1,5° à 4°C selon les régions. Ce changement a un impact fort sur le climat méditerranéen qui devient de plus en plus chaud mais surtout de plus en plus sec, confrontant ses habitants à des pénuries d'eau en période de sécheresse. Cette région du monde est déjà considérée comme très vulnérable au changement climatique selon le cinquième rapport du GIEC. De plus, la baisse des précipitations et des pénuries d'eau, devrait affecter quelque 60 millions de personnes d'ici 2025 (Lionello et al, 2006).

Le climat méditerranéen est un type de climat tempéré caractérisé principalement par des étés chauds et sec et des hivers doux et humides. Il tient son nom par présence autour de la mer Méditerranée même si d'autres régions du monde possèdent les mêmes caractéristiques tels que l'Ouest des continents, entre 30 et 40° de latitude comme en Californie, au centre du Chili, en région du Cap en Afrique du Sud ainsi qu'au sud et à l'ouest de l'Australie.

La température moyenne estivale du climat méditerranéen est supérieure à 22°C avec des maximales qui dépassent régulièrement les 30°C allant facilement jusqu'à 40°C dans l'est du bassin méditerranéen.

Les hivers sont doux au cours desquels la température descend rarement en dessous de 9°C, à part dans le nord du bassin où les influences océaniques et continentales se font plus ressentir, avec des températures pouvant descendre jusqu'à 4°C durant le mois le plus froid.

La répartition des précipitations est très inégale durant l'année étant donné que la sécheresse estivale est une caractéristique du climat méditerranéen. Les zones plus proches de l'équateur bénéficient de la majeure partie des précipitations en hiver, alors que les zones plus au nord n'en bénéficient qu'en automne pour ce qui est du nord-ouest et qu'au printemps pour le nord-est. Une autre caractéristique du climat méditerranéen consiste dans la faible fréquence des précipitations, mais qui s'avèrent d'une grande intensité. En effet, les fortes chaleurs favorisent la formation d'orages durant lesquels il peut s'abattre en une journée la moitié des précipitations annuelles, comme lors des épisodes cévenols. Ces précipitations annuelles varient entre 300 et 1000mm.

Il y a le même nombre de millimètre de précipitations qui tombe annuellement à Londres que dans la région d'Aix-en-Provence. Cependant, à Londres, il pleut de manière plus uniforme tout au long de l'année engendrant un climat plus humide et froid alors que dans le sud de la France, les précipitations sont certes rares, mais intenses.



La notion du confort

[4] PHILIPPE RHAM
« Histoire naturelle
de l'architecture »
p.26

« L'histoire de l'architecture consiste ainsi en une quête de chaleur ou de fraîcheur, et ses formes sont animées par la recherche de la bonne température, permettant de modifier localement un climat naturel pour l'acclimater à la condition homéotherme de l'être humain, entre 21° et 28° C. »⁴

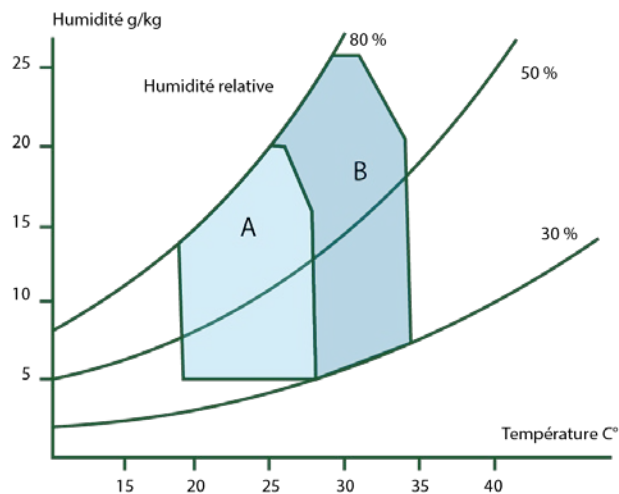
D'après cette définition de Philippe Rham, il paraît évident que l'architecture doit s'adapter harmonieusement au climat dans lequel elle s'exerce. Le but n'étant pas de créer des boîtes aseptisées, générant un microclimat intérieur que l'on pourrait implémenter n'importe où dans le monde, indépendamment du climat.

Ce graphique nous montre la relation entre la température et l'humidité de l'air. Il est possible de définir deux zones de confort :

- Zone A, représentant un confort agréable lorsque l'air est calme
- Zone B, représentant le confort acceptable avec une vitesse de l'air de 1 m/s

D'autre part une bonne conception architectural permet de manière efficiente l'énergie des quatre éléments mise à disposition par le climat plutôt que de lutter contre ce dernier, en utilisant par exemple l'ensoleillement, la ventilation, les précipitations ou encore la végétation.

Schema de
représentation
du confort
en fonction
de l'humidité
relative



1.0 La conception bioclimatique

La conception bioclimatique s'est développée sous ce nom depuis les années 1970, au croisement de trois réalités.

- Un héritage d'un courant architectural cherchant à réunir les techniques traditionnelles avec les nouvelles techniques inspirées de la modernité.
- Un élan de prise de conscience environnemental globale.
- Une crise énergétique engendrée par les premiers chocs pétroliers.

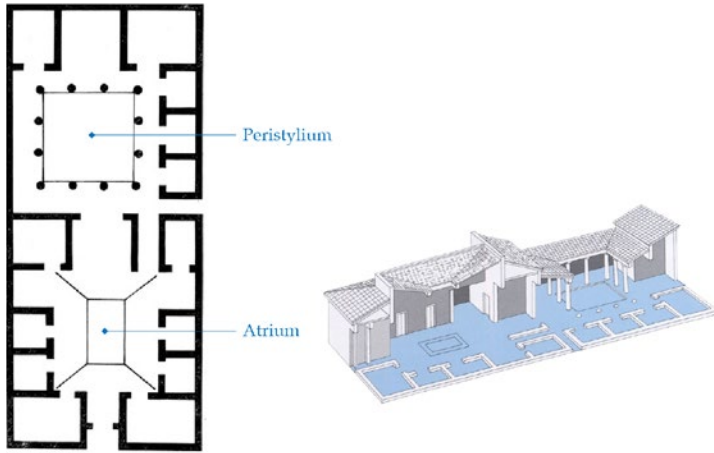
On pourrait aussi parler de « bon sens » lorsqu'on parle d'approche environnemental ou de conception bioclimatique. Ces principes, principalement basés sur des stratégies low-tech, sont souvent hérités de l'architecture vernaculaire du climat en question.

Pour qu'un bâtiment bioclimatique soit estimé pertinent, il doit répondre à ces trois critères.

S.COURGEY et J.P.
OLIVA
«La conception
bioclimatique»
p.207

- Des performances thermiques efficaces et durables
- Un air intérieur de qualité
- Une charge environnementale réduite sur toute sa durée de vie et de fin de vie.⁵

D'ici 2050, il est nécessaire de réduire par quatre la contribution du secteur de la construction au changement climatique, ce qui implique qu'il ne s'agit plus d'une simple amélioration des habitudes existantes, mais bien d'une nouvelle façon de construire, associés à une nouvelle façon de concevoir. Ceci était le leit-motif de l'architecture bioclimatique mais est actuellement en train de devenir celui du secteur de la construction tout entier.



Forme typique
de la «Do-
mus» romaine,
Peristylum et
Atrium

Professeur Ortelli
«cours histoire
de l'habitation, la
domus»



© JOEL SOWERS

1.1 Des origines vernaculaires et troglodytes

[6]CHRISTOPHER
ALEXANDER
«Notes on the
Synthesis of Form,
Harvard University
Press, Cambridge,
1964»

“The form is the solution to the problem; the context defines the problem. In other words, when we speak of design, the real object of discussion is not the form alone, but the ensemble comprising the form and its context.”⁶

Les romains utilisaient déjà des techniques passives pour refroidir les Domus des grosses chaleurs estivales du climat méditerranéen, grâce au péristyle et à l’atrium, ils permettaient à l’air frais de s’engouffrer dans les Domus et de circuler librement grâce aux colonnades du péristyle. Un plan d’eau centrale permettait de rafraîchir l’air et de fournir un repère visuel frais pour mieux supporter psychologiquement les fortes chaleurs.

[7]Maison-monde
« les maisons
troglodytes de Mesa
Verde»

Mais les romains n’étaient pas les seuls à utiliser le climat pour augmenter leur confort. Les Anasazis, ou “Anciens” est une ancienne civilisation ayant réalisé ces habitations troglodytes vers l’an 1200 dans une alcôve de Mesa Verde. Grâce à cette position stratégique dans les canyons de la région des Quatre Coins, au sud-ouest des États-Unis, ils profitaient pleinement des rayons du soleil durant la période hivernale lorsque le soleil était plus bas. En période estivale, quand le soleil est à son zénith, ils se protégeaient ainsi des rayons brûlants du soleil grâce à l’ombre projetée par la falaise.⁷

[8]R. CAMOUS ET
D. WATSON
«L’habitat bioclimatique»
p.7

Depuis toujours les constructions traditionnelles se servaient précieusement des éléments climatiques locaux. Ce n’est que depuis l’ère des combustibles fossiles bon marché que nous avons délaissé les techniques naturelles pour les remplacer par des moyens modernes de chauffage et d’air climatisé. Mais depuis la crise énergétique, on observe un certain intérêt pour ces techniques naturelles permettant d’effectuer des économies d’énergie. Comme une sorte de retours aux sources de l’architecture. « Dans tous les cas, la lutte contre les conditions climatiques défavorables commence au moment de la conception du bâtiment. »⁸

La conception bioclimatique est réalisable dans n'importe quelle partie du monde, les stratégies mises en place seront bien entendues différentes, adaptées à chaque zone climatique, mais visant à réduire les besoins en chauffage et en climatisation, tout en améliorant le confort et la qualité de vie.

« A long terme, les économies d'énergie qui en résultent font que la conception bioclimatique représente actuellement le meilleur investissement pour la société et pour les individus. »⁹

[9] R. CAMOUS ET D. WATSON
«L'habitat bioclimatique»
p.7

1.2 Une inspiration naturelle

« The task of design is to create order in the whole, which is reached when the form gives response to the conditions of natural environment, like the orientation of the house to the winds or the sun, the size and location of the openings in accordance with the entry of light, ventilation or heat, etc. »¹⁰

[10] MARIA GUERREIRO AND ISRAEL GUARDA
«Bioclimatic Urbanism and Regional Design in Portugal: The Atlantic and the Mediterranean Contexts»

On retrouve dans cette définition les mêmes principes que Louis Sullivan mettait en avant en déclarant « La forme suit la fonction ». Sullivan soutenait ce propos en relation au fonctionnalisme, qui n'était pas dans une recherche d'esthétisme, mais plutôt dans la mise en avant des principes de vérités structurelles. On y voit un lien avec les éléments naturels, qui viennent sculpter la forme d'une construction bioclimatique. Cette vision tire ainsi un meilleur parti des ressources qui sont toujours présentes dans la nature : le soleil, le vent, la végétation et la température ambiante.

Par la suite par la suite, Frank Lloyd Wright a donné une autre vision de la fameuse phrase de son mentor Louis Sullivan : « Form follows function - that has been misunderstood. Form and function should be one, joined in a spiritual union. »

Frank Lloyd Wright avait une architecture fortement influencée par la nature, qu'il voyait comme un forte source d'inspiration.
« study nature, love nature, stay close to nature. It will never fail you. »

« No house should ever be on a hill or on anything. It should be of the hill. Belonging to it. Hill and house should live together each the happier for the other. »

[11] FRANK LLOYD WRIGHT
«guggenheim.org»

« I believe in God, only I spell it Nature. »¹¹

[12] The Columbia
Encyclopedia. Co-
lumbia University
Press

L'admiration de Frank Lloyd Wright pour la nature a commencé très jeune, en travaillant dans la ferme de son oncle. Une inspiration qu'il a su garder dans son architecture. On retrouve beaucoup l'utilisation de lumière naturelle, de végétation et d'eau dans ses projets. Le musée Guggenheim est un bon exemple dont il a tiré son inspiration de l'observation de forme naturelles, dans ce cas des coquillages. Mais l'un des projets qui reflète le mieux les convictions de F.L. Wright est la Fallingwater house. Elle démontre une impressionnante intégration dans son environnement. Elle a même été décrite: « as an architectural tour de force of Wright's organic architecture »¹²



© Frank Lloyd
Wright Foundation
© «guggenheim.
org»



Triptyque cli-
mat-habitat-
habitant

1.3 Le mode de vie

- « Il s'agit simplement de tirer parti des caractéristiques du site et du climat et de réfléchir aux activités des futurs occupants en fonction du moment de la journée. Un habitat bioclimatique est forcément unique, propre à un microclimat, à un lieu singulier et à des habitants aux besoins spécifiques. »¹³

Pour que la conception bioclimatique fonctionne à son meilleur potentiel, l'objectif est d'atteindre une adéquation entre la conception et la construction de l'enveloppe habitée, le climat et l'environnement dans lequel l'habitat s'implante et finalement les modes et rythmes de vie des habitants.

Dans un climat tempéré tel que le climat méditerranéen, cette recherche d'équilibre peut se diviser en deux grandes parties, articulées autour des saisons changeant le plus radicalement le climat, à savoir l'été et l'hiver.

Durant la période estivale, la stratégie vise à limiter les apports calorifiques et à favoriser le rafraîchissement.

Durant la période hivernale, c'est le contraire, le but étant de favoriser les apports d'énergie gratuite et minimiser les pertes thermiques. Comme les hivers méditerranéens sont qualifiés de doux, n'atteignant pas des températures extrêmes, les stratégies bioclimatiques seront d'avantage axées sur la période estivale car dans un tel climat une bonne isolation de l'enveloppe thermique et quelques principes bioclimatiques suffisent généralement à se passer de techniques mécaniques d'apport de chaleur.

Pour que cet équilibre entre climat, occupant et habitat soit atteint, l'architecture bioclimatique incite l'occupant à reprendre contact avec les rythmes naturels. Alors que depuis l'arrivée de l'électricité - nous permettant de continuer nos activités sans lumière naturelle - nous nous sommes progressivement déconnectés du rythme du soleil, et des problématiques thermiques grâce aux technologies ainsi induites assurant une température constante dans l'habitat indépendamment du climat.

Les différences de température de l'habitat incitent à un certain nomadisme des espaces intérieurs. En effet en été, lors de fortes chaleurs, l'occupant se réfugie dans la fraîcheur engendrée par les murs massifs au centre de l'habitation. Le soir, la tendance

s'inverse, un habitat qui s'ouvre aux brises rafraichissantes invite à profiter de la terrasse ou du jardin.

En hiver, lors de journées ensoleillées, ce sont les espaces excentrés ouverts sur la nature, baignés de chaleur et de lumière naturelle, qui deviennent alors particulièrement attractifs.

Contrairement à ce que l'on pourrait imaginer, un habitat solaire passif requiert la participation active de ses occupants. Pour que les stratégies bioclimatiques atteignent le meilleur rendement possible, il est nécessaire de la part des occupants d'avoir une prise de conscience, de passer d'un laisser-aller thermique engendré par nos systèmes traditionnels autonomes de régulation thermique à une position d'animateur énergétique. Les actions principales de l'occupant viennent du « bon sens ».

En été, favoriser au maximum les courants d'air frais pendant la nuit et en journée, fermer les occultations solaires pour éviter la surchauffe des pièces.

En hiver, de fermer les protections nocturnes pour limiter les déperditions de chaleur durant la nuit et au contraire, en journée, de les ouvrir pour capter l'énergie solaire.

Même si ces actions paraissent extrêmement basiques, elles requièrent très peu d'efforts pour un impact très important sur le confort thermique au sein de l'habitation.

Néanmoins, même si le comportement de l'occupant a un impact sur la consommation énergétique, il ne rend pas vains pour autant les efforts fournis au niveau de la conception bioclimatique.

« Un occupant « gaspilleur » dans un logement bioclimatique induit moins de dépenses qu'un occupant « économe » dans un logement aux normes actuelles. Évidemment, un comportement « économe » dans une maison bioclimatique fera encore mieux ! »¹⁴

[14] S.COURGEY
ET J-P OLIVA
«La conception
bioclimatique des
maison confortable
et économe»
p.35

1.4 L'utilisation des 4 éléments

Atteindre une bonne intégration du bâtiment dans son environnement, étant le premier principe de l'architecture bioclimatique, il est indispensable d'avoir une parfaite connaissance de l'influences des éléments naturels sur l'habitat. Aux fins d'une bonne compréhension, les 4 éléments naturels seront représentés comme suit dans le présent travail.



Le feu : Le rayonnement solaire incident, exposition, gains solaires



L'air : Les vents prédominants ou secondaires et la ventilation qu'ils peuvent engendrer.

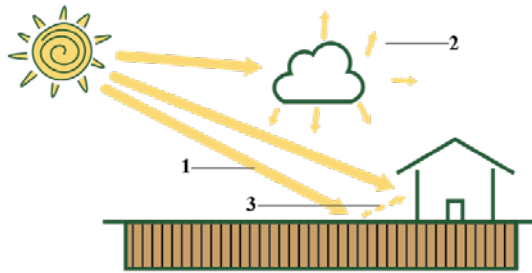


L'eau : L'eau de pluie, de rivière, risques d'inondation, les infiltrations du sols et l'évapotranspiration



La terre : La Terre au niveau de la végétation environnante, et des masques solaires voisins.

Dans les parties suivantes, l'Eau et la Terre seront regroupés du à leur relation profondément liée.



- 1 Rayonnement direct
- 2 Rayonnement diffus
- 3 Rayonnement réfléchi

Schéma des types de rayonnements

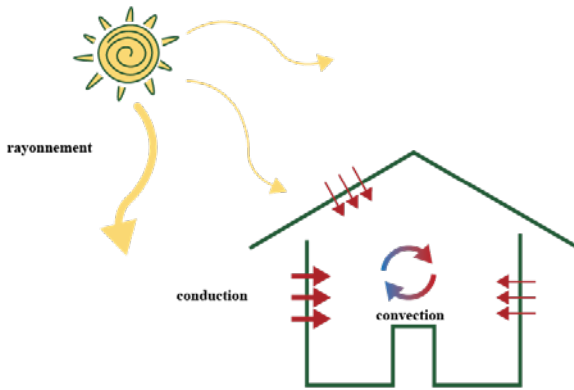


Schéma des échanges thermiques

1.4.1 Le feu :

Types de rayonnements

Le rayonnement global fournit par le soleil se décompose en trois types de rayonnement.

- 1 : Rayonnement direct
- 2 : Rayonnement diffus
- 3 : Rayonnement réfléchi

L'énergie reçues est maximale lorsque le rayonnement est perpendiculaire au plan de la surface réceptrice.

Les échanges thermiques

Les échanges thermiques entre corps au seins de l'habitat font appels à trois principes de thermodynamique. Pour qu'un échange soit effectué, il requiert une différence de température entre des corps, le chaud se déplacent toujours vers le corps le plus froid.

Le rayonnement se propage sous forme d'onde électromagnétique à travers l'espace ou les fluides, jusqu'à être finalement réfléchi ou absorbée par une surface. C'est ce que l'on ressent quand on approche notre main d'un radiateur et que l'on sent la chaleur sans pour autant le toucher.

La conduction thermique est l'échange de chaleur au seins d'un corps ou entre deux corps en contact. Ce transfert de chaleur dépend de la conductivité thermique du matériaux, c'est sa capacité à transmettre de la chaleur. C'est ce qui se passe lorsque nous touchons une surface chaude ou froide.

La convection est la forme principale de transfert de chaleur en milieu liquide ou gazeux. Dans une pièce, c'est le mouvement de l'air qui réparti principalement la chaleur d'un espace sur toute une pièce.

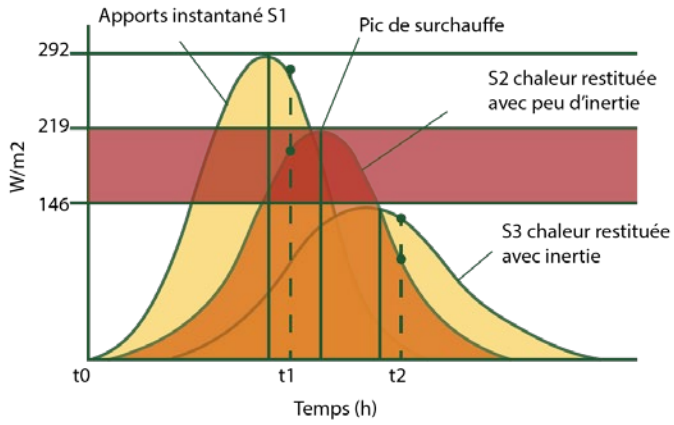


Schéma explicatif du déphasage inspiré «La conception bioclimatique des maison confortable et économe» p.81

Comme ce sont ses trois principes thermodynamiques qui définissent les échanges thermiques autant à l'intérieur qu'à l'extérieur, ils sont bien évidemment d'une grande importance dans la conception bioclimatique, ainsi que dans tout projet architectural pour influencer positivement le confort thermique de l'habitation.

Inertie thermique, déphasage

Le choix des matériaux est primordial dans la conception bioclimatique. Premièrement, si l'on y revient à la notion de bon sens, il paraît logique de favoriser principalement les matériaux naturels, locaux (afin de limiter les impacts négatifs dus aux distances d'avec les lieux de provenance) et des procédés de constructions durables. En outre l'inertie thermique des matériaux utilisés aura un impact déterminant sur le confort intérieur. Pour qu'un bâtiment soit confortable thermiquement parlant, il doit pouvoir résister aux variations thermiques sur des périodes courtes (jour/nuit) mais aussi beaucoup plus longues (saisonnière). C'est cette capacité d'adaptation aux conditions extérieures, qui fait de la conception bioclimatique une solution extrêmement durable.

[15] S.COURGEY
ET J-P OLIVA
«La conception
bioclimatique des
maison confortable
et économe»
p.80

« L'air n'ayant quasiment aucune capacité à stocker les calories, il faut pouvoir confier cette fonction aux éléments du bâtiment qui présentent les propriétés nécessaires à l'inertie thermique : la masse et la capacité thermique. »¹⁵

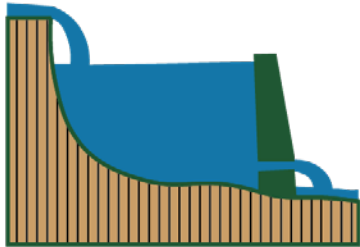
L'inertie d'un bâtiment ou d'une paroi est donc son aptitude à stocker de la chaleur. Et cette aptitude se quantifie en wattheure par mètre carré Kelvin (Wh/m².K). Plus cette valeur est importante, plus cela indique une forte capacité de stockage de chaleur ou de restitution de fraîcheur.

Le graphique ci-dessus montre la réaction d'un bâtiment à faible inertie thermique (surface S2) et celle d'un bâtiment à forte inertie thermique (surface S3) suite à un apport solaire (surface S1).

On voit qu'à l'instant t1, alors que l'apport solaire est très important, la chaleur restituée par le bâtiment à faible inertie est elle aussi importante mais celle du bâtiment à forte inertie est-elle réduite.

Au moment t2, alors que l'apport solaire est très faible, la cha-

Fort débit en amont



Faible débit en amont

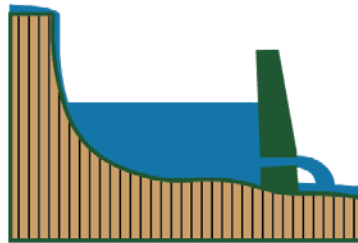


Schéma de l'analogie d'un barrage et de l'inertie thermique

leur restituée par le bâtiment a forte inertie est plus important et perdue dans le temps, alors que celui à faible inertie ne dégage plus beaucoup de chaleur.

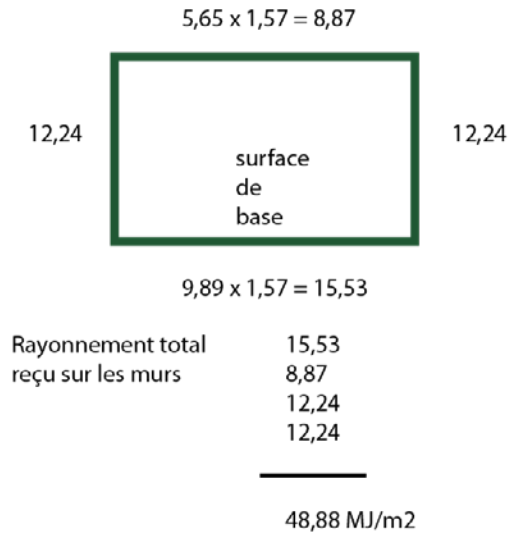
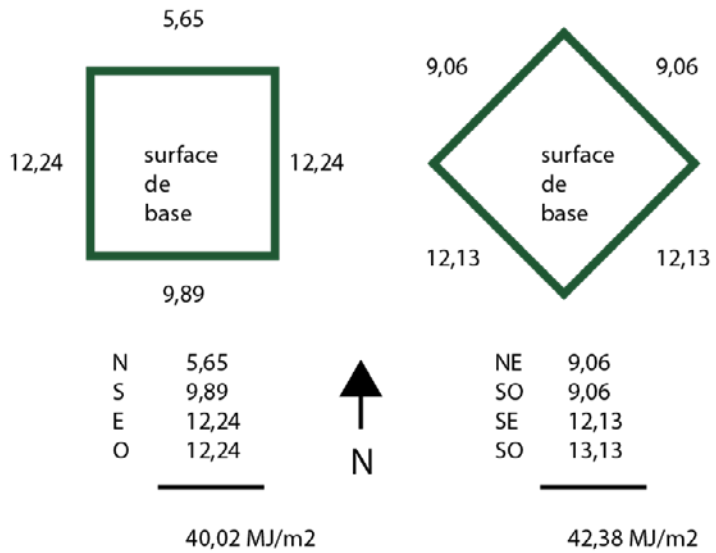
C'est grâce à cette forte inertie thermiques des matériaux utilisés que l'on peut éviter les surchauffes et bénéficier d'une réserve de chaleur pour les heures sans soleil, ou permettre de dissiper cet excès grâce à une bonne ventilation nocturne.

Finalement, peu importe la saison, une forte inertie thermique est une source de confort car elle atténue les fluctuations de température dans le bâtiment, évitant ainsi autant des surchauffes que des chutes trop brutales de température. En été, si elle est couplée à des systèmes de protection solaire, elle maintient des températures fraîches à l'intérieur.

En hiver, la tendance s'inverse, lors de journées bien ensoleillées on ouvre la maison aux rayons du soleil pour en emmagasiner le maximum d'énergie afin qu'elle soit restituée ultérieurement.

L'inertie d'un bâtiment fonctionne donc à l'image d'un barrage. Un barrage permet de réguler le débit d'eau indépendamment de la variation des apports en amont. L'inertie fonctionne de la même manière avec l'apport solaire à la place du débit d'eau.

Schémas
d'orientation
inspiré
«L'habitat bioclima-
tique»
p.134



Rayonnement / Surface de base
 $48,88 \div (1,57 \times 1) = 31,13 \text{ MJ/m}^2$

L'orientation

Dans le climat méditerranéen, l'orientation d'un bâtiment en fonction de la course du soleil a un impact déterminant sur la quantité d'énergie captée.

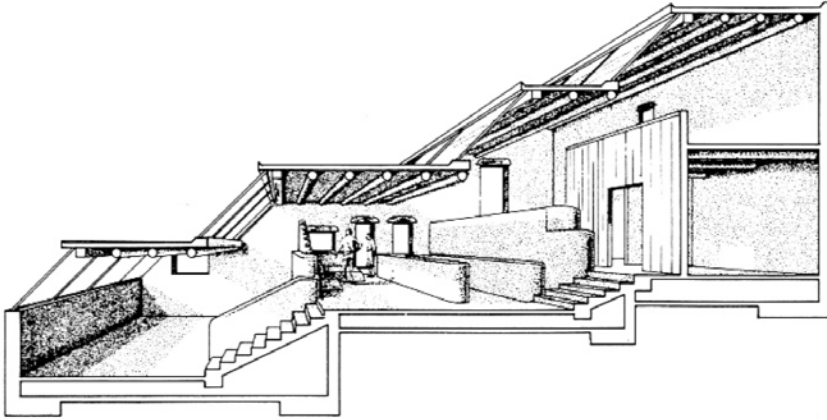
Le graphique ci contre montre le rayonnement solaire en Mj/m² reçu par jour par les murs verticaux d'un plan carré selon deux orientations. Valeurs moyennes de juin-juillet en latitude 38°N (latitude en plein centre du climat méditerranéen).

En climat méditerranéen, le problème majeur consiste dans les surchauffes en période estivale. Même s'il est théoriquement préférable d'opter pour une orientation avec façade plein sud ou plein nord, il est primordial de traiter l'orientation du bâtiment en prenant en compte l'ensemble des éléments naturels l'entourant. En fonction de la direction des vents dominants, de la position de la végétation locale, de la topographie, l'orientation optimale d'un bâtiment peut varier. La conception bioclimatique requiert impérativement une bonne vision globale des forces agissant sur le bâtiment.

[16]R. CAMOUS
ET D. WATSON
«L'habitat bioclimatique»
p.134-135

Ici, pour que la proportion soit optimale, elle doit permettre d'égaliser la somme des gains Nord et Sud avec les gains Est et Ouest. Dans notre exemple susmentionné, la meilleure configuration est donc un bâtiment de 9 mètres par 14 mètres avec le grand axe orienté Est-Ouest.¹⁶

Le rayonnement solaire estival étant beaucoup plus important sur une surface horizontale que verticale, et les surfaces verticales étant beaucoup plus simple à protéger des rayons du soleil il est donc judicieux de diminuer la surface de toiture en augmentant la hauteur du bâtiment. Généralement, un bâtiment du sud devrait avoir une plus grande hauteur qu'un bâtiment plus au nord pour le même volume habitable.



Coupe de la
maison Karen
Terry montrant
les réservoirs

© David Wright

Captage :

Une grande partie de la conception bioclimatique est basée sur les moyens de captage de l'énergie calorifique du soleil. Dans le contexte du climat méditerranéen, les stratégies privilégiées sont celles plus alternatives, permettant un bon captage en hiver mais surtout de ne pas générer d'importantes surchauffes en été. Ceci étant un point crucial, nous nous intéressons davantage aux stratégies du froid, plutôt qu'à celle spécifique aux gains de chaleur.

murs maçonnés

Issus des traditions constructives de l'Europe du Sud, les murs maçonnés représentent la mise en œuvre d'éléments minéraux comme la pierre, la terre cuite ou crue. Ils offrent une bonne gestion hygrométrique à l'intérieur de la paroi et doté d'une grande inertie thermique, ils sont bien adaptés aux fortes amplitudes du climat méditerranéen contribuant au confort d'été.

La maison de Karen Terry est un bon exemple de ce principe d'accumulation de l'énergie solaire. En plus de d'être stocké dans la maçonnerie en briques de terre et blocs de béton, les apports directs sont également stockés dans 28 fûts d'une capacité de 200 litres d'eau.

La maison s'étage sur un axe Nord-Sud en épousant la forme du terrain inclinée vers le Sud. L'intérieur comporte trois niveaux délimités par des murs de soutènements recelant des récipients d'eau. Les rayons du soleil pénètrent à travers quatre rangées de vitrages inclinés à 45°. La position des parois vitrées et des fûts sont telles que vers le milieu du jour, en hiver, le soleil frappe directement les murs d'eau pour une meilleure absorption de la chaleur. Cette maison fût réalisée par David Wright, l'un des pionniers de l'utilisation de l'énergie solaire passive.¹⁷

[17]JOHN LITTLER ET RANDALL THOMAS
« Design with energy, the conservation and use of energy in buildings »
p.127-128

Dalle sol

Dans le cas d'une dalle isolée sur « terre-plein », l'isolation se situe sous une quantité importante de matériaux lourds (forte inertie thermique). La dalle permet de réceptionner les calories gratuites arrivant par les baies vitrées. En hiver elle emmagasine l'énergie des rayons du soleil pendant la journée et la redistribue lentement durant la soirée. En été elle sert de puits de chaleur, comme étudiant avant, grâce au déphasage elle limite les périodes de surchauffe.

Baie vitrée

Les baies vitrées ont une utilisation multiple. Elles transmettent une quantité importante de lumière naturelle et ouvrent le logement vers l'extérieur. D'un point de vue thermique, elles captent l'énergie solaire reçue mais participent également à la ventilation. « Elles sont les organes de captage solaire les plus simples, les plus économiques et donc les plus répandus¹⁸ »

En fonction du contexte de leur utilisation et de leurs synergies avec les autres composants du bâti, les baies vitrées permettent selon les cas de couvrir 20 à 40% des besoins calorifiques de nos habitations. Pour des bâtiments sans masse thermique, les baies vitrées représentent un grand risque de surchauffes. Si elles sont mal positionnées, sans soucis climatiques, les baies vitrées représentent environ 25 à 35% des déperditions totales.¹⁹

Lorsqu'il n'est pas ensoleillé, un mètre carré de double vitrage a une déperdition de chaleur 10 fois plus grande qu'un mur bien isolé.²⁰

[18] S.COURGEY
ET J-P OLIVA
«La conception
bioclimatique des
maisons confortables
et économes»
p.113

[19] Idem

[20] Idem

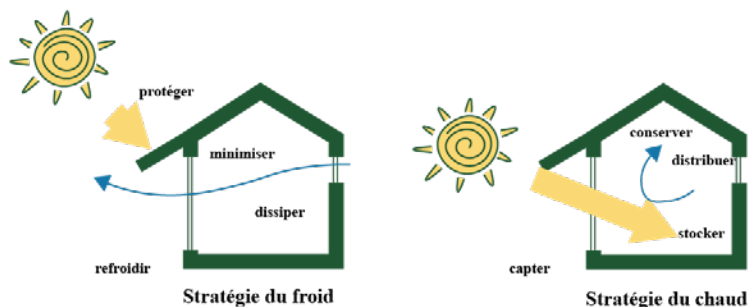
Ombrage /protections solaires

Les problèmes liés aux fortes chaleurs sont les enjeux principaux du climat méditerranéen. Les stratégies du chaud sont aisément gérables par l'implémentation d'une bonne isolation thermique des bâtiments et quelques stratégies de captage. Face à ces enjeux gravitant autour des problèmes de surchauffe, les protections solaires et les ombrages jouent un rôle déterminant dans la conception bioclimatique. La stratégie du froid se base sur une bonne protection du bâtiment des rayons incidents du soleil en période estivale pour minimiser les apports. Couplé à cela, une bonne ventilation de l'espace est importante pour dissiper la chaleur et refroidir le logement.

Les protections solaires doivent être correctement dimensionnées à partir des solstices d'été et d'hiver en fonction de la hauteur du soleil donnée en un lieu. De cette façon il est possible de projeter une ombre sur la façade sud en été quand le soleil est au plus haut et de protéger ainsi l'habitat des surchauffes. Le dimensionnement optimal permet également de laisser pénétrer les rayons du soleil en hiver, lorsque son azimut est plus petit, permettant un gain d'énergie calorifique, réduisant les besoins de chauffage mécaniques.

Les protections solaires sont à la base même de la conception bioclimatique adaptée au climat méditerranéen.

Schéma des
stratégies
hivernales et
estivales



1.4.2 L'air :

Ventilation naturelle

La ventilation naturelle est un élément clés de la conception bioclimatique comme moyen de refroidissement passif, remplaçant les techniques conventionnelles de climatisation mais également pour assurer le bon renouvellement de l'air intérieur, satisfaire les besoins en oxygène, évacuer les vapeur d'eau, les polluants et les odeurs. En soit, ces deux fonctions principales sont :

- Assurer une qualité d'air satisfaisante
- Limiter les déperditions thermiques du bâtiment

La ventilation naturelle peut être répartie en trois catégories :

- Aération par défauts d'étanchéité
- Renouvellement d'air par ouverture des fenêtres
- Ventilation par tirage thermique²¹

[21] S.COURGEY
ET J-P OLIVA
«La conception
bioclimatique des
maison confortable
et économe»
p.184

Jusqu'à la fin des années 1960, le type de ventilation prédominant des logement était la ventilation par pièces séparée. Elle consiste simplement à ventiler individuellement chaque pièce par la simple ouverture des fenêtres ou avec des grilles d'air disposées spécifiquement, une en façade pour l'entrée d'air et une en toiture pour la sortie.

Pour une meilleure ventilation, il en convient d'opter pour une ventilation par balayage, faisant ainsi circuler l'air à travers tout le logement. Celui-ci implique par conséquent des logements traversant ou pour le moins bi-orienté permanent ce balayage. Ce mode de ventilation écologique se base sur une ventilation naturelle et non sur une ventilation mécanique.

Finalement la ventilation par tirage thermique se base sur la stratification de l'air chaud. Elle est reliée à un conduit d'évacuation vertical non mécanisé par lequel s'échappe l'air vicié chaud et engendre un tirage de d'air frais dans le logement.

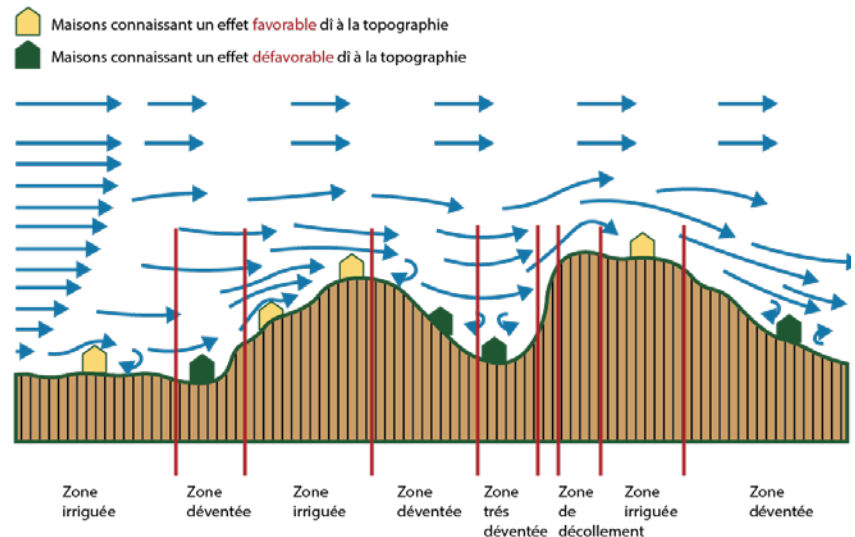
Dans un logement conçu avec une ventilation naturelle, le comportement de l'utilisateur influe fortement sur les résultats. En période de forte chaleur, il est primordial de bien ventiler durant la nuit pour « décharger » l'énergie emmagasinée dans les matériaux à forte inertie thermique. Ainsi profitant de la fraîcheur nocturne à disposition pour abaisser au maximum la température du bâtiment avant de d'inverser la tendance lorsque l'air extérieur commence à se réchauffer.

Le site

Pour qu'elle puisse est mise en place correctement, il est primordial d'avoir une excellente connaissance du site et de contrôler l'impact de la topographie sur l'exposition aux vents dominants. L'emplacement du projet en fonction de ces différences aura un impact sur les stratégies mise en place pour le contrôle du vent.

La figure ci-contre montre, selon une topographie donnée, les emplacements favorables et défavorables à une construction bioclimatique en fonction des différents types de topographie.

Schéma des effets de la topographie sur l'exposition aux vents



Écrans protecteurs

Nous avons vu l'importance d'une bonne ventilation mais l'exposition aux vents n'est pas toujours synonyme d'une aération optimale. Dans certain cas, un vent trop fort produit d'important inconfort dans le logement par des changements de pression conséquent ou des infiltrations non contrôlées.

L'exposition du logement aux vents prédominant peut être gérée par la morphologie du bâti ainsi que par des écrans protecteurs. Des arbres ou des arbustes peuvent être utilisés pour canaliser les flux d'air vers le bâtiment, avec la possibilité de créer un effet d'entonnoir ou de barrière.

Dans le cas du haut, on obtient une faible ventilation par accumulation de l'air dans la zone au lieu de circuler. Le vent est défecté autour du bâtiment et la ventilation naturelle sera affaiblie. Dans le cas du bas, la ventilation naturelle est maximale, l'effet d'entonnoir crée des corridors étroits sur les côtés du bâtiment et en dégage par l'arrière.

De manière générale, la façade d'un bâtiment devrait être orientée perpendiculairement à la direction des vents dominants. Une variation de l'orientation du bâtiment jusqu'à 30% est possible sans affecter le rendement de la ventilation naturelle.²²

[22] R. CAMOUS
ET D. WATSON
L'habitat bioclimatique (1979)
p.156

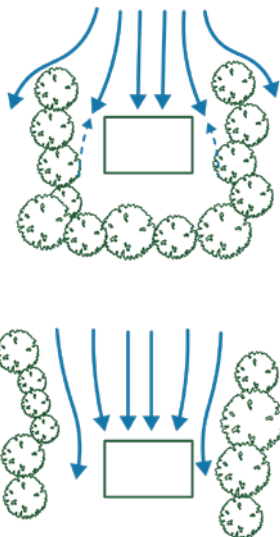


Schéma montrant l'utilisation de végétation comme écran protecteur

1.4.3. La Terre et l'Eau

[23] MARYCA-
ROL R. HUN-
TER, BRENDA
W. GILLESPIE,
SOPHIE YU-PU
CHEN «Urban
Nature Experiences
Reduce Stress in the
Context of Daily
Life Based on Sali-
vary Biomarkers»
(2019)

La sensation de bien-être est un effet indéniable de la nature sur la santé. Selon une étude menée en 2019 et parue dans *Frontiers in Psychology*²³, un contact aussi bref que 20 minutes avec la nature suffit pour que notre corps régule à la baisse notre niveau de cortisol, à savoir l'hormone du stress, réduisant notre niveau d'anxiété. Mais au-delà du bienfait mental associé au fait de vivre en contact avec de la végétation, cette dernière a aussi un grande influence sur le microclimat environnant.

L'influence des sols

La température de l'air en un lieu donné fluctue en fonctions du type de sol des surfaces l'avoisinant.

Les surfaces captant le rayonnement solaire peuvent être classée en trois catégories.

- 1 : Les sols empreint de végétation favorisant la réduction la température de l'air par évapotranspiration. Ce sont les sols de type herbe, forêt, boisement, etc.

L'utilisation de la végétation à proximité de l'habitat est un outil climatique important dans le climat méditerranéen pour le confort d'été pour plusieurs raisons que nous allons voir.

« Au cours d'une journée d'été ensoleillée, un hectare de gazon peut évaporer jusqu'à 22 000 litre d'eau, ayant un effet significatif sur la température de l'air »²⁴

- 2 : Les minéraux procurant une forte inertie. Dans cette catégorie nous parlons autant de sols minéraux naturels comme la roche, la terre nue ou encore le sable, que des sols minéraux aménagés par l'homme comme le béton, l'enrobé, les pavés, etc.

Ce type de sol a pour effet de retarder la chute des températures nocturne grâce à son inertie thermique importante. Ce procédé peut être particulièrement avantageux lors de la saison hivernale pour profiter des espaces extérieurs une fois le soleil couché, ou dans des latitudes plus nordiques. Par contre en cli-



[24] R. CAMOUS
ET D. WATSON
L'habitat bioclima-
tique (1979)
p.33

mat méditerranéen, ce type de surface risque d'engendrer des surchauffes journalières lors de périodes de fort ensoleillement. La température de surface entre de l'asphalte et de l'herbe variant facilement de 15°C. Cette différence de température induit également une variation de la température de l'air de la zone microclimatique de l'ordre de 6°C. La zone microclimatique étant comprise entre 30cm à 1.20m au-dessus des surfaces en question.²⁵

[25] R. CAMOUS
ET D. WATSON
L'habitat bioclimatique (1979)
p.33

- 3 : Les plans d'eau. Ils peuvent emmagasiner une grande quantité calorifique d'énergie qu'ils réémettent par rayonnement et convection lorsque la température de l'air diminue. Ainsi ils réduisent les amplitudes des variations de température, des régions océaniques mais également à l'échelle du microclimat, tel un lac ou un étang qui influence sur ces variations proportionnellement à sa taille.²⁶

[26] S.COURGEY
ET J-P.OLIVA
«La conception bioclimatique, des maisons confortables et économes» (2006)
p.57

Par conséquent, l'aménagement du terrain devrait minimiser l'imperméabilisation des sols, en limitant les surfaces pavées ou enrobées. Pour stabiliser les accotements ou créer des places de stationnement, des blocs de pavage ajourés proposent une solution bioclimatique plus perméable.

Lorsqu'il est nécessaire de minéraliser les sols, planter des arbres pour ombrager ces zones permet d'éviter des surchauffes trop importantes.

Au niveau de la voirie, il est préférable de réduire au minimum la largeur des routes, des rond points, etc.

La végétation

[27] AZ QUOTES
«Frank Lloyd
Wright»

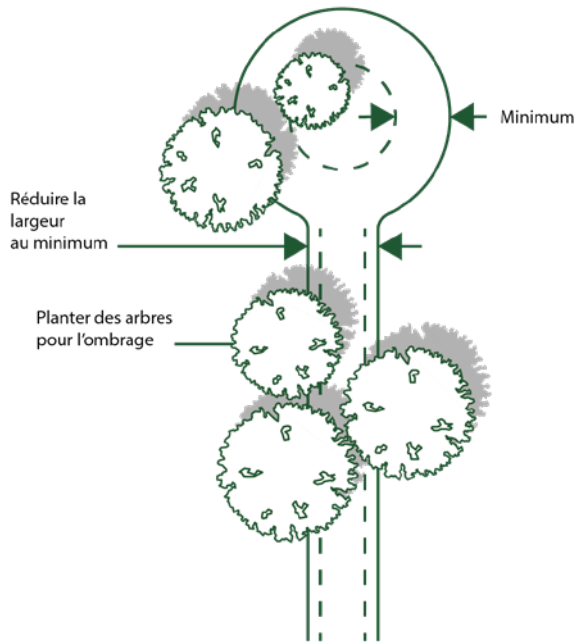
« The best friend on earth of man is the tree: When we use the tree respectfully and economically, we have one of the greatest resources of the earth. »²⁷

La végétation s'avère être un outil efficace de la régulation de la température qui participe grandement au confort pour diverses raisons.

[28] R. CAMOUS
ET D. WATSON
L'habitat bioclimatique (1979)
p.34

« De toute façon, la végétation devrait être utilisée au maximum et, partout où cela est possible, les surfaces construites telle que les rues ou les toitures devraient être ombragées par des arbres »²⁸

Schéma des
espaces publics
optimisé contre
les surchauffes
inspiré de l'habitat
bioclimatique p.34



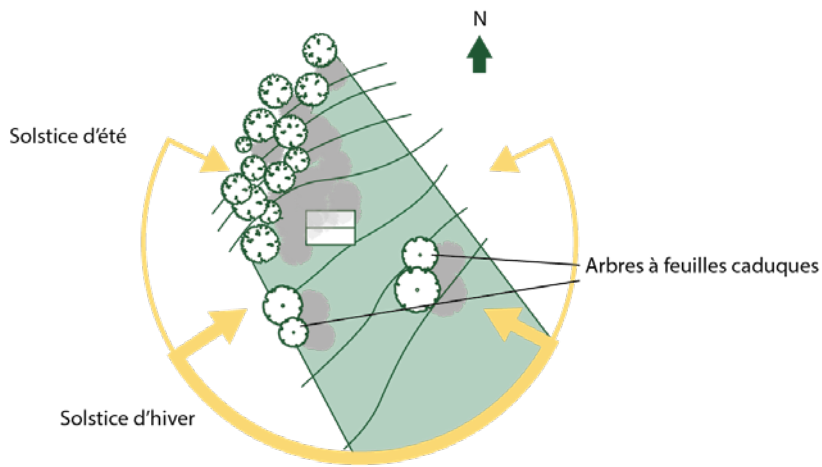


Schéma des masques solaires en fonction des saisons inspiré de la conception bioclimatique p.126

Masque solaire

Premièrement elle sert de masque solaire naturel. Définissant ainsi deux catégories de végétation accompagnant les besoins du bâtiment en fonction de leurs rythme végétatif annuel.

- 1 : La végétation à feuillage persistant, c'est-à-dire qu'ils gardent leur feuillage tout au long l'année. Ce type de végétation est particulièrement utile pour créer une barrière végétale constante sur toute l'année.
- 2 : L'autre catégorie est la végétation à feuillage caduque, signifiant qu'elle perde ses feuilles en période hivernale. Ce dernier type de végétation s'avère particulièrement pratique pour faire office de masque solaire en été, projetant ainsi une ombre et participant à une régulation de la température d'un espace ou d'un bâtiment. En hiver par contre elle permet de laisser passer les rayons du soleil et contribuer au captage d'énergie.

Évaporation

L'évapotranspiration de la végétation entourant l'habitation fait baisser la température extérieur local, donnant un aspect de fraîcheur au espaces extérieur. En réduisant la température entourant le bâtiment il en devient plus facile par conséquent de réguler aussi la température intérieur du bâtiment si elle est couplé à une bonne ventilation naturelle.



[29] S.COURGEY
ET J-P.OLIVA
«La conception
bioclimatique, des
maisons confortables et économes»
(2006)
p.57

L'évaporation d'eau effectuée par un hêtre adulte peut fournir un effet de refroidissement de l'air de 1'000 mégajoule (soit environ 280 kWh ou l'équivalent d'un système de climatisation pour 10 pièces, fonctionnant 20 heures par jour). »²⁹

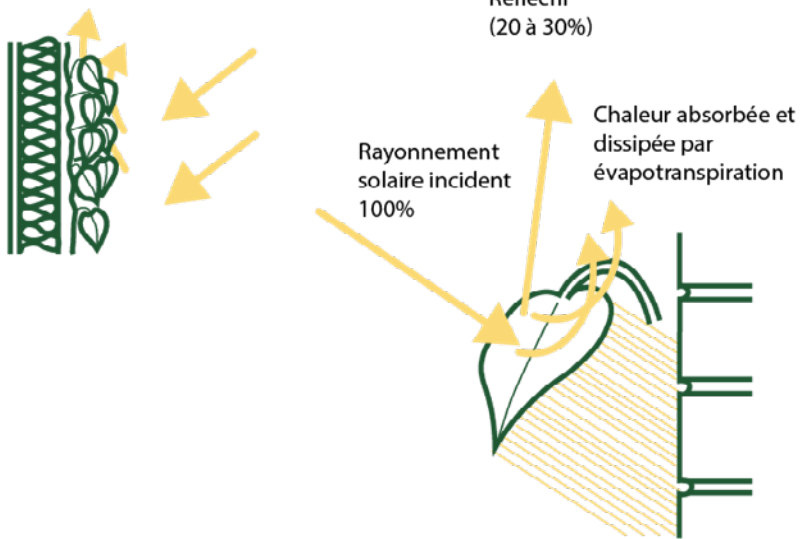


Schéma de régulation thermique d'une façade avec de la végétation

Purifier l'air

La végétation peut aussi être utilisée comme un filtre. Correctement disposée autour du bâtiment elle permet de filtrer autant la poussière que certain polluant. Elle oxygène l'air et protège des vents chauds. Elle est une très bonne solution pour des projets se trouvant proche de voies de circulation automobile. Elle permet aussi dans certains cas que réduire les nuisances sonores et de rendre les espaces extérieur plus plaisant.

Réfectivité

[30] S.COURGEY
ET J-P.OLIVA
«La conception
bioclimatique, des
maisons confortables
et économes»
(2006)
p.37

Les plantes grimpantes, comme le lierre, sont de très bon moyens de climatisations quand ils sont placé sur l'enveloppe du bâtiment car la température de surface de cette dernière s'en trouve réduite. Une couverture de lierre sur treillis permet de réduire de 50% le rayonnement solaire frappant le mur. Il est estimé que cette réduction du rayonnement solaire de 50% équivaut à une réduction du gain de chaleur d'environ 550 kilojoules par mètre carré (0,15 kWh/m²) pour un mur ouest en journée d'été.³⁰

Récupération des eaux

Le climat méditerranéen connaît un climat qualifié de chaud et sec. Annuellement, les jours de précipitation sont de environ 78 jours, mais avec le changement climatique les période sèche-resse augmente mais l'intensité des précipitation aussi. En plein orage, la quantité d'eau tombant sur un lieux peut vite donner lieu à des inondations si la récupération des eaux est mal gérée ou si les surfaces sont trop minéralisées. L'implémentation de bassin de rétention ou de noue lors de la phase de conception sont des atout majeur de durabilité d'un projet dans de contexte du climat méditerranéen qui tend à s'extrémiser.

1.5 Dispositifs spécifiques :

Nous avons vu que la conception bioclimatique se base sur des stratégies pour favoriser les échanges passif entre l'habitat et l'environnement extérieur. Il existe cependant différents dispositifs plus ou moins élaborés pouvant se coupler à ces stratégies d'application.

Murs capteurs accumulateur

Le principe d'un mur capteur accumulateur est relativement simple. On place un vitrage devant un mur en maçonnerie lourde à une distance de quelques centimètres. Le rayonnement solaire traverse le vitrage et chauffe la lame d'air. Cette chaleur est ensuite transmise par conduction au mur qui la restituera sur forme de rayonnement avec un temps de déphasage calculé. Ce système fonctionne très bien pour augmenter le rendement de l'énergie du rayonnement emmagasinée. Néanmoins, dans le contexte du climat méditerranéen, son action visant à augmenter la température ne le rend pas adapté. Même lorsque des ouverture mécanique aux extrémités de la lame d'air pour une ventilation en période de chaleur, ce dispositif produirait d'importante surchauffes. Il est donc plus adapté aux latitudes situées plus au Nord où les besoins en apport calorifique sont plus nécessaires.

Serres solaires

Les serres solaires fonctionnent comme un mur capteur de type « double peau » dont la lame d'air serait assez grande pour être habitable.

En hiver, cet espace non chauffé se réchauffe avec le rayonnement solaire. La chaleur est ensuite transmise par conduction au mur en maçonnerie. La quantité de chaleur transmise est gérée par l'habitant car il peut choisir ou non d'ouvrir entre le logement et la serre.

En été, la serre protège la façade du rayonnement. La surchauffe s'effectue dans la serre mais si cette dernière est correctement ventilée, la surchauffe appliquée à la façade est considérablement réduite. Dans ce cas, la connexion entre la serre et le logement doit rester fermée pour ne pas transmettre la chaleur emmagasinée.

La serre fonctionne comme un espace tampon entre le bâtiment et l'environnement extérieur.

[31] S.COURGEY
ET J-P.OLIVA
«La conception
bioclimatique, des
maisons confortables
et économes»
(2006)
p.161

Même si son application est principalement mise en place pour des logements individuels, le principe reste le même et peut être utilisé dans un contexte collectif. Dans le climat méditerranéen, une nouvelle fois, les exigences en terme de surchauffes font que l'on privilégiera des systèmes de brise soleils et d'ombrage laissant place à une ventilation accrue plutôt que des serres solaires destinées principalement à réchauffer, plutôt qu'à rafraîchir³¹.

Capteur à air

Si une serre suppose un espace habitable et un mur capteur l'existence d'une masse thermique derrière un vitrage, le capteur à air désigne un dispositif de type caisson permettant de chauffer une lame d'air sans inertie. Ce dispositif est particulièrement pertinent pour :

- Réchauffer directement des pièces non contiguës aux façades ensoleillées.
- Alimenter un volume d'inertie en contact direct avec des volumes à chauffer
- Pour équiper une véritable installation de chauffage par air pulsé.

Puits canadien

Les murs capteurs, serres solaires et capteur à air sont tous des dispositifs qui valorisent le rayonnement solaire. Un puit canadien ne se sert pas du rayonnement solaire mais de l'énergie « géosolaire », signifiant qu'il se sert de l'énergie solaire emmagasinée dans les couches superficielles de la croûte terrestre pour se réchauffer ou se rafraîchir selon la saison. Il est un échangeur thermique où l'air transite à travers des canalisations avant d'arriver dans le logement. Ce dispositif était déjà utilisé dans de nombreuses cultures en climat chaud comme avec par exemple, les tours à vent iraniennes.

La tour est orientée au vent avec une prise d'air en hauteur captant l'air plus frais et l'achemine vers le logement. Durant les nuits venteuses, le principe reste le même mais lors d'absence de vent, la tour réchauffée fait office de cheminée thermique et induit le phénomène de ventilation par tirage thermique.

Si d'un point de vue environnemental la réalisation d'un puit canadien est incontestable, c'est la notion financière qui limite son implémentation avec de forts coûts de réalisation des tranchées.

Synthèse de la conception bioclimatique :

Nous avons que la conception bioclimatique cherche avant tout à concilier les relations entre un habitat et son environnement. Un bâtiment bioclimatique est estimé pertinent lorsqu'il assure des performances thermique réelles et durables, un air intérieur de qualité et une charge environnementale limitée sur toute sa durée de vie. Comme la conception bioclimatique se base sur des notions de « bon sens » cherchant à se servir des éléments naturels à disposition plutôt de les subir, nombreuses sont les stratégies applicables en fonction des différentes situations. Ce qui en fait sa force, c'est le choix judicieux de solutions complémentaires entre elles à défaut d'une simple compilation de ces stratégies, fussent-elle chacune très pertinente. Nous avons également vu comment ces stratégies de conception prennent le dessus sur les dispositifs à caractère purement technique. Beaucoup de ces dispositifs bioclimatiques techniques répondent à des problèmes lié au froid, les rendant obsolètes dans ce contexte climatique.

Lors de la réalisation de cette recherche, il m'est apparu clairement sur la base des livres et documents sources, que la conception bioclimatique était principalement appliquée à des logements individuels.

Dans cette deuxième partie nous allons voir comment appliquer ces principes à l'échelle du collectif et les problèmes engendrés par la collectivité.

2.0 La conception bioclimatique à l'échelle du quartier

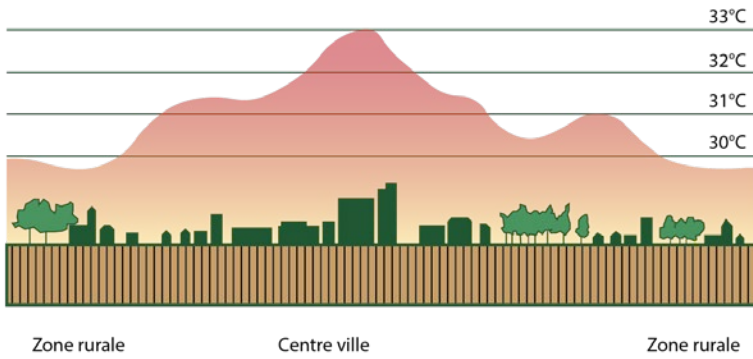
2.1 Concevoir dans un contexte en densification

[32] R. CAMOUS
ET D. WATSON
L'habitat bioclimatique (1979)
p.8

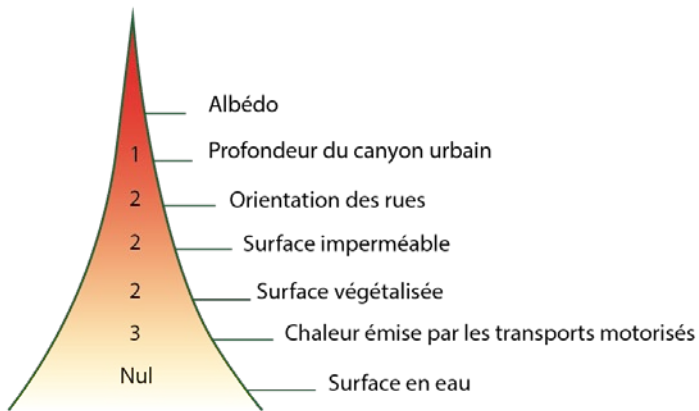
On observe dans le pays industrialisé, une tendance vers la maison individuelle mais de tels bâtiments présentent une importante proportion d'enveloppe par rapport à leur volume et sont particulièrement exposés aux effets du climat extérieur. Cette état de fait pénalise ce type de bâtiment du point de vue énergétique.³² La production à grande échelle de logements individuels sans cohérence urbanistique consomme beaucoup trop d'espaces et est préjudiciable à l'intérêt collectif. De fait elle favorise l'étalement urbain, dégradant ainsi les milieux naturels et agricoles, augmente les besoins en déplacements et ses conséquences, tout en accentuant l'exclusion sociale. Par conséquent, privilégier des formes urbaines plus denses, réduisant les distances et privilégiant les méthodes de transport public offre une manière plus durable de conception.

D'autres types de logements plus collectifs, comme l'habitat intermédiaire, accolé, en bande, imbriqué ou encore superposé offrent les qualités de l'habitat individuel, tel que l'intimité, le prolongement extérieur, etc, tout en assurant des économies d'espace, et offrant des parcours résidentiels adaptés. Mais quels sont les conséquences liées à une conception non plus à l'échelle d'un bâtiment isolé, mais d'un ensemble.

Dans la partie suivante nous allons voir les problèmes liés aux effets des 4 éléments à l'échelle du collectif et comment les stratégies de conception bioclimatique permettent de les résoudre de manière durable. Finalement, nous analyserons 3 cas d'études représentatifs de cette problématique.



Phénomène
d'îlot de chaleur
urbain



Hierarchisation
des éléments
influant sur le
phénomène
d'îlot de chaleur
inspiré de «L'effica-
cité énergétique du
bâtiment» p.327

2.1.1. Le Feu

Les écarts de températures entre les zones rurales et les quartiers urbains peuvent être important lors des journées de grosse chaleur estival. La raison principale tient au phénomène d'îlot de chaleur. Ce phénomène est dû à une addition de différents facteurs comme l'Albédo, la profondeur du « canyon urbain », l'orientation des rues ou encore la relation entre les surfaces imperméables et végétalisées. Les conséquences d'une augmentation de chaleur locale générée par un îlot de chaleur induit un accroissement des besoins de climatisation mécanique car il y a une réduction des opportunité de fonctionnement de la ventilation naturelle en été, voire en demi-saison. Ceci induisant un inconfort pour les usagers qui subissent une augmentation de la température extérieur.



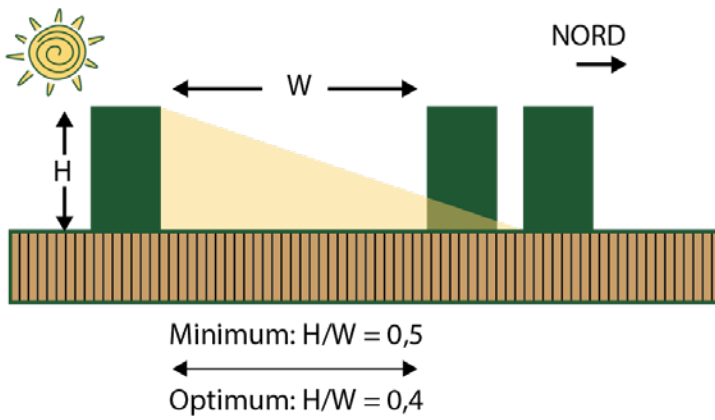
[33] PHILIPPE
RHAM «Histoire
naturelle de l'archi-
tecture» (2020)
p.220

Par exemple en Caroline du Nord et en Californie, la couleur des toits rouges des bus avait été remplacée par du blanc. Cette différence d'Albédo avait induit en une différence de 7°C à l'intérieur des bus³³

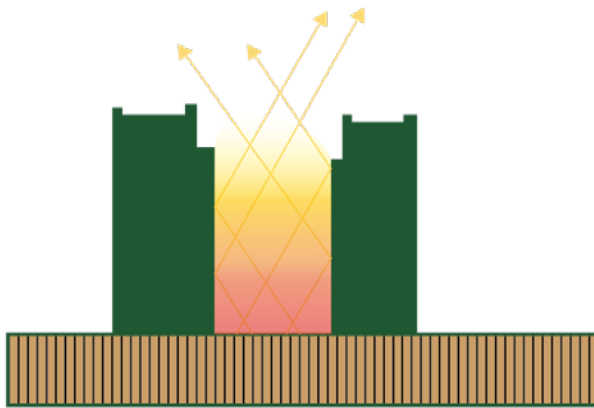
[34] RICHARD
FRANK, GUY
JOVER, FRANK
HOVORKA,
« L'efficacité énergé-
tique du bâtiment »
p.327

Le traitement de ces îlots de chaleur fait intervenir les principes de base du bioclimatisme, consistant à créer un microclimat plus favorable en améliorant les bilans radiatif, convectif et évaporatif de la zone en se basant sur les différentes configurations saisonnières et journalières de température et d'ensoleillement.³⁴

Il est possible d'influencer fortement sur les îlots de chaleurs grâce aux matériaux utilisés, à la végétation/eau et aux formes urbaines.



Distance optimale entre deux bâtiment orienté Nord-Sud inspiré de «L'efficacité énergétique du bâtiment» p.322



Augmentation du phénomène d'îlot de chaleur par un rapport H^2/W inspiré de «L'efficacité énergétique du bâtiment» p.328

Au niveau des formes urbaines, l'orientation et la verticalité jouent un rôle important. Une orientation nord-sud des bâtiments permet de mieux maîtriser les effets du soleil, en favorisant l'apport de chaleur en hiver tout en protégeant efficacement les façades du rayonnement estival. De plus, à l'échelle du bâtiment, elle offre la possibilité de disposer les typologies par fonction d'usage propre à leur comportement thermique. Par exemple de disposer au nord les locaux techniques faisant office d'espace tampon thermique en hiver et plus faciles à rafraîchir en été. Laissant au sud les espaces libres pour y disposer les espaces de bureaux, ou des salles de classe par exemple. Cette disposition nord-sud ne doit pas pour autant impliquer une disposition monotone en barre.

[35] RICHARD
FRANK, GUY
JOVER, FRANK
HOVORKA,
« Efficacité éner-
gique du bâtiment »
p.321

« En urbanisme comme en bâtiment, il n'y a pas de standard, seulement des compromis locaux »³⁵

Au niveau de la verticalité des formes urbaines, on parle d'un rapport H/W. Sur une façade sud, pour que ce rapport soit optimal il doit se trouver entre 0,4 et 0,5.

[36] RICHARD
FRANK, GUY
JOVER, FRANK
HOVORKA,
« Efficacité éner-
gique du bâtiment »
p.322

Lorsque le rapport entre hauteur (H) et profondeur (W) se rapproche de H^2/W , les rayons du soleil se retrouvent emprisonnés et se réfléchissent entre les façades, créant un canyon urbain profond très propice à la formation d'un îlot de chaleur.³⁶

2.1.2 L'Air

La maîtrise du vent impacte non seulement le confort extérieur des espaces, mais aussi les performances énergétique et le confort des bâtiments.

Limiter la vitesse des vents en hiver permet de limiter les infiltrations et les refroidissement par convection à l'échelle du bâtiment. A l'extérieur cela diminue la gêne mécanique des piétons (turbulence, vents forts, effet de venturi...) et augment la température ressentie.

- Gêne mécanique
 - o $V \leq 4$ m/s : effet non senti
 - o $V \geq 5$ m/s : effet senti
 - o $V \geq 10$ m/s : marche malaisée
 - o $V \geq 15$ m/s : risque réel de chute
- Température ressentie pour une température de 0°C (refroidissement aérolique) :
 - o $V = 5$ km/h : $T = -1,6^{\circ}\text{C}$
 - o $V = 10$ km/h : $T = -3,3^{\circ}\text{C}$
 - o $V = 50$ km/h : $T = -8,6^{\circ}\text{C}$
 - o $V = 100$ km/h : $T = -10,6^{\circ}\text{C}$ ³⁷

[37] RICHARD
FRANK, GUY
JOVER, FRANK
HOVORKA,
« Efficacité éner-
gique du bâtiment »
p.323

Au niveau de l'orientation, contrairement à l'exposition solaire qui préconise une orientation nord-sud, la meilleure orientation des axes de déplacements est oblique, entre 30 et 60% par rapport à l'axe des vents dominants. Cette orientation permet efficacement de limiter la création de couloirs de vent fort tout en permettant une ventilation suffisante des espaces.

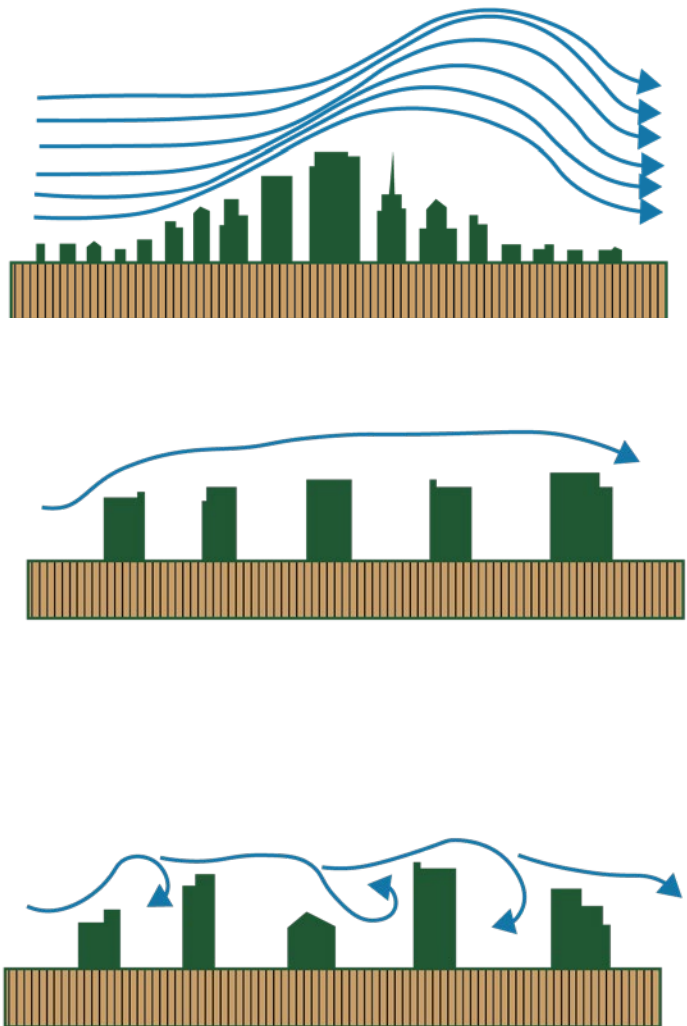
Il est préférable, à l'échelle urbanistique, d'éviter les ruptures brusques de niveaux car elles sont génératrices de turbulence. De plus, les risques de turbulence augmentent sensiblement lorsque la hauteur des bâtiments dépasse une hauteur de 15m.

Si les ruptures brusques de niveaux sont à éviter, une trop grande homogénéité des hauteurs n'est pourtant pas favorable car elle limite considérablement la ventilation des espaces de circulation lorsqu'ils sont trop profonds.

Comme pour l'exposition au soleil, le rapport entre hauteur (H) et profondeur (W) joue un rôle important dans la maîtrise du vent. Pour limiter les turbulences trop importante, le rapport optimal entre la hauteur et la profondeur est assuré lorsque $H/W \geq 0,4$.

Les outils de simulation dynamique des fluides permettent d'évaluer précisément le comportement des vents au sein d'un quartier et de pouvoir apporter des solutions adaptées au micro-climat que crée la conception d'un ensemble d'habitation.

Schémas de l'influence de la morphologie urbaine sur la ventilation naturelle



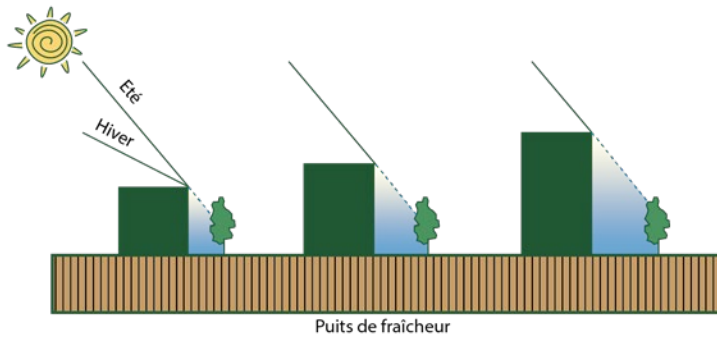
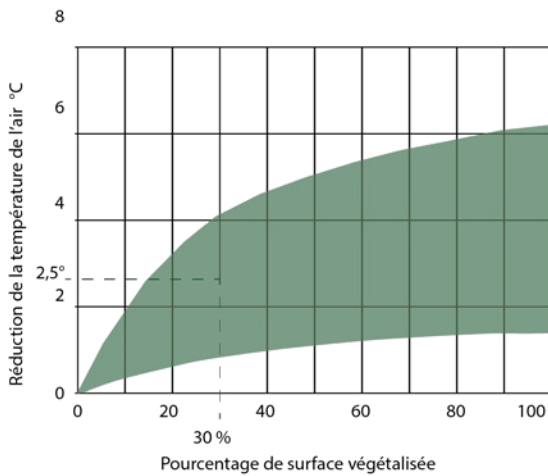


Schéma d'un puit de fraîcheur



Impact du taux de végétation sur la réduction du phénomène d'îlot de chaleur inspiré de «L'efficacité énergétique du bâtiment» p.329

2.1.3. La Terre et l'Eau

La végétation et l'eau, comme mentionné avant, participe activement à la diminution du phénomène d'îlot de chaleur. Pour des bâtiment en lisière de bois, ce constat est très net, avec des différences de température de plusieurs degrés. En plus des différences de température quantifiables, la végétation et l'eau ont un effet psychologique sur la sensation de chaleur. Le terme puits de fraîcheur est alors parfois associé au bienfait en sensation de fraîcheur lié à l'eau et à la végétation. L'humidité ambiante générée par la végétation, l'évaporation ou encore la circulation d'air sur des plans d'eau ou fontaine rafraîchit l'air ambiant. Le tableau ci-dessous montre le rapport entre le pourcentage de surface végétalisée et la réduction de la température de l'air. On y voit que pour une surface végétalisée de 30%, l'on obtient déjà une réduction de la température de 2,5 pourcent.

Nous avons donc vu que même si chaque bâtiment est doté d'une bonne conception, pour que la conception du quartier soit elle aussi efficace, il est important que chaque bâtiment ne soit pas conçu comme un objet isolé et statique mais comme un élément d'une organisation spatiale évolutive. Que ce soit pas des règles figées qui les dictent mais « une recherche d'un optimum conciliant l'ensemble des paramètres de conception d'un urbanisme dit environnemental et à faible impact énergétique »³⁸.

[38] RICHARD
FRANK, GUY
JOVER, FRANK
HOVORKA,
« L'efficacité éner-
gique du bâtiment »
p.330



© oh!som
architectes

2.2 Cas d'études

2.2.1. L'Art du temps, Aix-en Provence

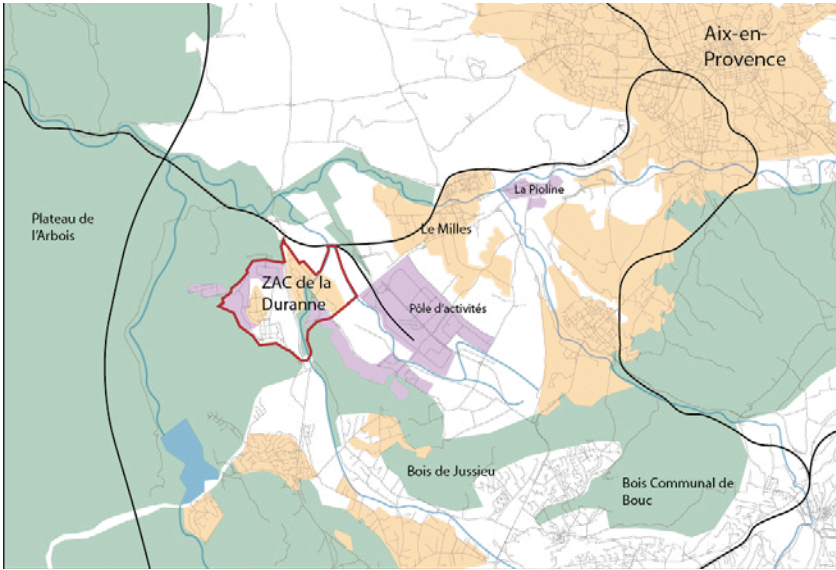
Contexte

La ZAC de la Duranne

Le projet L'art du Temps s'inscrit dans une ZAC (Zone d'aménagement concertée) de la Duranne lancé dans les années 1990. Situé entre le plateau de l'Ardois et la ville d'Aix-en-Provence, cette ZAC avait initialement été créer pour constituer un pôle d'activité tertiaire pour la ville d'Aix-en-Provence. Cette ZAC de 270 hectares est aujourd'hui en pleine mutation. Avec une réserve foncière de 70 hectares, elle doit répondre au manque de logement de la ville d'Aix en créant 2500 nouveau logements dans une logique d'Eco quartier. Le développement de la zone se déroule selon 4 thèmes fondateurs durables:

- Lutter contre le réchauffement climatique
« Il s'agit de lutter contre les consommations énergétiques par une conception bioclimatique des bâtiments couplée une haute performance énergétique des constructions. »³⁹
- Proposer des alternatives à l'automobile individuelle
Une nouvelle desserte par navette électrique est mise en place au sein du quartier de la Duranne ainsi qu'une ligne de bus express desservant les zones tertiaire de l'Arbois soulageant ainsi la route D543 traversant la Duranne.
- Préserver les ressources
Il est prévu de lutter contre l'étalement urbain en limitant les espaces naturels consommés, de conserver 50 hectares d'agriculture périurbaine et de concentrer les bâtiments dans des espaces fonciers bien délimités.
Des systèmes de récupération des eaux pluviales sont à mettre en place à l'intérieur des parcelles et les besoins en arrosage de la végétation limités par le choix d'espèces locales peut consommatrices d'eau.

[39] Duranne Presentation PPA «vers un écoquartier à la Duranne»
p.61



Plan de situation de la Duranne.
 En orange les zones habitées
 En violet les zones d'activités
 En noir les voies ferroviaires



Vue depuis l'amphitêâtre du quartier de la Duranne avec la vue sur la Sainte Victoire

© oh!som architectes

[40] Duranne Presentation PPA «vers un écoquartier à la Duranne» (mai 2012) p.64

- Créer un environnement sain

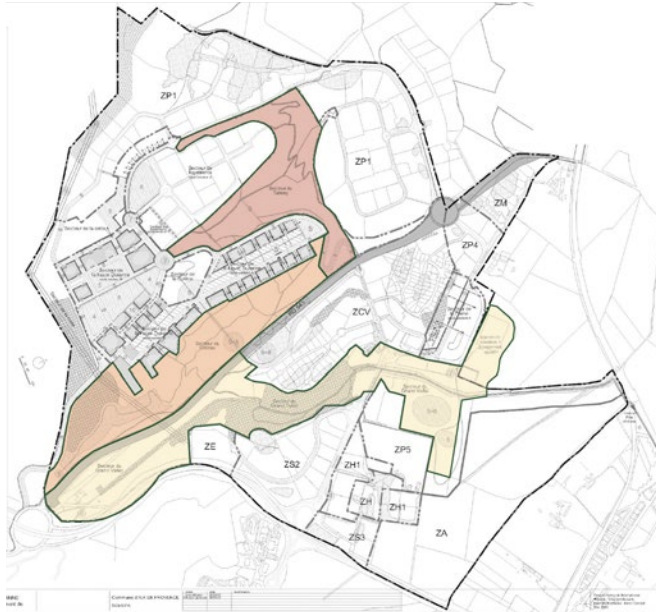
« Le confort des espaces de vie est un thème trop souvent négligé dans

la conception des écoquartiers. Des mesures simples, telles qu'une morphologie du bâti adaptée au climat (vent, ensoleillement), des logements traversant, une protection solaire intégrée etc... contribuent au bien être des futurs habitants. »⁴⁰

La ZAC cherche à s'inscrire dans une démarche d'Eco quartier pour renforcer l'identité d'Aix la Duranne et prendre un virage urbanistique sur le territoire du Pays d'Aix. Pour se faire c'est l'architecte urbaniste Vittorio Gregotti, spécialisé en design et en développent durable architectural qui a été choisi.

[41] Le Moniteur «ZAC de la Duranne : cap sur l'écoquartier» (mars 2012)

La carte ci-dessus montre la position de la ZAC de la Duranne en relation avec les espaces naturels l'environnant. Située entre la gare de TGV et le grand pôle d'activité de Milles, on y voit comment la Duranne, suite aux dernières modifications d'affectation de la ZAC en 2005, cherche à rééquilibrer le rapport activités/logements avec une priorité forte donnée aux logements collectifs et mixtes tout en valorisant les espaces naturels. « L'habitat diffus et le lotissement seront totalement prohibés dans cette deuxième phase de la Duranne⁴¹ » a déclaré le responsable de la Semepa, qui pilote le projet. Avec le plateau de l'Arbois à l'ouest, la montagne de Sainte Victoire à l'est et le bassin protégé du Réaltor au sud, la zone de la Duranne est remplie d'atouts ouverts au grand paysage provençal.



Le Talweg Le Coteau La Vallée du Grand Vallat

Plan des 3 zones de végétation fond de plan «vers un écoquartier à la Duranne» p.68



Plan des contraintes d'orientation et position de l'Art de Temps dans le quartier «vers un écoquartier à la Duranne» p.68

La végétation comme vecteur de cohérence

Le projet d'urbanisation de la Duranne propose d'assurer une cohésion entre les différentes parties du quartier non pas par du bâti mais par la sauvegarde et la valorisation d'espaces non urbanisés. Pour ce faire on distingue 3 zones distinctes :

- Le Talweg : un morceau de nature « brut » favorisant la biodiversité.
- La vallée du Grand Vallat : une zone à vocation sportive et de loisirs.
- Le Coteau : prévue comme le socle vert et espace de liaison entre les deux secteurs est et ouest du quartier. Elle est structurée en parc public, l'Oliveraie.

L'art du temps

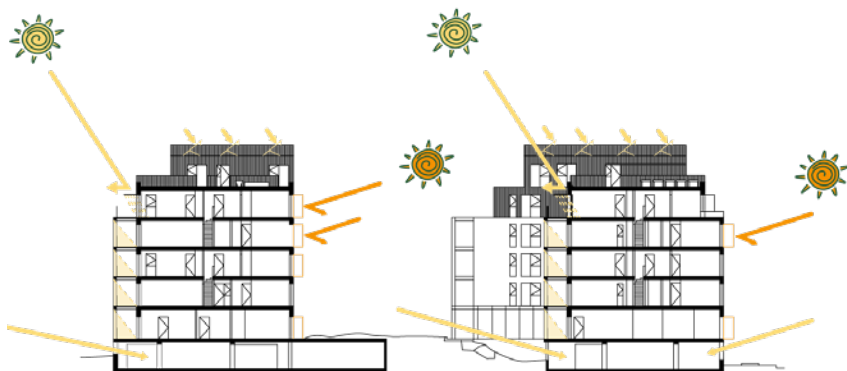
[42] EUROMÉDI-
TERRANÉE
«BDM, un label
pour des bâtiments
plus durables
(2020)

Plusieurs réalisations dans la partie de Haute Duranne sont intéressantes à étudier d'un point de vue bioclimatique car les directives imposées par la ZAC dirigent la réalisation des projets dans une direction plus respectueuse de l'environnement avec des points spécifiques ciblées aux enjeux créés par le climat méditerranéen omniprésent dans la zone. Mais le projet l'Art du temps, réalisé par le bureau Oh!som architectes sort du lot pour plusieurs raisons. Son implication bioclimatique dans ce projet de 95 logements locatifs sociaux, sa gestion durable du projet et son innovation sociale et technique lui ont valu la certification « Bâtiment Durable Méditerranéen niveau or ».

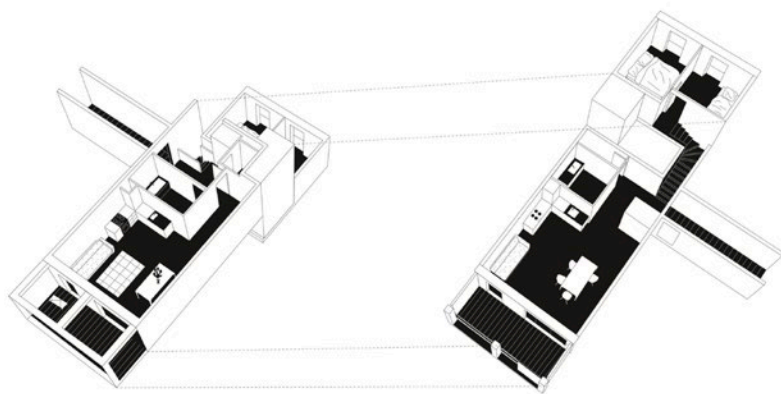
« Ce label garantit un niveau de qualité énergétique et environnementale. Il permet de favoriser le bioclimatisme, minimiser l'impact des matériaux, réduire les consommations d'eau et d'énergie pour préserver le confort et la santé des occupants, tout en tenant compte des enjeux sociaux et économiques. »⁴²

[43] OH!SOM
ARCHITECTES «la
Durance»
(2019)

L'architecte Marina Bartolini a déclaré vouloir construire du logement social de grande qualité, donner un véritable cadre de vie aux habitants et du confort. Par conséquent la démarche BDM (Bâtiment Durable Méditerranéen) s'est présentée comme un gage de qualité au niveau de la construction durable, des performances énergétique et du confort des habitants.⁴³



Coupe
bioclimatique
des stratégies
solaires
inspiré de EN-
VIROBAT BDM
«95 logement
sociaux locatifs à
la Duranne



© oh!som
architectes

Stratégies bioclimatiques

Le Feu

Les alignements sur rue du projet étaient déjà définis par le plan d'aménagement de la Duranne qui imposait une forme de type ilot. Le projet disposé comme deux L imbriqués ouverts des côtés est et ouest permet de minimiser l'effet de masque du bâtiment et de maximiser l'ensoleillement sur les façades sud. De plus, ces passages latéraux permettent d'ouvrir le projet au grand paysage, comme une promenade où se succèdent les cadrages sur la montagne de la Sainte Victoire à l'est et le plateau de l'Arbois à l'ouest.

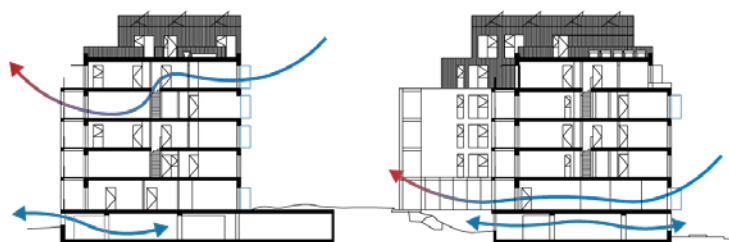
[44] ATIANE ENERGY, «Synthèse sur les spécificités du bâtiment en région» p.12

Les logements sont surélevés du niveau de la rue, préservant ainsi l'intimité des appartements mais permettant également d'amener de la lumière naturelle dans le parking

En façade sud, des protections solaires sous forme de loggia profonde sont présentes pour protéger les habitations du soleil brûlant d'été mais dimensionnées de sorte à laisser pénétrer la chaleur fournie par les rayons du soleil lorsqu'il est à un azimut plus bas durant la période hivernale. En attique, ce sont des pergolas suspendues qui jouent ce rôle.

Sur les façades nord, est et ouest, les volets battants en bois sont verrouillables à 90° pour protéger des rayons du soleil couchant. Ce sont des volets persiennés, très communs en climat méditerranéen car ils laissent pénétrer une bonne quantité de lumière tout en protégeant du rayonnement solaire⁴⁴.

En ce qui concerne l'eau chaude sanitaire, elle est produite par des panneaux solaires de 2,2 m² sur le toit. Il y en a autant qu'il y a de logements, tous en orientation plein sud reliés à un ballon individuel allant de 250 à 350 litres suivant le type de typologie. Grâce à un système de duplex croisé, les séjours des typologies sont disposés au sud et les chambres au nord.



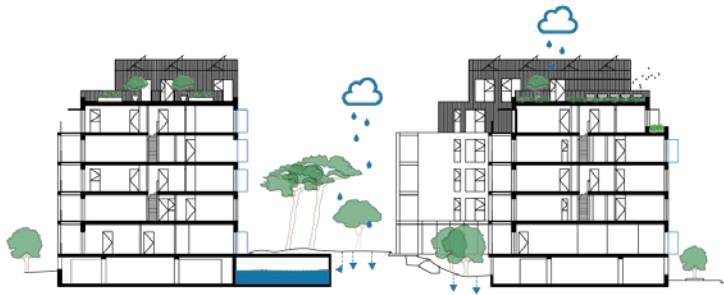
Coupe
bioclimatique
des stratégies
du vent
inspiré de EN-
VIROBAT BDM
«95 logement
sociaux locatifs à
la Duranne

L'Air

Le disposition en L des bâtiments crée un cœur d'îlot protégé des vents par les retours de façades importants. Dans la région, le mistral donne son originalité au climat provençal. Venant du nord et pouvant atteindre jusqu'à 100 km/h, c'est donc principalement de ce dernier que la morphologie du bâti protège la cour de l'îlot. Les volets en bois blocable à 90° servent également de protection au mistral.

100% des logements sont traversant ou bi-orientés pour engendrer une meilleure ventilation nocturne. De même une prise d'air frais s'effectue depuis les façades nord en direction des façades sud, accompagnée par le mistral. Le fait que les logements soient surélevés du rez-de-chaussée permet au vent de s'engouffrer jusqu'au garage, le ventilant efficacement.

En observant les photos du projet, on y constate fréquemment des orangers sur les loggias exposé nord. Si cela n'a rien d'extraordinaire à première vue, cela témoigne pourtant que les principes de conception recherchés fonctionnent. Pour qu'ils grandissent correctement les prérequis sont un endroit bien exposé à l'ensoleillement tout en étant bien abrité des vents.



Coupe bioclimatique des stratégies végétales et gestion des eaux

inspiré de EN-VIROBAT BDM «95 logement sociaux locatifs à la Duranne



© oh!som architectes

La Terre et L'Eau

[45] GABRIELLE
RAYNAL-Accom-
pagnateur DOME-
NE Scop, [https://
www.ohsom.com/
la-duranne](https://www.ohsom.com/la-duranne)

« Il y a un travail très important sur les espaces communs, et notamment le cœur d'îlot avec une réflexion sur la place du végétal dans l'urbain et quelle est la place du végétal dans les espaces communs. Des ruches, des jardins partagés, un cœur d'îlot végétalisé et un ensemble d'espaces collectifs plus abrités, mettent à distance la voiture et rassemble les habitants dans un contexte convivial et porteur.»⁴⁵

En effet la place du végétal est très présente dans le projet, le cœur de l'îlot est entièrement déminéralisé pour permettre la perméabilité du sol, récoltant les eaux pluviales alimentant ainsi un bassin de rétention en sous-sol. Pour stabiliser le terrain, c'est du calcaire disponible sur le site qui a été mis en place. Le bassin à une capacité de 460 m³, un tiers de cette eau est utilisée pour l'arrosage du cœur d'îlot et des toitures.

La ZAC du Parc de la DURANNE a fait l'objet de nombreuses études hydrauliques et d'un dossier d'autorisation au titre de la Loi sur l'Eau, suivi d'un arrêté correspondant pour des risque d'inondation. En prenant en compte le changement du climat méditerranéen, prompt à se radicaliser, engendrant des précipitations de plus en plus violentes, le bassin de rétention s'avère une outil très efficace pour limiter les risque d'inondation. De plus, lors de périodes caniculaires, les incendies sont de plus en plus fréquents, bien que la zone se trouve en zone d'aléa modéré, il offre une sécurité accrue. Parallèlement la création d'une rivière sèche est présente pour évacuer l'eau jusqu'au service publique en cas de trop plein.

Les espaces extérieurs étant ombragés naturellement par de la végétation prodigue une sensation de fraîcheur accrue. La végétation n'est pas seulement présente au rez-de-chaussée mais également sur les terrasses commune et sur certaines terrasses végétalisées inaccessibles.

Matériaux et procédés de construction

En ce qui concerne la structure principale du bâtiment, elle a été réalisée en béton pour assurer une meilleure inertie thermique. Mais pour que la démarche soit plus respectueuse de l'environnement, du ciment Ecocem a été utilisé. Il provient de l'usine Lafarge à Luynes situé à 6 km de la Duranne

Pour limiter les émissions de CO₂ lors de sa fabrication, la démarche Ecocem fait un appel à un coproduit. Le minerai de fer et de charbon sont portés à haute température dans des fourneaux. La fonte en fusion fait remonter une couche appelée laitier dans le haut fourneau. Auparavant, pour une tonne de fonte produite, 300 kg de laitier était stocké et non utilisé. La démarche Ecocem consiste à traiter ce laitier à la sortie du haut fourneau, qui est soumis à un refroidissement brutal effectué avec de l'eau froide. Ce changement radical de température transforme le laitier sous forme de granules comparables au sable. Ce « sable » est broyé et filtré pour en sortir les éventuels résidus de fonte. Parallèlement, le laitier moulu est séché par une chaudière fonctionnant au gaz naturel réchauffant l'air à 200°C lors du broyage. Le brûleur polyvalent, peu consommateur d'énergie, réutilise également les gaz venant des hauts fourneaux. Le laitier moulu sert finalement de substitut au ciment. La démarche Ecocem a permis d'économiser 2'200'000 tonnes de CO₂ depuis sa production.⁴⁶

[46] ecocem.fr

Ce qui équivaut à effectuer 180'000 fois le tour de la terre en voiture⁴⁷

[47] my climate
«que représente
une tonne de
CO₂»



Des pare-vues faits en toile recyclée et micro perforée sont présents au niveau des loggias pour une meilleure appropriation des espaces. Ce sont des bâches de PVC micro perforées pour la création de protection solaire au niveau des terrasses. Elles proviennent de l'entreprise Serge Ferrari, entreprise située à La Tour du Pin en Isère.

Les volets persiennes avec dessin spécifique sont en bois. Il en est de même pour le bardage en attique qui proviennent de l'Entreprise Piveteau située à Aix-en-Provence.

Finalement, les menuiseries extérieures sont de fabrication locale à partir d'aluminium recyclé.

Critiques et témoignages

Bien que le projet ait reçu la certification BDM niveau, la conception au niveau des éco-matériaux et biosourcés a été jugée insuffisante en phase de conception ce qui les amené à faire usage du ciment Ecocem qui n'était pas prévu initialement.

[48] Commission d'évaluation du 01/04/2021 « 95 logement locatifs sociaux à la Duranne (13) », p.29

Si le contrôle du vent est réussi dans la cœur d'îlot et sur les loggias, en attique pour les jardins partagé il reste mal contrôlé et par conséquent trop puissant comme le déclare certains locataire : « Les Terrasses où se trouvent les potagers sont énormément exposées au vent, tout ce que nous plantons est détruit, j'ai donc arrêté de jardiner sur les espaces communs, c'est vraiment dommage ! »⁴⁸

[49] Commission d'évaluation du 01/04/2021 « 95 logement locatifs sociaux à la Duranne (13) », p.44

Un autre problème lié au vent a trait à l'étanchéité à la jonction des cadres et du bâti avec le volet, engendrant un problème d'inconfort⁴⁹

Par contre, le rapport de la commission d'évaluation effectué en avril 2021 que les points forts du projet sont :

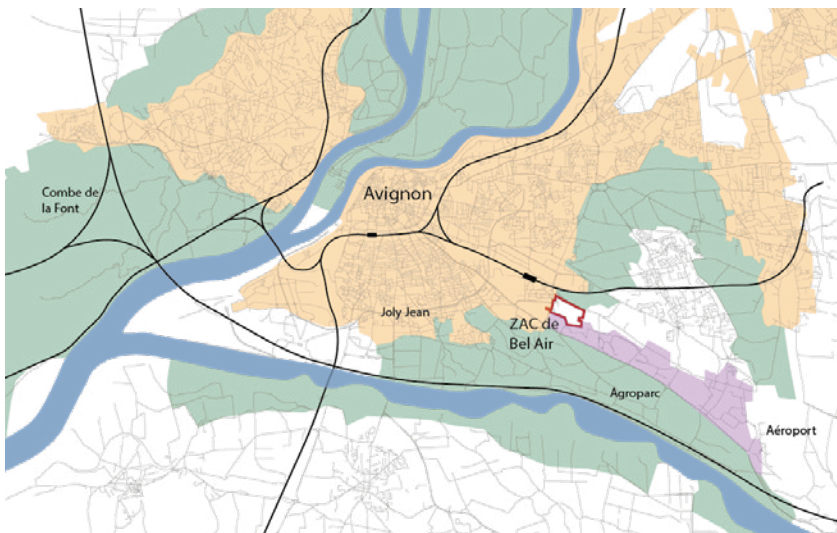
- Une conception optimisée pour offrir de vrais espaces extérieurs individuels et collectifs
- Un bon comportement des logements en période estivale
- Des services mutualisés de qualités (salle commune, local et atelier vélos, halls bibliothèques, laverie)



© EnvirobatBDM



© Agence Devillers



Plan de situation du quartier de Bel Air.
En orange les zones habitées
En violet les zones d'activités
En noir les voies ferroviaires

2.2.3 Bel Air Avignon

Contexte

Position, axes principaux et développement de la zone

Le quartier de Bel Air se trouve à mi-distance entre l'aéroport d'Avignon et son centre-ville. En entrée sud-est d'Avignon, il doit permettre d'articuler le quartier en renouvellement urbain de Saint Chamont et la zone commerciale Mistral, la zone d'activité de la Cristol et la plaine agricole de Monfavet.

Il s'inscrit dans un axe de développement est-ouest. La ville compte aujourd'hui une population de 93'000 habitants à l'intérieur d'une agglomération de 180'000 habitants. Avignon cherche à effectuer un renouvellement urbain de plusieurs quartiers et passer le cap des 100'000 habitants. Ce renouvellement urbain vise principalement les quartiers sud d'Avignon, s'accrochant à l'ouest du futur quartier de Bel Air. Ces quartiers sud sont des quartiers à forte proportion de logements sociaux, à savoir 80%, ayant été construit dans les années 70-80 et représentant presque un tiers de la population d'Avignon à hauteur de 27'000 habitants.

Avignon ville nature, les nouveaux quartiers

Cécile Helle, maire d'Avignon, déclare Avignon comme ville campagne – ville nature, ouverte au grand paysage qui l'entoure composé du parc naturel régional des Alpilles ou encore celui du Luberon, la relation à la nature est omniprésente. Non seulement maire d'Avignon Cécile Helle est également la présidente de Citadis, la société responsable de l'aménagement et de la construction de la ville d'Avignon et du département de Vaucluse. Elle pilote ainsi deux nouveaux projets de revalorisation des quartiers périphériques, le quartier Joli Jean et le quartier de Bel Air, tous deux dotés de qualités urbaines, paysagères et environnementales. Pour le quartier de Bel Air, prévoyant d'offrir plus de 900 logements, ce n'est pas la voirie qui définit la structure du quartier mais la structure paysagère. La voirie ne servant ainsi qu'à contourner ou à accéder. Christian Devillers, l'architecte-urbaniste en charge de la conception du projet Bel annonce sa volonté de vouloir habiter le paysage. Issue d'un tissu agricole, les haies de cyprès forme des chambres. Ces haies caractéristiques de la région Vaucluse, autrefois plantées pour protéger les cultures du Mistral, très présent dans la vallée du



Plan de la trame paysagère formant les «chambres»

fond de plan tiré de:
 AGENCE DEVIL-
 LERS
 «zac bel-air
 avignon, cahier
 de prescriptions
 architecturales,
 urbaines, paysa-
 gères et environ-
 nementales»



Plan du pro-
 gramme de
 logements

fond de plan tiré de:
 AGENCE DEVIL-
 LERS
 «zac bel-air
 avignon, cahier
 de prescriptions
 architecturales,
 urbaines, paysa-
 gères et environ-
 nementales»

Logement collectif
 Logement intermédiaire
 Enseignement individuel

[50] AGENCE
DEVILLERS
«avignon bel air,
le quartier-jardin
bel air à avignon»

Rhône forment aujourd'hui une trame paysagère dense dans laquelle le projet urbain se glisse. La structure urbaine du quartier est ainsi non pas formée par des îlots traditionnelles mais par des « chambres arborées » créées par les alignements de cyprès au cœur du quartier.⁵⁰

[51] AGENCE
DEVILLERS
«zac bel-air
avignon, cahier
de prescriptions
architecturales,
urbaines, paysa-
gères et environ-
nementales»
(2016)
p.23

« Si la «chambre» a été l'unité de base du projet urbain et que les particularités de cette unité caractérisent l'ensemble du projet, il est à noter qu'une «chambre» ne définit pas systématiquement un îlot. La scission parcellaire a le plus souvent, été pensée sur plusieurs «chambres», autour d'une ou plusieurs trames de haies et cela afin de favoriser l'animation des cheminements piétons Nord-Sud. »⁵¹

[52] AGENCE
DEVILLERS
«avignon bel air,
le quartier-jardin
bel air à avignon»

La composition de cette structure de chambre végétale considère les éléments en présence, la haie, son ombre et la protection au vent qu'elle procure, l'orientation au soleil, l'utilisation de canaux naturels. « Cette organisation offre les bases à une architecture bioclimatique des logements qui mêlent individuels groupés et intermédiaires. »⁵²

Les différentes typologies de logement sont répartie de manière mixtes sur le projet, évitant ainsi le zoning et favorisant la mixité au sein du quartier.

La vie d'un quartier tient, outre sa mixité fonctionnelle (équipements, activité et commerces), au potentiel qu'il a d'accueillir tous types de ménages, d'âge, et de classes sociales diverses.

Ainsi dans chacun des îlots, au moins deux formes d'habitat différentes seront mixées, maisons individuelles, groupées ou en bande, maisons superposées ou logements intermédiaires, et petits collectifs. Leurs proportions respectives dépendront de la situation géographique de l'îlot, de son rapport aux axes structurants et aux microcentralités créées. Les petits collectifs seront situés principalement aux entrées de quartier afin de signifier une micro-centralité. Sur le reste du site, se répartiront des typologies plus basses, des types maisons superposées et intermédiaires ainsi que les maisons individuelles, même si celles-ci sont plus présentes en franges Est de l'opération, afin de créer une transition douce avec le tissu pavillonnaire voisin.⁵³

[53] AGENCE
DEVILLERS
«zac bel-air
avignon, cahier
de prescriptions
architecturales,
urbaines, paysa-
gères et environ-
nementales»
(2016)
p.14

Plan des phases de construction

fond de plan tiré de:
AGENCE DEVILLERS
«zac bel-air
avignon, cahier de prescriptions architecturales, urbaines, paysagères et environnementales»



Phase 1 Phase 2 Phase 3 Projet Daniel Fanzutti

Le terrain de la ZAC Bel Air est issu de l'agriculture, par conséquence un phasage du projet a été mis en place pour permettre aux agriculteurs encore en place de continuer leurs exploitations plusieurs années. La première phase consiste à urbaniser la partie Sud-Est pour forger une image qualitative du nouveau quartier dans un premier temps.

Le projet devrait prendre entre 10 à 15 ans pour se réaliser dans son entièreté.

Les 1 000 logements programmés seront construits selon des principes d'architecture bioclimatique, à savoir un bâti bien orienté, protégé du soleil en été pour mieux chercher ce dernier en hiver ; une construction bien ventilée, privilégiant les matériaux naturels et locaux. Pour les espaces extérieurs, l'un des objectifs est de conforter la biodiversité au sein des espaces verts en privilégiant les essences adaptées au climat, peu consommatrices en eau et avec un faible pouvoir allergisant.

Label QDM

Le label QDM (Quartier Durable Méditerranéen) proposé par Envirobat, vient comme une évolution du label Envirobat BDM (Bâtiment durable Méditerranéen). La démarche QDM étant beaucoup plus récente et ne compte que 16 projet à son actif alors que la démarche BDM antérieur compte 604 projet depuis 2008⁵⁴. La démarche QDM est née d'un partenariat avec la démarche EcoQuartier pour compléter les objectifs stratégique du label national avec des objectifs opérationnels afin que l'évaluation environnementale ne puisse plus être dissociée de celle de l'urbain. La démarche QDM prône une vision global et transversale s'étendant sur 8 thèmes principaux :

- Contexte et milieux naturels
Optimiser la ressource foncière, valoriser le patrimoine bâti, paysager et culturel tout en préservant la biodiversité et les espaces naturels.
- Mobilité
Assurer des connexions et une accessibilité de qualité au quartier tout en réduisant les nuisances liées à l'automobile en favorisant les modes doux de déplacement et l'usage des transports en commun.
- Matériaux et gestion des déchets
Minimiser l'énergie grise des aménagements en favorisant le réemploi, les matériaux bio-sourcés, premiers ou éco-performants. Assurer également une bonne gestion des déchets ménagers ainsi que des déchets de chantier en phase de construction.
- Gestion de projet
Apporter un suivi en s'entourant de professionnels compétents en qualité environnementale ainsi qu'un suivi lors de la programmation et conception du projet, de la réalisation et de l'évaluation un fois le projet achevé.
- Énergie
Favoriser les énergies renouvelables pour une meilleure sobriété et efficacité énergétique.
- Eau
Économiser la ressource en eau avec une bonne gestion des eaux pluviales et des eaux grises. Opter pour une gestion alternative des eaux pluviales en favorisant la pleine terre, les noues, les jardins inondables et les matériaux drainants.

[54] ENVIROBAT
«forum des
projets urbains de
la méditerranée
(2022)

- Qualité de vie et santé
Favoriser le confort estival à l'échelle du bâtiment avec des bâtiments traversant, orientés nord/sud mais aussi à l'échelle urbaine en étant attentif au phénomène d'îlot de chaleur urbain en prêtant attention à l'albédo des matériaux, à l'orientation par rapport aux vents, en proposant des espaces végétalisés et travaillant la présence de l'eau.
- Social et économie
Atteindre le bien vivre ensemble en favorisant la mixité sociale, intergénérationnelle et fonctionnelle. Proposer des espaces partagés et mutualisés (cantine, salle de classe...) et entretenir le lien à la terre avec des espaces cultivables.

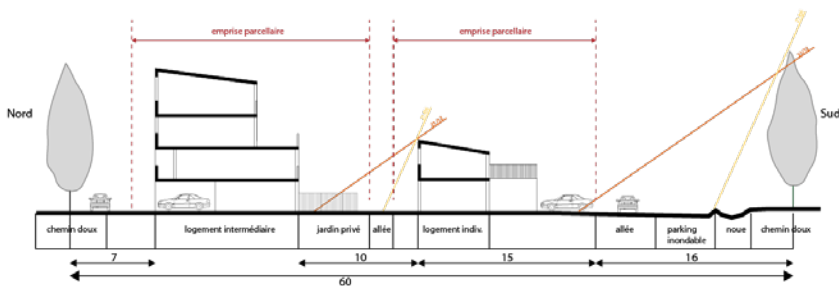
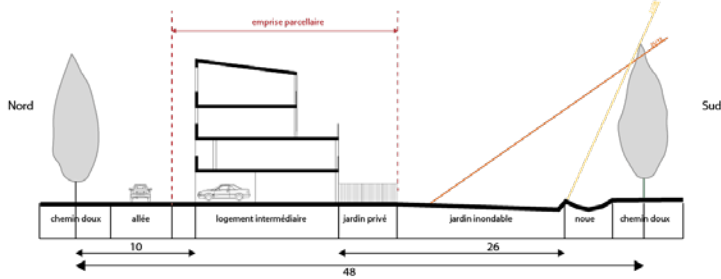
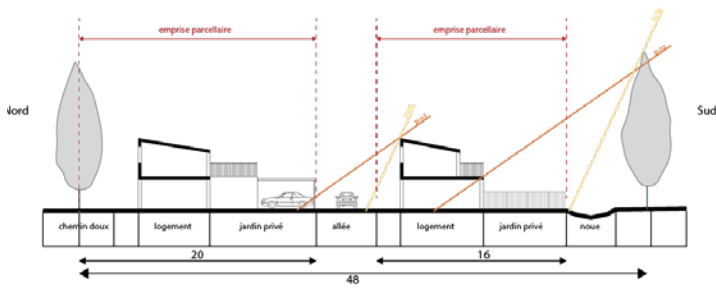
[55] BRUNO GRENIER, directeur Citadis
«conférence 16eme Forum des projets urbains»
(2016)

« le label QDM est à la labélisation Eco-quartier national ce qu'est le BDM à la labélisation HQE (Haute Qualité Environnementale) »⁵⁵

Le projet de Bel Air est la première réalisation sous ce label faisant de lui le premier quartier durable méditerranéen en conception.

[56] FEDERATION DES ELUS DES ENTREPRISE PUBLIQUES LOCALES
«La Zac Bel-Air, durable et méditerranéenne»
(2017)
p.2

Pour Bruno Grenier, directeur de Citadis, « ce label est à la fois un honneur et un aiguillon pour nous pousser à être plus vigilant dans l'aménagement du quartier et ses constructions, en nous adaptant aux spécificités du climat avec son soleil parfois brûlant, et son violent mistral ». ⁵⁶



Coupes bioclimatiques des stratégies d'ensoleillement des différentes typologies

inspiré de
 AGENCE DEVIL-
 LERS
 «zac bel-air
 avignon, cahier
 de prescriptions
 architecturales,
 urbaines, paysa-
 gères et environ-
 nementales»

Stratégies bioclimatiques

Le Feu

Les « chambres » sont les anciennes parcelles agricoles du site de la ZAC Bel Air. La structure paysagère a autrefois été créée pour protéger les cultures du Mistral qui souffle du nord. Les haies de cyprès ont ainsi une implantation Est-Ouest quasi systématique ce qui incite l'implantation des bâtiments dans ce même sens, ce qui a pour conséquence que leurs façades principales sont au sud. Comme nous l'avons vu, d'un point de vue bioclimatique cette orientation est favorable à la conception car elle assure la meilleure exposition des bâtiments en fonction de la course du soleil.

[57] AGENCE
DEVILLERS
«zac bel-air
avignon, cahier
de prescriptions
architecturales,
urbaines, paysa-
gères et environ-
nementales»
(2016)
p.52

« Les systèmes d'occultation extérieure doivent être conçus et mis en œuvre pour composer et animer la façade. Les architectes sont invités à penser les systèmes d'occultation que ce soit au nu de la façade principale ou à l'aplomb des loggias/balcons pour protéger également ces espaces du soleil par exemple. »⁵⁷

Au regard de l'orientation Nord-Sud des parcelles et du retrait impliqué par l'ombre portée de la haie (un retrait systématique des bâtiments de 10 mètres minimum côté nord de la haie), la composition volumétrique privilégiera une implantation des bâtiments les plus hauts au Nord de la chambre, de manière à permettre l'ensoleillement optimal de chaque logement et notamment des logements individuels d'une hauteur moindre.

[58] AGENCE
DEVILLERS
«zac bel-air
avignon, cahier
de prescriptions
architecturales,
urbaines, paysa-
gères et environ-
nementales»
(2016)
p.21

Les bâtiments offre très peu d'ouverture en façades nord liée à un bonne isolation thermique pour limiter au maximum les déperditions thermiques. En façade nord, l'implantation des cuisines sera privilégiée en rez-de-chaussée et des chambres à l'étage. Les pièces à vivre seront majoritairement implantées au sud. Les façades sud elles sont au contraire beaucoup plus ouvertes avec des baies vitrées laissant rentrer un maximum de lumière naturelle de rayonnement en hiver lorsque le soleil est plus bas tout en étant ombragées en été par l'implémentation d'arbre caduques. Cette proportion des surfaces vitrées ne pourra pas être inférieure au 1/5 de la surface habitable totale des logements.⁵⁸



© Agence Fanzutti



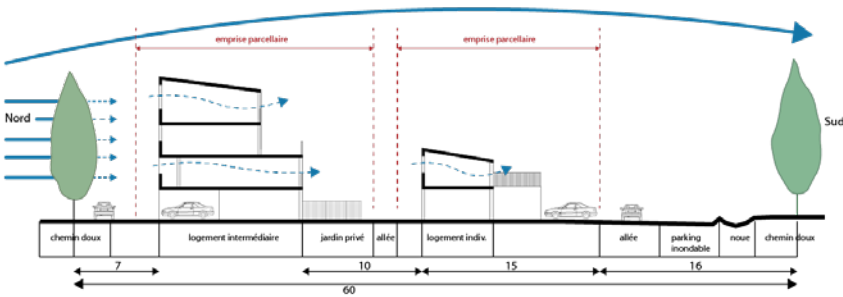
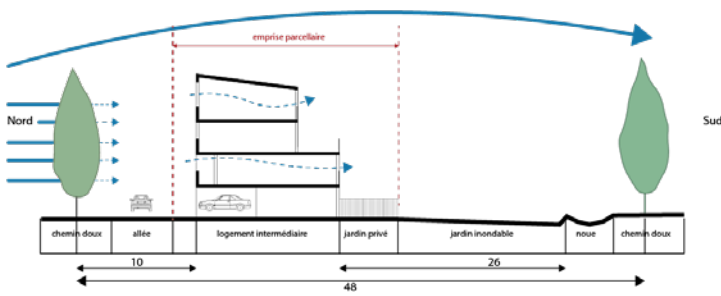
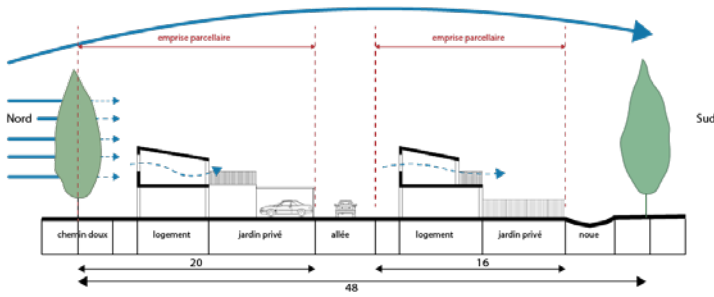
© Agence Fanzutti

Daniel Fanzutti est l'architecte avignonnais mandaté pour la réalisation de la phase 1 du plan directeur de Devillers, à savoir 93 logements sur une surface de 6852m² habitable et 934 m² de locaux d'activités. Les 93 logements se répartissent à raison de 15 maisons individuelles du T3 au T5, 30 logements individuels superposés du T3 au T4 et 48 logements collectifs du T2 au T4 dont 15 logements sociaux. Sur les images fournies par le bureau Fanzutti on y observe la forte présence d'arbres caduques projetant leur ombre sur la façade sud des logements en période estivale, lorsque leur feuillage est au plus dense.

De plus le projet prévoit de faire recours à un minimum de 50% d'énergies renouvelables, faisant de Bel Air la première expérience d'autoconsommation photovoltaïque collective et d'usages avec l'émergence de tiers-lieu. Ces 50 % d'énergies renouvelables sont couverts par de la géothermie, de la biomasse et du solaire thermique.

[59] FEDERATION
DES ELUS DES
ENTREPRISE PU-
BLICS LOCALES
«La Zac Bel-Air,
durable et médi-
terrannée»
(2017)
p.2

« La Zac sera le tout premier QDM avec une ambition encore plus forte notamment en matière d'adaptation des aménagements au climat méditerranéen et une volonté de recourir pour 50 % de ses besoins à des énergies renouvelables »⁵⁹, assure Florence Rosa, présidente d'EnvirobotBDM.



Coupes bioclimatiques des stratégies du vent sur les différentes typologies

inspiré de
AGENCE DEVIL-
LERS

«zac bel-air
avignon, cahier
de prescriptions
architecturales,
urbaines, paysa-
gères et environ-
nementales»

L'Air

Le maintien de ces haies de cyprès formant des brises vent autour des « chambres arborées » est non seulement un point fort du point de vue paysager mais également bioclimatique. Les romains les utilisaient déjà pour diriger ou se protéger des vents forts. Contrairement à ce que l'on pourrait imaginer, un mur ou une palissade ne serait pas plus efficace car il produirait de forte turbulence à l'arrière alors qu'un brise vent végétal, comme c'est le cas des haies de cyprès, de par leur feuillage dense et sa semi perméabilité ne produit pas de tourbillon. Ils ralentissent le vent sans le dévier, créant des espaces agréable tout en laissant un flux d'air propice à la ventilation des logements traversant.

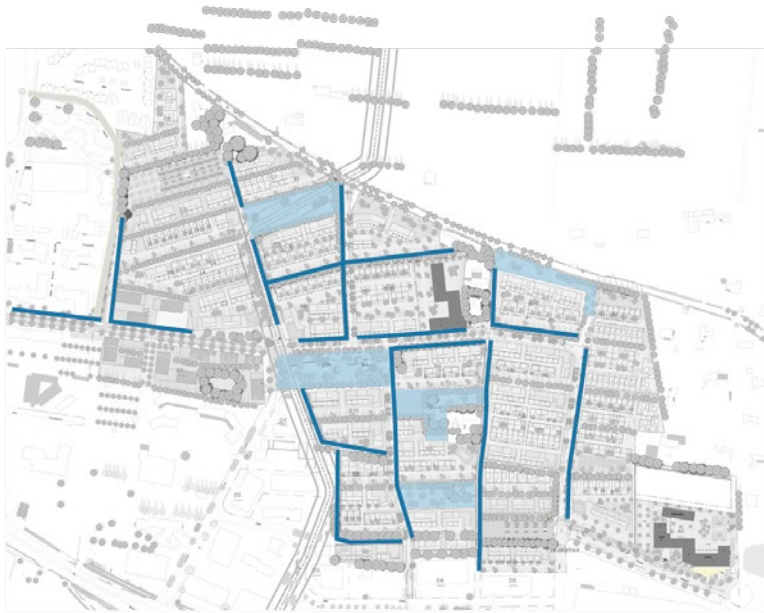
[60] PARC NATUREL REGION DES ALPILLES
«comprendre, préserver, valoriser, réinventer»
p.30

La meilleure composition possible avec les cyprès de Provence est l'alternance des cyprès horizontalis, dont les branches s'écarte du tronc et la fastigiata dont les branches forment un fuseau compact car elle est rapidement efficace et durable dans le temps.⁶⁰

De plus le feuillage persistant des cyprès en fait un atout majeur pour garder son rôle de brise vent en hiver, lorsque le mistral est froid.

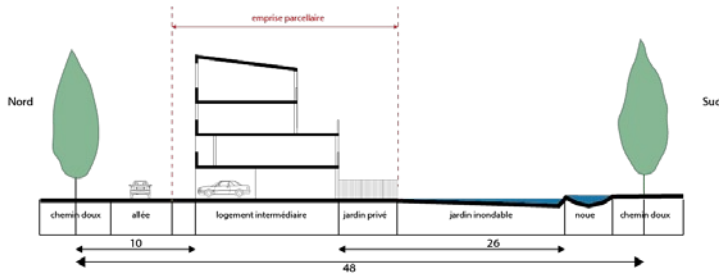
[61] CITADIS
«Bel Air, quartier durable méditerranéen»
(2018)
p.4

« Les haies de cyprès, élément emblématique du paysage vauclusien, étaient autrefois plantées pour protéger les parcelles agricoles du vent et plus particulièrement du mistral qui souffle du nord. Le site de la ZAC Bel Air, ensemble de parcelles agricoles et maraichères est structuré par ce réseau de haies. Elles sont l'identité du lieu. Elles jouent un rôle bioclimatique de protection des parcelles du vent. Elles sont très structurantes pour l'organisation des parcelles, leur orientation, et le rapport d'échelle en lien avec la hauteur des haies. Le projet urbain s'inscrit dans cette trame paysagère existante. »⁶¹



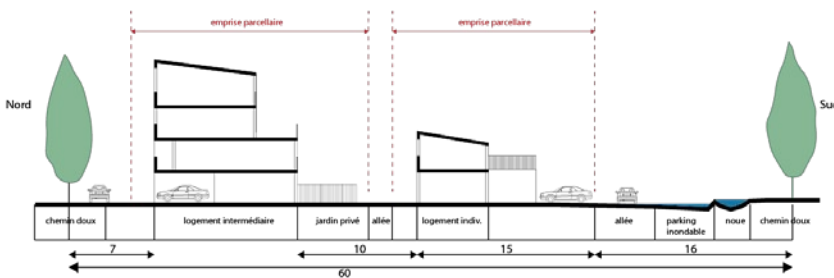
Plan de disposition des noues et jardins inondables

fond de plan tiré de:
 AGENCE DEVILLERS
 «zac bel-air avignon, cahier de prescriptions architecturales, urbaines, paysagères et environnementales»



Coupes bioclimatiques des stratégies de récupération des eaux pluviales

inspiré de
 AGENCE DEVILLERS
 «zac bel-air avignon, cahier de prescriptions architecturales, urbaines, paysagères et environnementales»



La Terre et l'Eau

Le projet Bel Air prévoit une très bonne récupération des eaux pluviales avec zéro rejet sur le service public. Les noues suivent la trame des chambres végétales où toute l'eau est récoltée et réutilisée, une partie est infiltrée sur place et le reste est acheminé vers des jardins plurifonctionnels qui permettent à la fois de retenir et d'infiltrer les eaux pluviales sur leur surface et d'offrir des usages (jardins d'agrément, vergers, espaces de jeux...) en lien avec la vie du quartier.

Comme dans le climat méditerranéen les précipitations peuvent être très violentes, comme c'est le cas lors de pluies centennales, les jardins inondables sont prévus pour pouvoir s'inonder jusqu'à une hauteur de 1 mètre pouvant ainsi sans problème pallier au problème des pluies torrentielles. Toute cette eau récoltée permet une bonne irrigation des espaces végétalisés. Le projet se trouvant sur un terrain très plat, une légère pente est prévue pour protéger les habitations et les fonctions publiques des inondations amenant l'eau aux zones destinées.

Dans le Vaucluse, la loi sur la gestion des eaux pluviales stipule clairement :

[62] REPUBLIQUE
FRANÇAISE,
«Mission Inter-
Services de
l'Eau de Vau-
cluse»
(2012)
p.1

« L'imperméabilisation des sols doit être corrigée par une rétention d'eaux pluviales calculée sur la base de la pluie décennale (P10ans) ou centennale (P100ans) selon les cas (voir 4.1.3) avec un débit de fuite maximum calibré à 13 l/s/ha (débit moyen décennal en Vaucluse pour des bassins versants non aménagés). »⁶²

Le quartier de Bel Air se trouvant au-dessus d'une nappe phréatique, la construction de ces parkings doit considérer les contraintes hydrauliques du site. Le plancher bas du parking doit respecter une distance minimale de 0,5 mètre par rapport au niveau haut de la nappe. Il est donc possible de construire un parking enterré quand la nappe est au maximum à 3 mètres sous le niveau du sol. Quand celle-ci est plus proche, il est alors possible de construire un parking semi-enterré. Les logements du rez-de-chaussée sont alors surélevés.

Matériaux

L'architecte Devillers déclare que les matériaux utilisés pour le projet seront nobles et d'origine locale avec l'utilisation du bois, de la céramique et de la pierre.

« Les matériaux naturels nobles dont les teintes s'associent facilement sont à privilégier. Chaque matériau devra être choisi selon son potentiel et pour ce qu'il est, et ce choix doit s'inscrire dans la recherche d'une «vérité constructive. En référence à l'architecture vernaculaire de la région, les tonalités minérales seront à privilégier. »⁶³

[63] AGENCE DEVILLERS
«zac bel-air avignon, cahier de prescriptions architecturales, urbaines, paysagères et environnementales» (2016) p.50

La pierre est en effet très courante dans la région d'Avignon pour ses carrières artisanales de Gard, d'Alpilles, de Cassis et d'Estailades. De plus étant un matériau lourd elle bénéficie d'une très bonne inertie thermique offrant un déphasage long et efficace des apports calorifiques en période estivale.

Gilles Perraudin : «La très forte inertie des murs en pierre massive, complétée par celle de la toiture ... complète les dispositions permettant d'obtenir un confort adapté au climat contrasté du sud de l'Europe.»⁶⁴

[64] Idem

L'utilisation du bois sera possible pour tout le travail de menuiserie, des protections solaires et des encadrements, mais également comme matériau structural et en bardage.

Seules les essences françaises et européennes seront autorisées comme notamment le mélèze, le pin et le chêne dont l'exploitation est viable. Le vieillissement du bois devra être limité. Des traitements évitant le «délavement» du tanin devront être proposés.⁶⁵

[65] AGENCE DEVILLERS
«zac bel-air avignon, cahier de prescriptions architecturales, urbaines, paysagères et environnementales» (2016) p.51

Pour la céramique, il est prévu l'utilisation de briques isolantes alvéolaires rectifiées-collées.

Cette brique est un élément à la fois porteur et isolant. Grâce à leurs qualités hygrothermiques et à leur inertie, les briques jouent le rôle de climatiseur naturel été comme hiver. Elles ne craignent ni l'humidité ni le feu et assurent une excellente qualité de l'air intérieur. Enfin, leurs bonnes propriétés thermiques permettent de substantielles économies d'énergie.⁶⁶

[66] AGENCE DEVILLERS
«zac bel-air avignon, cahier de prescriptions architecturales, urbaines, paysagères et environnementales» (2016) p.53

[67] AGENCE
DEVILLERS
«zac bel-air
avignon, cahier
de prescriptions
architecturales,
urbaines, paysa-
gères et environ-
nementales»
(2016)
p.32

On voit sur ces premières images de la phase 1 faite par le bureau Fanzutti une intention d'utiliser des blocs de pavage ajourés, réduisant l'imperméabilisation des sols et réduisant la chaleur générée par un enrobé traditionnel ayant un indice d'albédo beaucoup plus élevé. De plus ce type de bloc ajouré est plus économe en terme de coût et participe grandement à la sensation de confort en période de grande chaleur. Ce principe était déjà annoncé par l'architecte urbaniste Deviller dans son cahier des charges : « Le revêtement de ces surfaces (de stationnement) doit faciliter l'infiltration de l'eau tout en garantissant la pérennité du matériau soumis à un usage intense ». ⁶⁷

Parallèlement la couleur blanche est très présente sur les bâtiments, profitant de l'indice bas d'albédo de la couleur blanche, emmagasinant ainsi moins de chaleur.

Les limites séparatives au sein d'un même îlot, lorsqu'elles traversent un espace collectif, ne seront pas matérialisées par des clôtures, mais seront toujours marquées par un traitement au sol. Il peut s'agir d'une simple bordure ou d'un changement de matériau. L'objectif est de ne pas «perdre la mémoire» de la limite juridique et de faciliter la gestion et l'évolution ultérieure des cœurs d'îlot.

Critiques & témoignages

Au niveau du plan directeur, ce projet s'inscrit clairement pour être un quartier exemplaire si la phase de réalisation se déroule en symbiose avec tous les principes énoncés par l'architecte urbaniste Christian Devillers. Le projet étant toujours en phase de conception et d'adaptions, les prochaines années vont donc être décisives sur l'identité du quartier, résultant de la réflexion portée sur les stratégies bioclimatiques cette fois plus à l'échelle du bâtiment.

[68] FEDERATION
DES ELUS DES
ENTREPRISE PU-
BLICS LOCALES
«La Zac Bel-Air,
durable et médi-
terrannée»
(2017)
p.2

« À Bel-Air, Les travaux n'ont pas encore démarré. Nous disposerons bientôt de 100 % de la maîtrise foncière. En avril, nous lançons la construction d'un collège privé et le chantier des 90 premiers logements sur les 1 000 prévus. Il faudra entre 10 et 15 ans pour mener à bien le projet » ⁶⁸, conclut le directeur de Citadis en avril 2017.



Plan de situa-
tion du quar-
tier de Santo
Antonio.

En orange les zones
habitées

En violet les zones
d'activités

En noir les voies
ferroviaires

2.2.3 Santo Antonio, Lisbonne

Contexte

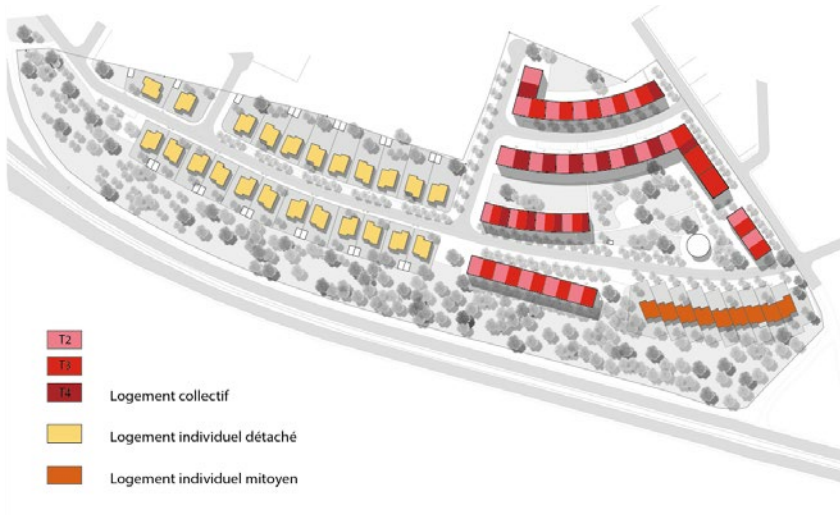
[69] INÊS COSTA
CARRAPIÇO,
MIGUEL AMA-
DO, «Indoor
environment
quality – casas de
Santo Antonio,
Barreiro»
(2011)
p.5

« The chosen case-study for the analysis of these parameters and other architectural solutions contributing to the indoor environment quality is the urbanization of Casas de Santo António, a pioneering project for an eco-neighbourhood in Portugal; the project stemmed from a desire to combine sustainable urban planning and a bioclimatic architecture, embracing an ecological lifestyle. »⁶⁹

Pour ce troisième cas d'étude, le projet ne se trouve plus dans le sud de la France contrairement aux deux précédents, mais au sud de Lisbonne au Portugal. Il est situé district de Setúbal, juste de l'autre côté de l'estuaire du Tage, au cœur de la municipalité de Santo Antonio da Charneca. Cette zone est actuellement en pleine expansion avec l'apparition importante de nouveaux quartiers. Elle répond à un problème de gentrification de plus en plus présent à Lisbonne, poussant les Lisboètes à sortir du centre pour trouver des habitations moins chères. Autour de Lisbonne, plusieurs communes ou « freguesia » connaissent une même expansion. Ce qui la rend aussi forte dans le cas de Barreiro c'est le système de ferry permettant de traverser l'estuaire du Tage et de la nouvelle ligne TCB (Transportes Colectivos do Barreiro). Le transport en ferry est disponible chaque 20 minutes au moments d'affluence comme le matin quand les habitant de Barreiro partent travailler sur Lisbonne ou à leur retour en fin de journée et chaque 45 minutes aux périodes creuses.

Le projet d'Eco quartier de Santo Antonio est directement localisé à côté de la forêt de pins de Mata Nacional da Machada, de l'autre côté de l'autoroute A39 les séparant, d'une superficie de 385 hectares. Étant la seule zone forestière de taille raisonnable de la municipalité, Mata est considérée comme le « poumon de la ville » et un lieu privilégié pour les activités récréatives et de loisirs. Elle dispose d'un parc de pique-nique, plusieurs fontaines et sentiers fréquemment utilisés pour les sports en plus d'un centre d'éducation environnementale.⁷⁰

[70] BARREIRO,
CAMARA MUNI-
CIPAL,
«Mata Nacional
da Machada»
p.5



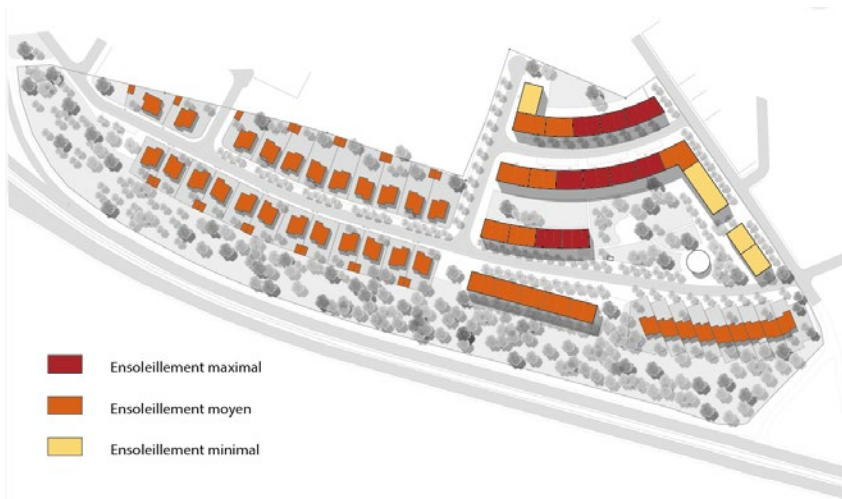
Plan du programme de logements

fond de plan
MIGUEL AMADO
ARQUITECTOS,
«Santo Antonio»

Programme

Le projet Santo Antonio propose sur une parcelle de 7,6 hectares au total 35 bâtiments d'habitation individuelle, 23 bâtiments d'habitat collectifs et 1 bâtiment d'équipement. Cette zone n'étant auparavant pas urbanisée, elle comprenait une importante quantité de pins comme c'est le cas de l'autre côté de l'autoroute dans le Mata Nacional da Machada. Dès lors cette parcelle n'était initialement pas idéale pour recevoir un tel projet du fait de la nécessité de couper nombre d'arbres en bonne santé. Cependant, la plus grande densité d'arbres était située dans la partie sud et ainsi un grand nombre d'arbres a pu être conservé offrant aujourd'hui une bonne isolation sonore de l'autoroute. Cette partie représente 2,1 hectares d'espace naturalisé sur les 7,6 totaux et ce sans prendre en compte les espaces verts et les jardins.

Ce projet, bien qu'il ait été construit en 2007, fait partie de nombreuses présentations sur les Eco quartiers et sur la manière de concevoir une architecture basée sur des stratégies bioclimatiques. Dans la partie suivante, nous allons étudier ces stratégies et voir dans quelle mesure elles ont été correctement implémentées ou non.



Plan d'ensoleillement

fond de plan:
 MIGUEL AMADO
 ARQUITECTOS,
 «Santo Antonio»



© Miguel Amado
 Arquitectos

Stratégies bioclimatiques

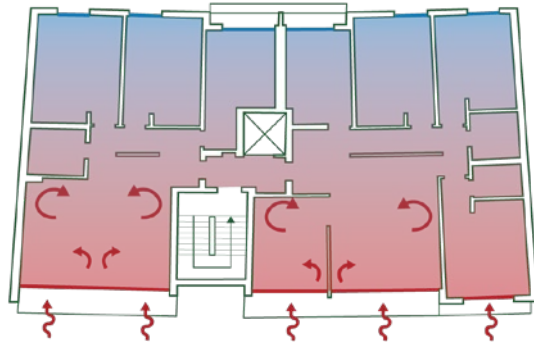
Le Feu

Une analyse solaire effectuée par le bureau Miguel Amado Arquitectos montre l'ensoleillement reçu du projet sur le site. On y voit que le rayonnement reçu le plus intense se trouve sur la partie des habitations collectives tournés le plus perpendiculairement au sud ainsi que sur la première rangée de logements individuels en entrée sud-est du quartier. Ce qui laisse penser que c'est par conséquent sur ces habitations que les stratégies bioclimatiques de protection du rayonnement vont être les plus performantes.

[71] S.COURGEY
ET J-P.OLIVA,
«La conception
bioclimatique,
des maisons
confortables et
économiques»
(2006)
p.123

Sur ces photos on perçoit les protections solaires combinées mises en place. Ce type de protections combinant protections horizontales et verticales sont très performantes sur les façades sud en période estivales mais limite fortement le gain solaire hivernal.⁷¹ Ce type de protection combinée n'est présent que sur un logement sur deux, laissant pour son voisin un type de protection similaire, bien que plus ouvert verticalement permettant un meilleur gain hivernal. La différence majeure se fait principalement d'un point de vue esthétique. Au rez-de-chaussée il apparait un retrait de la façade offrant une bonne protection solaire avec une ouverture sur le côté ouest (nord-ouest) permettant une bonne ventilation. Les surchauffes en été sont ainsi efficacement évacuées par contre ce système - du fait qu'il ne soit pas occultable - s'avère défavorable en hiver avec les vents froids venant du nord dans cette région du Portugal.

Il convient de relever que lors de mes investigations, je me suis rendu compte que ce type de protection était uniquement présent pour la partie la plus « luxueuse » du quartier, à savoir la partie nord-ouest du quartier où les habitations sont unifamiliales et détachées les unes des autres. De plus, iln intéressant de constater qu'une symétrie de type « miroir » est faite entre les maisons du côté nord de rua Padre Antonio Sobral, rendant ces protections obsolètes en façade nord.



Plan du com-
portement
thermique des
logements
collectifs

inspiré de
MIGUEL AMADO
ARQUITECTOS,
«Santo Antonio»



© Miguel Amado
Arquitectos

Sur la photo, on perçoit la disposition de la protection en façade nord. L'ombre projetée visible sur la photo démontre bien l'absence de nécessité d'un tel système en façade nord.

Les protections solaires mises en avant dans la présentation du projet sont efficaces mais leur mauvaise implémentation dans le projet les rends malheureusement obsolète dans certains cas.

Comme nous l'avons précédemment sur le schéma d'ensoleillement, l'ensoleillement le plus intense se trouvait sur la partie collective et la première bande de logement contigue en entrée sud-est du quartier, mais qu'en est-il alors des protections contre les surchauffes.

Au niveau de la typologie, les espaces à vivre sont disposés au sud et les pièces dites de nuit ou de service (la cuisine) au Nord. Les espaces de jours, de taille plus grande participent à une meilleurs dissipation des surchauffes estivales et les grande baies vitrée offrent un bon gain thermique en hiver, rendant ces pièces agréables grâce au bon ensoleillement hivernal du Portugal. Néanmoins, la protection solaire du prolongement de la dalle et le recul du séjour ne semble pas suffisants. Des surchauffes en été doivent se produire à cause de l'intensité de l'ensoleillement et de la faible quantité de protection solaire projetant très peu d'ombre sur les baies vitrées. La protection principale des logements collectifs contre le soleil sont de simples stores à lamelles très probablement fermés en grande partie lors des journées d'été rendant la façade sud quelque peu austère.



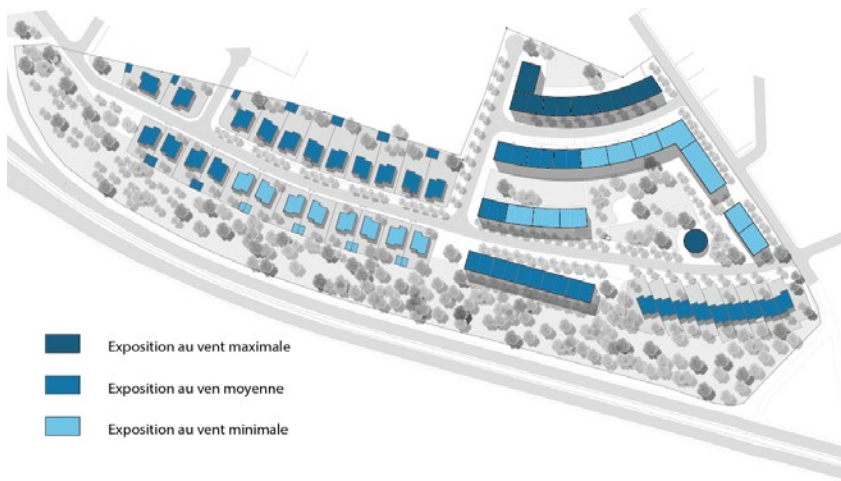
© Google street view

En ce qui concerne la bande de logements contiguës orientée plein sud, on trouve des renforcements projetant une ombre sur la façade mais il est clairement identifiable que cela n'est pas suffisant en terme de une stratégie bioclimatique. Sur la photo permet de constater la présence de plusieurs techniques d'appoints pour pallier à la chaleur étouffante des étés portugais avec la présence d'un climatiseur installé et d'un paravent prolongeant la surface ombragée sur la terrasse.

L'architecte Miguel Amado déclare avoir choisi une forme cubique pour la création des logement afin de limiter au maximum les déperditions de chaleur et d'effectuer des économies de matériaux lors de la construction.

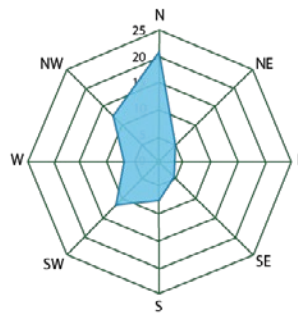
La surface de vitrage représente 30% de l'enveloppe des maisons individuelles, avec une surface vitrée de 44 m² et 103 m² de surface opaque. La majeure partie des vitrages sont disposés sur les façades ayant une exposition donnant en partie ou pleinement au sud. Cela permettant une maximisation de la lumière naturelle dans les logements et des échanges thermiques favorables suivant les saisons lorsqu'il sont couplés à d'autres stratégies comme l'ombrage d'arbres caduques variant en fonction des saisons. Au niveau de la conception la disposition des vitrages est correcte, toutefois leur application est moins réjouissante. Du fait que les habitations individuelles non contiguës sont disposées en symétrie autour de la route traversant le quartier, sans ajustement des vitrages en fonction de l'orientation, leur fait perdre tout son sens lorsque des habitations se retrouve avec des surfaces importantes de vitrage en façade nord et peu d'ouverture en façade sud.

Pour la partie de logements collectifs, le même type de travail de conception a été effectué avec une répartition de presque 50% de surface vitrée en façade sud et de 30% en façade nord.



Plan de l'intensité du vent

fond de plan: MIGUEL AMADO ARQUITECTOS, «Santo Antonio»



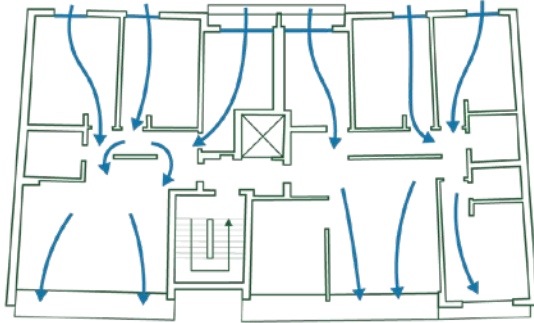
Graphique de l'orientation et force des vents dominants

inspiré de TANIA, «EcoBairros» (2011)

L'Air

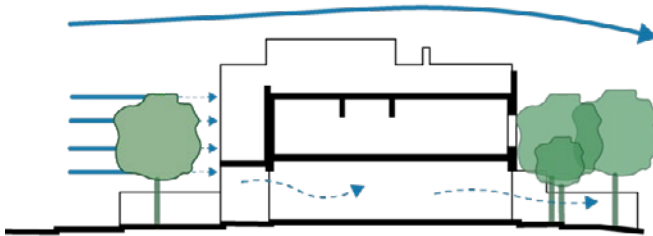
Une autre analyse du bureau Miguel Amado Arquitectos montre les zones du projet les plus exposées aux vents dominants au Portugal. A nouveau l'on constate que la partie soumise aux conditions les plus extrêmes se trouve être la partie de logement collective. Se situant sur la zone la plus haute du terrain et avec le plus grand nombre d'étages, la barre de logement de 5 étages située le plus au nord devait servir de masque pour les espaces verts des logement collectifs. Le vent prédominant est un vent du Nord, spécialement présent en hiver. Malheureusement il apparait que la construction de cette dernière barre en forme de L ne s'est pas réalisé sans que des explications n'aient été données par l'architecte. On peut tout de même imaginer que la raison principale tiendrait à un manque de financement de l'investisseur.

Une discontinuité de la barre nord est réalisée juste avant le coin pour éviter les effets de tourbillon au niveau de l'angle, source d'inconfort. Cette stratégie simple est efficace d'autant plus qu'elle offre un passage conduisant aux espaces verts se situant de l'autre côté, au sud de la barre. Ce qui est particulièrement étonnant sur cette photo est le changement abrupt du traitement de la façade. Sur la partie droite on y voit le traitement typique appliqué aux façades nord dans ce projet avec peu de surface vitrée. Sur la partie de gauche, soudainement on retrouve le traitement des façades sud avec les prolongements de dalles, les renforcements et les grandes baies vitrées, qui non pas de sens bioclimatique dans ce cas.



Plan de la ventilation naturelle des logements collectifs

inspiré de MIGUEL AMADO ARQUITECTOS, «Santo Antonio»



Coupe de la ventilation naturelle des logements collectifs

inspiré de MIGUEL AMADO ARQUITECTOS, «Amado SB13» (2013)

Les logements du projet sont tous traversant, idéal pour une meilleure ventilation des appartements. De plus, la proximité de l'estuaire et de l'océan atlantique génère des hivers notamment plus humides au Portugal que dans d'autres régions méditerranéennes. Le problème de moisissure due à une humidité relative élevée durant les mois d'hiver au Portugal est très courant. Cela engendre des problèmes d'inconfort et même de santé lors de l'apparition de mousses. Les habitations classiques étant très peu voire non isolées dans la plupart des cas. Mais ce n'est pas le cas dans le projet de Santo Antonio qui contient 4 centimètres d'isolation périphérique, cela peut paraître dérisoire selon les standards Suisse, mais cela fût pour une construction effectuée en 2007 au Portugal déjà bien au-dessus des standards de la construction.

Dans le dossier de présentation du bureau Miguel Amado Arquitectos sur les principes de conception bioclimatique, on y trouve un schéma similaire démontrant l'utilisation de certaines espèces d'arbres typiques du climat méditerranéen pour différentes stratégies bioclimatique.

Au nord des oliviers avec un feuillage persistant protégeant les habitations du vent froid hivernal venant du nord.

Au sud l'implémentation de platanes à feuille caduques permettant une bonne protection solaire des façades tout en favorisant les gains solaires en période hivernale. Malheureusement, une nouvelle fois en observant les différents logements on se rend compte que la mise en place de ces concepts n'a pas été bien réalisée. Pour les logements contigus dans la partie sud du quartier, on ne retrouve aucun arbre dans les jardins. Les arbres les plus proches sont ceux de la ceinture naturalisée conservée pour séparer le quartier de l'autoroute mais ces derniers sont hors de portée pour projeter une ombre sur les façades nord..



Plan de la
végétation
comme bar-
rière protec-
trice.

fond de plan:
MIGUEL AMADO
ARQUITECTOS,
«Santo Antonio»

La Terre et l'Eau

En partie sud-ouest du projet, une ceinture naturalisée est présente, séparant ainsi le projet de l'autoroute A39. Ces arbres étaient déjà présents sur la parcelle et sont en grande partie des pins au feuillage persistant. Cette caractéristique est très utile pour offrir les mêmes bénéfices tout au long de l'année, indépendamment de la saison. En outre ces arbres permettent de limiter les nuisances sonores dues aux voitures tout en servant de filtre pour les poussières et certains polluants. Ainsi ils aident à une amélioration de la qualité de l'air du quartier de Santo Antonio.

Tous les espaces verts sont situés directement devant les logements collectifs. Les zones vertes et la partie naturalisée représentent 75% de la superficie du terrain, contribuant à un rapport faible de minéralisation du site pour la recharge de l'aquifère souterrain. Les zones destinées aux piétons sont en pavés disposés avec du sable, typiques des revêtements de Lisbonne mais contribuent à un maintien d'albédo élevé diminuant l'absorption de chaleur du sol. De plus le sable permet une meilleure infiltration des eaux pluviales vers l'aquifère. Les canalisations d'eaux vers le raccordement public sont disposées sous les trottoirs pour limiter les interventions sur le tapis bitumineux des voiries.

[72] PROGESTO
- GABINETE
TÉCNICO DE
GESTÃO, AR-
QUITECTURA E
PLANEAMENTO,
«Memória descri-
tiva e justificativa»
(2004)

Les places de parking sont en pavés ajourés qui participent aussi grandement aux infiltrations d'eaux et la réduction du phénomène d'îlot de chaleur urbain.

Aucun système de récolte des eaux pluviales n'est mis en place au-delà des infiltrations à raison de 160 litres par hectare par seconde. En cas d'incendie, des bouches d'incendie disposées tous les 25 mètres et reliées aux services publics des eaux, sont utilisées.⁷²

Matériaux

Les dalles des logements sont en béton armé ce qui sert de puit de chaleur grâce à la grande inertie thermique du béton. Absorbant la chaleur durant la journée et la restituant durant la nuit grâce à un bon déphasage. Le reste des murs se compose de céramique avec l'utilisation de briques communes produites localement. La forme cubiques des bâtiments a permis une plus grande économie des matériaux grâce à l'uniformité et la systématisation du processus de construction, minimisant ainsi son impact environnemental.

Critiques & témoignages

Ce troisième cas d'étude est quelque peu particulier car il sert en soit de contre-exemple. A première vue, en lisant les rapports et les présentations de Miguel Amado, professeur en Architecture à l'IST (Instituto Superior Técnico) de Lisbonne, on y voit des concepts bioclimatiques de qualité avec une conception servant de modèle pour d'autres projets. Malheureusement en prenant connaissance de l'analyse du projet qui fût réalisé en 2007, il ressort beaucoup d'incohérences entre la conception et la réalisation. Une grande quantité de végétation semblait avoir été planifiée afin de jouer un rôle essentiel dans les transferts thermiques du projet dès lors l'inexécution de ces concepts conduit à une perte de qualité du projet. De plus il semble qu'une part inégale d'effort de conception ait pris place entre la conception des logements collectifs et celle des logements individuels.

Dans ce travail nous sommes concentrés essentiellement sur les stratégies mise en place et leur efficacité mais l'on peut tout de même noter un rapport plutôt pauvre entre les logements collectif et l'espace public. L'architecture bioclimatique prône une importante réflexion sur la relation entre le bâti et son environnement. Peut-être était-il envisagé un agrandissement du projet par l'acquisition de l'espace foncier environnant mais il n'en est pas moins relevant que l'on constate des situations étranges sur les bords du quartier avec des routes s'arrêtant abruptement, ne montrant pas une excellente intégration du projet dans son milieu.

[73] INÊS COSTA
CARRAPIÇO,
MIGUEL AMA-
DO, «Indoor
environment
quality – casas de
Santo Antonio,
Barreiro»
(2011)
p.7

« Only to what the thermal comfort was concerned, the residents pointed out that it hadn't reach their expectations, even though it was enhanced that the house behaviour is still better than the average constructions. The fact that the residents of this urbanization choose it for its bioclimatic features is a positive contribution for sustainability in the society development. »⁷³

Ce cas d'étude m'a permis de voir que même avec une conception bioclimatique de qualité, il n'est pas évident de l'implémenter à la lettre lors de la réalisation d'un projet, sûrement pour différentes raisons valables, néanmoins il ne faut pas oublier que ce fût un projet pionnier au Portugal puisqu'il a été l'un des premiers quartiers à caractère bioclimatique conçu il y a maintenant déjà plus de 15 ans.

2.3 Synthèse des cas d'études

Les stratégies mises en place à l'échelle du collectif sont directement liées au climat méditerranéen. Après l'analyse des trois cas d'études, on voit des points communs que les trois projets partagent, avec une attention plus ou moins accrue.

Premièrement, la question de la perméabilisation des sols semble avoir pris le rôle principale. Les précipitations présentes dans le climat méditerranéen étant capricieuses, une grande attention à la gestion des eaux pluvial a été donnée. La répartition très inégale des précipitations donne lieu à des périodes de sécheresses suivies de pluies torrentielles. Par conséquent, une bonne infiltration de l'eau dans le sol, et sa réutilisation sont primordiales. De plus, il est malheureusement que cette problématique s'empire dans le temps du au changement climatique, d'où l'importance de sa prise en compte dans la conception de ces nouveaux quartiers. Les stratégies mises en place à cette égard ont eu l'effet positif de stimuler les espaces publics et de les revaloriser en favorisant l'interaction sociale.

En ce qui concerne la gestion du vent, tous les projets qu'ils soit en France ou au Portugal, ont une prédominance de vents du nord. Ils prennent en compte la ventilation nécessaire non seulement à l'intérieur des logements, mais aussi la notion du confort dans l'espace public et éviter le phénomène d'îlot de chaleur urbain. Plusieurs stratégies bioclimatique ont été mise en place pour y répondre, que ce soit avec la morphologie du bâti à la Duranne, ou avec l'utilisation de la végétation à Santo Antonio et Bel Air.

Finalement, les différentes trames des projets favorisent toutes une exposition maximale des façades sud, avec à l'esprit les risques liés aux effets de masques. Cette grande exposition à l'ensoleillement est implémentées de solutions d'ombrage pour la période estivale paliant ainsi les problèmes de surchauffe.

La conception bioclimatique à l'échelle du quartier se base les mêmes principes que la conception individuelle mais adresse des problématiques différentes. Il semble qu'une nouvelle fois, une excellente compréhension du microclimat, de l'environnement et de l'implantation du projet dans le reste de l'agglomération soient les éléments moteurs d'une bonne conception bioclimatique.

3.0 Hypothèse projectuelle

Le choix de mon hypothèse projectuelle s'est porté sur le Portugal car ayant eu l'opportunité de vivre dans la capitale, j'ai commencé à m'intéresser aux problématiques engendrées par le climat méditerranéen et aux conséquences liées aux problèmes de mauvaises conceptions à plusieurs échelles. Que ce soit au niveau urbanistique, à la suite d'une expansion rapide et non suffisamment contrôlée de la ville ou au niveau de la conception même des logements. Lisbonne continuant de s'étendre et d'urbaniser progressivement sa périphérie, mon engouement pour aborder les possibilités de participer à une meilleure conception de ces zones périphériques adaptée au climat particulier présent dans la région de Lisbonne, n'a cessé de croître. De prime abord et compte tenu que l'on se trouvait dans un climat méditerranéen j'avais bien entendu en tête les diverses implications liées au climat mais n'avait pas réellement pris conscience que le confort à l'intérieur des bâtiments typiques de la ville pouvait être aussi mal adaptés tant aux chaleurs étouffantes de l'été, qu'à la problématique de l'humidité hivernale omniprésente. Les solutions ponctuelles et individuelles de tout un chacun apportées à ces problèmes m'ont paru inquiétantes compte tenu notamment de la crise énergétique que nous vivons actuellement tous à différents degrés. En été les solutions mises en place dans la ville pour une bonne tolérance aux fortes chaleurs reposent le plus souvent sur des systèmes de climatisations qui envahissent et dénaturent les façades des rues. En hiver il est d'usage de recourir à l'utilisation de souffleurs à air chaud d'appoint extrêmement consommateurs d'électricité.

La capitale Lisbonne

Située à l'extrémité occidentale du continent européen, Lisbonne est la capitale du Portugal. Elle accueille aujourd'hui une population de quelque 550'000 habitants et est le cœur économique du Portugal représentant un tiers de son économie globale. Elle est connue comme la ville aux 7 collines, initialement développée à partir de l'une d'entre elles, un promontoire d'une centaine de mètres où se trouve le château de São Jorge. Elle était le point de départ des grandes découvertes, puis a par

la suite commencé à fortement densifier son littoral sur la rive droite de l'estuaire du Tage par l'extension de son centre. À la suite du tremblement de terre qui s'est produit en 1755 et qui a donné lieu à de nombreux incendies créant d'importants dégâts notamment dans les rues sinueuses de Baixa, la ville fut en grande partie reconstruite. Aujourd'hui le quartier de Baixa est facilement reconnaissable par sa géographie spatiale en damier rectiligne connecté à la place du commerce formant une « entrée de prestige de cette capitale d'Empire. »⁷⁴

[74] GEOIMAGES, «portugal - lisbonne : la capitale portugaise aux défis d'une touristification accélérée et d'une patrimonialisation accrue» (2018)

Dès les années 1990 elle a su profiter de l'accueil de grands événements pour se transformer et développer son marketing territorial. En 1994 elle a été nommée capitale européenne de la culture puis fût l'hôte de l'exposition universelle de 1998 pour finalement être décrétée capitale verte de l'Union Européen en 2020. Ce dernier visant à initier des efforts pour vivre dans des zones urbaines saines en améliorant la qualité de vie des habitants des villes européennes. Réduisant ainsi leur impact sur l'environnement avec comme slogan « Green cities – fit for life ». Elle s'est vue décerner ce prix pour son objectif de neutralité carbone d'ici 2050 et son intention de planter 100'000 arbres au cours de l'année 2020.⁷⁵

[75] Idem

Le tourisme est devenu une source de revenu majeure pour la municipalité et ses habitants, rendu possible notamment par la valorisation d'un patrimoine exceptionnel. Bien que cette « touristification » accélérée ait permis de relancer l'économie, elle a généré de plus en plus de tensions dans certains quartiers de la capitale. Les problèmes liés à l'afflux de touristes concernent principalement les quartiers du centre de Lisbonne, comme l'Alfama, le Bairro Alto, la Baixa-Chiado et la Mouraria. Aujourd'hui un tiers des logements de ces quartiers sont destinés à des locations de courtes durées de type AirBnB, représentant 15'000 logements dédiés au tourisme rien que dans le centre de la ville. Ce changement provoque une augmentation des prix et rend l'accès aux logements des populations plus vulnérables économiquement extrêmement compliqué. Face aux effets de cette gentrification touristique modifiant les usages résidentiels et commerciaux, des associations comme « Stop despejos » (stop expulsions) et « Morar em Lisboa » (habiter à Lisbonne) ont vu le jour.⁷⁶ Néanmoins beaucoup de Lisboètes doivent finalement quitter le centre à la recherche de logements moins coûteux en périphérie, accroissant l'urbanisation des municipalités entourant le centre de la capitale.

[76] Idem

Cité dortoir Setúbal

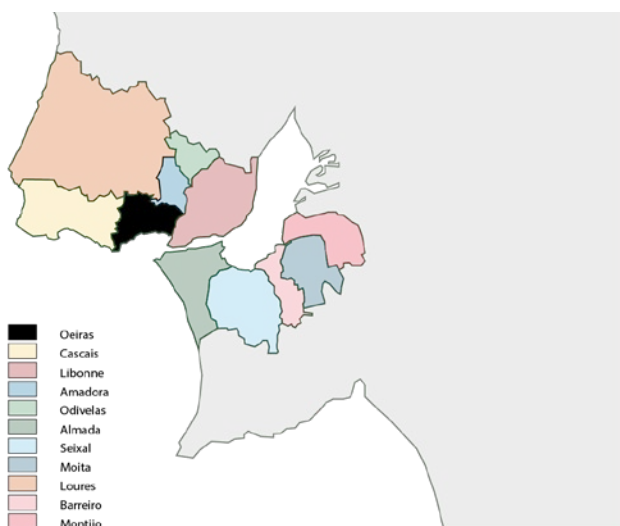
Setúbal est le district se trouvant directement au Sud de Lisbonne, de l'autre côté de l'estuaire du Tage. Ce district est beaucoup moins urbanisé que ceux de Lisbonne du fait que son accès n'était uniquement possible que par bateau à cause du fleuve séparant Lisbonne et Setúbal. Cependant en raison de l'intensité du trafic maritime sur le fleuve du Tage il a fallu trouver une nouvelle voie d'accès non fluviale. C'est ainsi que la traversée du Tage a été rendue possible par la construction dès 1966 d'un pont suspendu long de 2278 mètres. Il fût inauguré par l'ancien dictateur Salazar après 45 mois de travaux. Il a représenté l'aboutissement de 90 ans de réflexion ; les premiers projets de franchissement du fleuve ayant commencé depuis 1876, motivé par la nécessité urgente d'améliorer la mobilité au sein de l'agglomération et faciliter les relations entre la capitale et le Sud du Portugal.

Depuis 1974 il porte le nom de « Pont du 25 avril » en référence à l'évènement majeur du XXème siècle au Portugal, la Révolution des œillets. Cette révolution marque la fin de la dictature de Salazar lorsque les militaires ont refusé de continuer d'exécuter ses ordres, mettant des œillets fleuris au bout de leurs canons en signe de protestation. Le pont du 25 avril symbolise une modernisation tardive du Portugal mais représente l'un des ouvrages de génie civil les plus marquants du Portugal ayant permis de relier par des voies routières et ferroviaires le quartier d'Alcântara (Lisbonne) au district de Setúbal.⁷⁷

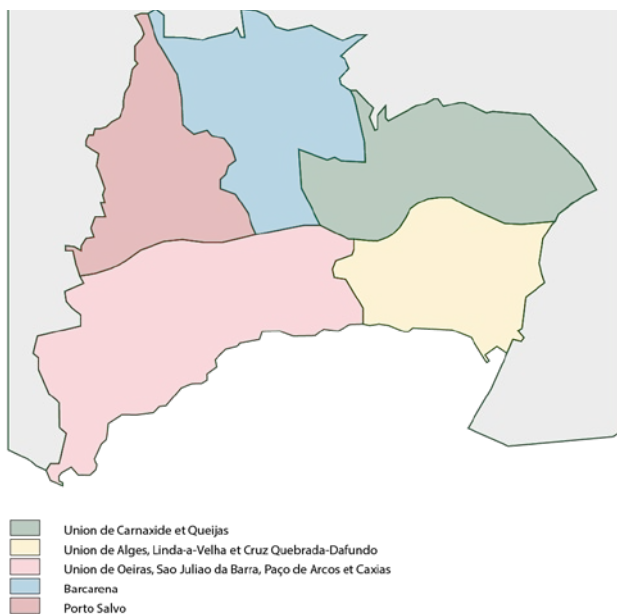
[77] Idem

Bien que le district Setúbal ait été désormais relié à la capitale par le pont du 25 avril, son essor n'a pas suivi proportionnellement celui de Lisbonne. Afin d'encourager son développement il a été prévu la construction d'un aéroport dans la ville de Montijo, qui aurait déjà entrer en fonction en 2022. Les plages de la péninsule de Setúbal ont longtemps été délaissées par les Lisboètes fortunés, préférant les plages situées à l'ouest de la capitale, de Carcavelos jusqu'à Cascais. En effet la partie sud de l'estuaire était principalement composé de villages de pêcheurs qui sont en constante diminution de nos jours, laissant place à des cités dortoirs destinées aux travailleurs recherchant des logement plus abordables que ceux de la capitale tout en profitant de son économie.

Un des problèmes majeurs freinant la mobilité entre la partie Nord et Sud réside dans le nombre excessif des personnes empruntant le pont aux périodes d'affluences. Chaque matin et chaque fin d'après-midi le pont connaît d'importants embouteillages; de même que les zones qui le connectent. De plus la traversée du pont ne fait pas gratuitement. Un péage taxant uniquement les traversées Sud-Nord rend l'alternative de la péninsule de Setúbal moins intéressantes que d'autres quartiers en périphérie de Lisbonne.



Plan de l'agglomération de Lisbonne



Plan des communes d'Oeiras

3.2 Oeiras

3.2.1 Zoning

[78] ADMINISAT
PORTOGALLO,
«Province of Área
Metropolitana de
Lisboa»

La municipalité d'Oeiras se trouve dans la partie centrale de la zone métropolitaine de Lisbonne. Elle est circonscrite par le fleuve Tage au sud, la municipalité de Cascais à l'ouest, celles de Sintra et Amadora au Nord et Lisbonne à l'Est. Elle représente une surface de 45'900 hectares et compte une population de près de 180'000 habitants⁷⁸. Aujourd'hui Oeiras n'est plus que divisée en 5 communes suite à la réunion d'anciennes communes. Elle compte aujourd'hui Barcarena, Porto Salvo, l'Union de Algès, Linda-a-Velha et Cruz Quebrada-Dafundo, l'Union de Carnaxide et Queijas et dernièrement l'Union de Oeiras, São Julião da Barra, Paço de Arcos et Caxias.

3.2.2 Évolution historique

[79] FRANCESCA
POGGI, MIGUEL
AMADO
«Sustainable
Energy Transition
for Cities»
(2022)
p.90

Avant d'entreprendre l'analyse de la morphologie urbaine, il est indispensable de rappeler et comprendre l'évolution spatiale et temporelle de la municipalité.

Comme l'urbanisation a une influence significative sur la consommation d'énergie, l'analyse du modèle d'occupation revêt une importance fondamentale afin de pouvoir cerner au mieux les stratégies à appliquer pour atteindre l'efficacité énergétique requise en fonction des conditions existantes et des demandes futures.

Nous analyserons la transformation de la municipalité d'Oeiras au cours de son histoire en considérant six périodes d'évolution, en utilisant les données de 2011 de l'Institut National des Statistiques du Portugal.⁷⁹

Avant 1945

Jusqu'au XXe siècle, la municipalité d'Oeiras était principalement caractérisée par une utilisation rurale des terres. Son urbanisation s'est ensuite développée naturellement étant donné sa position stratégique sur le bord de l'estuaire du Tage et sa proximité avec Lisbonne.

De 1948 à 1960

En 1948, le développement urbain conduit à l'élaboration du premier plan d'urbanisme visant à orienter la densification de la zone comprise entre Lisbonne et Cascais. Le plan « Plano de Urbanização da Costa do Sol » (Plan d'Urbanisme de la Côte du Soleil) été réalisé par l'architecte urbaniste russe Etienne de Gröer et a servi de guide pour l'urbanisation de 1948 jusqu'aux années 1990.⁸⁰

Ainsi les parties Sud et Est d'Oeiras ont commencé à être fortement urbanisé visant à permettre d'absorber une forte population et de développer un réel usage résidentiel.

Au cours de ce premier processus d'urbanisation, la construction de deux routes a permis d'assoir l'expansion urbaine d'Oeiras :

- la route côtière qui longe le fleuve entre Lisbonne et Cascais
- une première partie de l'autoroute A5 dans l'axe central de la municipalité d'Oeiras renforçant la liaison Lisbonne-Cascais⁸¹

Jusqu'aux années 1960, les zones urbaines d'Oeiras ont poursuivis un processus de réaffectation de l'utilisation des sols avec l'émergence d'utilisations commerciales, en raison de la modification du système socio-économique induit par le développement industriel et de la croissance démographique de la région de Lisbonne.

De 1960 à 1970

La période de 1960 à 1970 s'est caractérisée par une phase de crise de logement, devenant un thème dominant les débats d'architectures au Portugal, et durant laquelle le processus d'urbanisation d'Oeiras a continué de s'intensifier. Notamment par la construction de nouvelles zones urbaines comme Nova Oeiras, Tercena, Linda-a-Velha, Porto Salvo et Queija. Durant cette période l'on a connu une émergence en masse de lotissements illégaux et de bidonvilles associée au problème des « clandestins » de la périphérie transformant Oeiras en un « dortoir » de Lisbonne.⁸²

[80] OEIRAS VALLEY
«Plano de Urbanização da Costa do Sol - PUCS»

[81] FRANCESCA POGGI, MIGUEL AMADO
«Sustainable Energy Transition for Cities»
(2022)
p.90

[82] NUNO CORREIA, «La Città Altra : Storia e immagine della diversità urbana: luoghi e paesaggi dei privilegi e del benessere, dell'isolamento, del disagio, della multiculturalità»
p.82

De 1970 à 1993

[83] FRANCESCA
POGGI, MIGUEL
AMADO
«Sustainable
Energy Transition
for Cities»
(2022)
p.92

A partir du début des années 1970 un processus d'expansion plus informel autour de l'ensemble des territoires municipaux a vu le jour avec la consolidation des zones industrielles situées à proximité de Lisbonne. Les transports se sont davantage développés, notamment suite à la construction du pont du 25 avril. Cette période a également connu le retour des familles des colonies portugaises, générant un pic du taux de croissance annuel moyen de la population de 7,97%. Dans ce contexte, 48% du total des bâtiments résidentiels existants ont été construits, créant simultanément de nouveaux emplois dans les secteurs secondaire et tertiaire.⁸³

[84] LORETTA
LEES, HYUN
BANG SHIN,
ERNESTO LÓ-
PEZ-MORALES
«Global Gentrifi-
cations, uneven
development
and displace-
ment»
p.40

À partir des années 1980, la municipalité d'Oeiras a cessé d'être considérée comme une cité-dortoir et a développé sa propre identité grâce à une meilleure autonomie du réseau d'infrastructures. Conscient du nombre toujours important d'habitation illégales et précaires, l'état Portugais a mis en œuvre un plan spécial de relogement (Plano Especial de Realojamento). Ce projet avait pour ambition de convertir ces zones aux conditions humaines précaires en zones urbaines améliorées par un subventionnement étatique de quelque 1,2 milliards d'euros.⁸⁴

De 1994 à 2015

[85] MIGUEL DEL-
GADO GOMES
DE OLIVEIRA
«Plano Director
Municipal de
Oeiras – Avalia-
ção dos Progra-
mas Estratégicos
e seus Impactes
Territoriais»
p.53

En 1994, l'élaboration d'un plan directeur municipal (Plano Director Municipal de Oeiras) donne un nouveau cadre plus rigoureux de planification de la municipalité d'Oeiras venant remplacer l'ancien plan d'urbanisation « Plan urbain de la Côte du Soleil ». L'objectif principal du plan directeur municipal de 1994 consistait à permettre une expansion harmonieuse des zones désignées comme « espace urbanisable ».

Pour atteindre son but, le plan directeur procède au classement des espaces en 7 différents types.⁸⁵

1. Espaces «urbains»
2. Espaces «urbanisables»
3. Espaces industriels
4. Espaces naturels et protégés
5. Espaces écologiquement équilibrés
6. Espaces multifonctionnels
7. Espaces ruraux

Cette période se distingue par un remplissage et une compression de quelques zones urbaines moins consolidées ainsi que par le renforcement de la position d'Oeiras dans le réseau métropolitain régional en termes de niveaux d'emploi, d'offre de biens et de services, d'espaces de vie et d'identité à l'intérieur de la zone métropolitaine.

La vision de faire d'Oeiras un territoire de haute qualité a été soutenue par le développement stratégique de la connaissance, de l'économie, des relations sociales et de la durabilité, qui a conduit la municipalité à la position de leadership qu'elle occupe depuis 17 ans.⁸⁶

De 2015 à 2023

En 2015, le plan directeur de 1994 est révisé et met désormais en avant les principes de « Ville Durable » et de la poli-nucléation. Ces aménagements du plan directeur visent à réaliser des stratégies définies sur la perspective d'affirmer Oeiras comme une « ville-espace » selon les indicateurs de croissance influencés par la proximité de la capitale Lisbonne.

Dans cette lignée, le plan révisé de la municipalité est soutenu par cinq vecteurs stratégiques :⁸⁷

- La concentration et le développement urbain multicentrique
- La mobilité durable
- La qualification de l'espace public et la régénération urbaine
- L'amélioration de l'efficacité du réseau de services urbains
- L'efficacité de la gouvernance.

L'infrastructure verte définie dans le plan directeur est gérée selon des outils de planification stratégique sectorielle à long terme axés sur la mise en place de corridors verts, l'utilisation durable de l'eau, le boisement et la biodiversité locale.

[86] FRANCESCA
POGGI, MIGUEL
AMADO
«Sustainable
Energy Transition
for Cities»
(2022)
p.96

[87] URBAN ECO-
SYSTEMS 4TH
REPORT
«Mapping and
Assessment of
Ecosystems and
their Services»
p.33

[88] URBAN ECO-SYSTEMS 4TH REPORT
«Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services»
p.33

« The land use model considers green infrastructure, defined according to national legislation Municipal Ecological Structure (Estructura Ecológica Municipal), as the frame of urban areas, values and fundamental natural systems that, together and by reason of its biophysical or cultural characteristics, have as main function to contribute to the ecological balance and for the protection, conservation and environmental enrichment of Oeiras territory »⁸⁸

Les résultats actuels démontrent une répartition spatiale plus homogène et hiérarchisée des zones urbaines avec la création de nouveaux pôles d'activités favorisant l'activité économique et parvenant à un équilibre entre le développement nord et sud de la municipalité. Il convient également de souligner les efforts de revitalisation des anciennes zones industrielles par le développement de nouvelles zones à usage mixte, ainsi que les mesures de développement côtier visant à en promouvoir la protection.

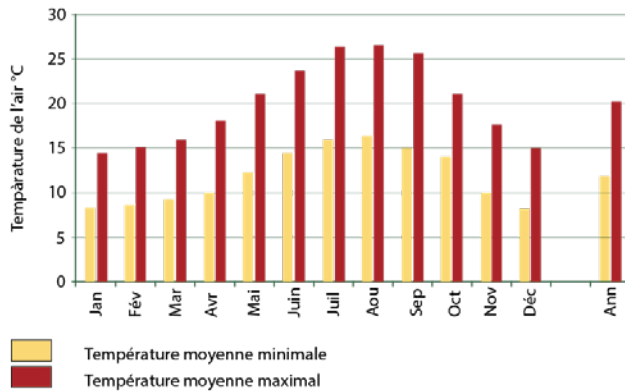
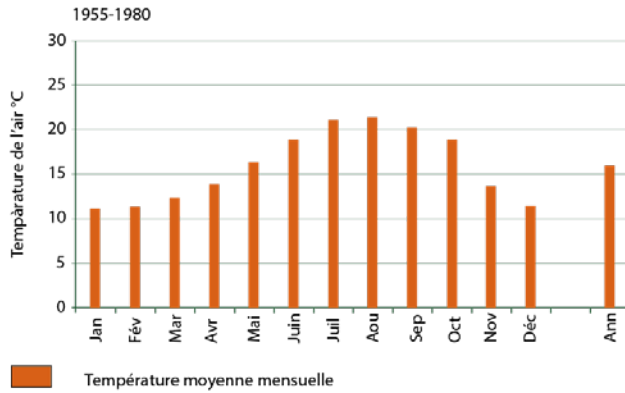
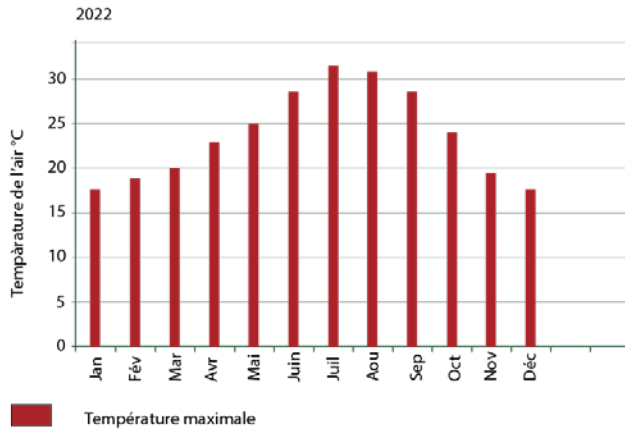
3.2.3 Climat

[89] MARIA GUERREIRO, ISRAEL GUARDA
«Bioclimatic Urbanism and Regional Design in Portugal: The Atlantic and the Mediterranean Contexts»
p.9

Selon les avis des géographes portugais, le Portugal se divise en trois zones climatiques : Atlantique dans la partie Nord-Ouest, Continental au Nord-Est avec d'important reliefs et une prédominance de roches et enfin Méditerranéen dans le sud avec principalement des plaines. Il est généralement définit que la latitude de Lisbonne marque le début de la zone méditerranéenne. Le fait qu'elle marque cette limite rend ses hivers plus humides de par sa proximité au climat Atlantique.⁸⁹

[90] LORENZO, M.N. &ALVAREZ
«Climate change patterns in precipitation over Spain using CORDEX projections for 2021-2050. Science of The Total Environment» (2020)
p.723

Durant les dernières décennies, le climat c'est radicalisé conduisant à des modifications significatives des conditions moyennes, principalement en ce qui concerne les températures et les précipitations. Ces changements à fort impact sur les écosystèmes et le secteur socio-économique ont induits des dégâts globaux au niveau environnemental et social.⁹⁰



Graphiques
des moyennes
des
températures
maximales et
minimales à
Oeiras

source des
informations du
graphique «2022»
WEATHER SPARK
«Climat à Oeiras»

Température

[91] SVENSSON, M.K., & ELIASSON
SON
« Diurnal air temperatures in built-up areas in relation to urban planning. Landscape and Urban Planning, (2002) p.37-54

La température de l'air et ses fortes variations ont un effet sur la santé des habitants, le confort, la consommation d'énergie et la qualité de l'air. L'intégration de ce paramètre dans la conception urbanistique est devenue définitivement cruciale en permettant d'atteindre un meilleur taux de confort et de performance des bâtiments et des espaces extérieurs.⁹¹
« La municipalité d'Oeiras est caractérisée par un climat Méditerranéen doux typique influencé par les conditions côtières de l'Est »⁹²

[92] FRANCESCA POGGI, MIGUEL AMADO
«Sustainable Energy Transition for Cities» (2022) p.72

Les variations thermiques d'Oeiras sont régulières dans l'année avec des valeurs les plus fortes en période estivale. Provenant de la station météorologique de Sassoeiros/Oeiras (38° 42'N, 9° 19'E à 50 mètres d'altitude) les analyses climatiques suivantes montrent les moyennes des valeurs recueillies entre 1955 et 1980.

La température moyenne variait entre 11,1°C et 21,8°C avec une température maximale moyenne de 27°C et minimale de 7,6°C en janvier.

Suite au changement climatique du climat Méditerranéen, les observations avec le rapport des températures de 2022 montre effectivement une augmentation des températures moyennes mais avec singulièrement des températures maximales et minimales plus extrêmes.

[93] WEATHER SPARK
«Climat à Oeiras»

En 2022, la température moyenne a varié entre 11,6 et 23,5°C avec des températures maximales dépassant les 35 °C et minimales de 5°C⁹³. De plus, on peut constater une radicalisation du climat au cours des dernières décennies avec des minimales de plus en plus froides et des maximales de plus en plus chaudes. Il est important de noter que par sa proportion d'urbanisation et de minéralisation plus faible, la municipalité d'Oeiras souffre actuellement moins du phénomène d'îlot de chaleur urbain. De plus, les municipalités proches de la côte bénéficient d'une baisse des températures, engendrée par les brises océaniques, contrairement de celles situées plus à l'intérieur des terres. Un contrôle du développement par la municipalité demeure d'une importance primordiale pour ne pas effectuer les mêmes erreurs que dans le centre de Lisbonne et encourager la création de phénomène d'îlot de chaleur urbain.

Depuis plusieurs années, le Portugal connaît l'importante problématique des incendies dus aux chaleurs caniculaires et aux périodes prolongées de sécheresses. D'ailleurs l'année 2022 fût spécialement dévastatrice pour le Portugal.

« Le Portugal, qui connaît cette année une sécheresse exceptionnelle, a déjà connu le mois de juillet le plus chaud depuis près d'un siècle. Depuis le début de l'année, 92 000 hectares sont partis en fumée, soit la superficie la plus étendue depuis les incendies meurtriers de 2017, qui avaient fait une centaine de victimes, de la nature et des forêts. »⁹⁴ selon le dernier bilan de l'Institut pour la conservation de la nature et des forêts.

À la suite du weekend du 9 juillet 2022, le premier ministre Antonio Costa avait décrété « l'état de contingence » pour élever le niveau de mobilisation des services de secours et des restrictions à imposer. Lisbonne a aussi demandé à l'Union européenne d'activer son mécanisme de protection civile commune, obtenant l'envoi de deux avions bombardiers d'eau stationnés en Espagne.

« Jusqu'à 2800 pompiers étaient mobilisés, dimanche, pour tenter de venir à bout d'une série de feux de forêt qui ravagent le Portugal, touché par des températures caniculaires. »⁹⁵

[94] LE MONDE
«Incendies : dans l'est de l'Espagne et le nord du Portugal, des dizaines de milliers d'hectares ravagés par les flammes»
(2022)

[95] LE TEMPS
«Le Portugal en proie à la canicule et à une série de feux de forêt»
(2022)

Ensoleillement

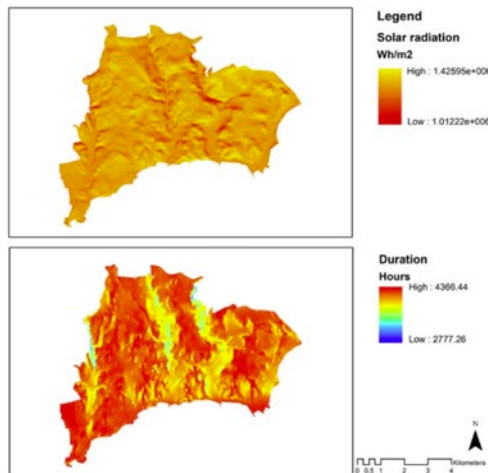
[96] FRANCESCA
POGGI, MIGUEL
AMADO
«Sustainable
Energy Transition
for Cities»
(2022)
p.75

La radiation solaire d'un point sur la surface de la Terre correspond à la somme du rayonnement direct, diffus et réfléchi appliqué à ce point. La radiation solaire incidente correspond quant-à-elle à la durée de rayonnement sur une surface horizontale exprimée en heures.

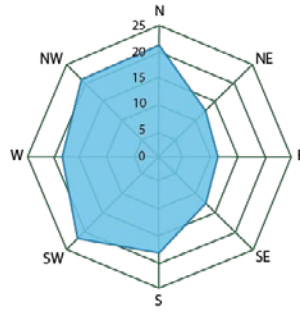
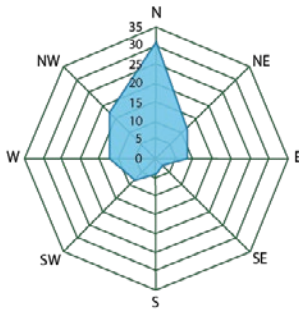
A Oeiras, les mois connaissant le plus fort rayonnement sont les mois d'été, comme c'est le cas de toutes les villes du climat Méditerranéen. La moyenne du rayonnement solaire incident est de 2567 heures par an ce qui revient à une moyenne de plus de 7 heures d'exposition journalière⁹⁶. Une telle exposition confirme la nécessité d'une conception architecturale et urbanistique tenant compte de ce rayonnement afin de ne pas le subir mais d'en tirer profit tout en en réduisant la consommation d'énergie.

Les graphiques, réalisés sur ArcGIS grâce au module Solar Analyst, montre la quantité de radiation en Wh/m² reçue en par les différentes zones d'Oeiras. Ce logiciel calcule la radiation en prenant en compte les effets atmosphériques, la latitude, l'élévation, la pente, l'orientation et les effets de masque du lieu. On y distingue facilement sur le graphique de la durée d'ensoleillement en fonction de la topographie. Plus la pente est raide moins la valeur d'ensoleillement est grande.

Ensoleillement
annuel de la
municipalité
d'Oeiras

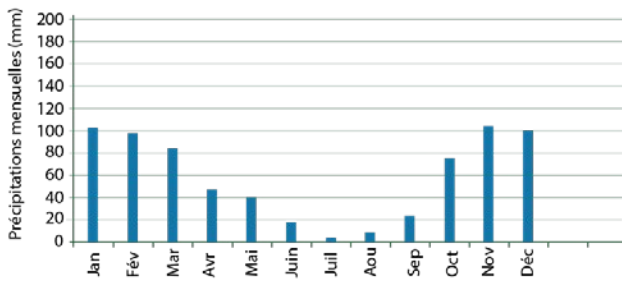


© Sustainable Energy Transition for Cities p.82



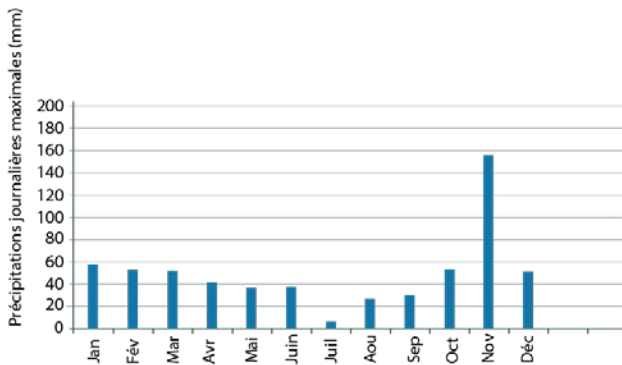
Orientation, vitesse et fréquence du vent sur la commune d'Oeiras

source des informations «Sustainable Energy Transition for Cities» (2022) p.76



Precipitations mensuelles et journalières

source des informations «Sustainable Energy Transition for Cities» (2022) p.74



Vents

Les diagrammes suivants montrent l'analyse des vents prédominants enregistrés par la station Lisbonne / Tapa da Ajuda située au sud du parc Monsanto entre Lisbonne et Oeiras. On y constate que le vent dominant au Portugal provient du Nord (fréquence de 31%), ensuite du Nord-Ouest (13%). Au Portugal, les vents du Sud (Sud-Ouest) sont beaucoup plus rares. Ils représentent moins de 4% des vents et sont généralement présents durant la période hivernale et accompagnent généralement les précipitations. Contrairement au Mistral aussi en provenance du Nord, les vents du Portugal sont en moyenne moins violents avec des vitesses ne dépassant généralement pas les 25 km/h. Au centre de Lisbonne ces vitesses peuvent s'accroître considérablement dans les corridors urbains où s'engouffre le vent et s'accélère à cause du principe de Venturi.

Précipitations

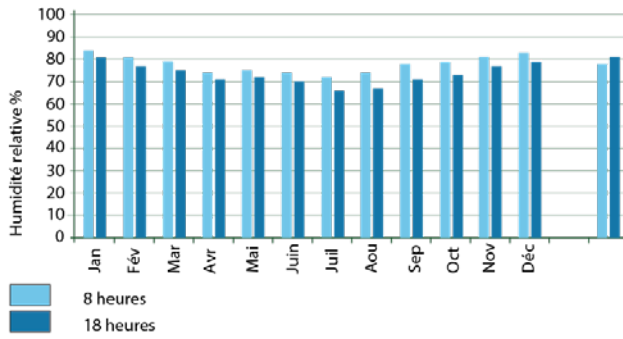
Les 4 mois de juin à septembre représentent la période sèche du Portugal avec moins de 20 millimètres de précipitation mensuelle. Comme il est commun dans ce type de climat, la distribution des précipitations au cours des mois est irrégulière mais concentrée en grande partie entre les mois d'octobre et mai. Les précipitations maximales journalières atteignent des valeurs élevées dans la municipalité d'Oeiras. La station météorologique de Sasseiras/Oeiras enregistre un taux de précipitation annuel de 705.7 mm.

[97] PLANIFICADOR A CONTRARIOS
SENS
«meteo à Londres»
(2022)

[98] LONDRES-MAG
«Londres est-elle la ville la plus pluvieuse du monde ?»
(2019)

[99] WEATHER SPARK
«Climat à Oeiras»

La municipalité d'Oeiras enregistre plus de précipitations sur l'année que la ville de Londres (587.3 mm)⁹⁷ mais leurs répartitions sont bien différentes à savoir une moyenne de 106 jours de pluie par année à Londres⁹⁸ contre une moyenne de 60 jours par an pour Oeiras.⁹⁹



Graphique des moyennes d'humidité relative

source des informations «Sustainable Energy Transition for Cities» (2022) p.74

Humidité

La variation de l'humidité relative au cours de la journée dépend principalement de la température. L'air chaud détient une plus grande capacité à stocker l'humidité que l'air froid. C'est un phénomène que l'on observe fréquemment sur les parebrises d'automobile en période hivernal. L'air chaud de l'habitacle, contenant une plus grande part d'humidité se rapproche du parebrise et à son contact se refroidit car la température du vitrage est significativement plus basse. On y observe alors l'apparition de condensation, démontrant que l'influence de la température sur le niveau d'humidité.

Suivant ce principe, les valeurs minimales d'humidité relative dans l'air à Oeiras sont enregistrées dans les après-midis, lorsque la température de l'air est à son maximum. Il en est de même au cours de l'année, avec les plus basses valeurs en été et augmentant durant l'hiver. La proximité de la municipalité Oeiras à l'océan augmente le taux d'humidité relative dans la zone en comparaison avec les municipalités plus en recul. A Oeiras l'humidité relative varie entre 55% au mois d'août et 73% en janvier.

3.2.4 Morphologie

L'étude des morphologies urbaines dans une perspective de transition énergétique des villes doit être associée à une connaissance approfondie de l'évolution du modèle d'occupation au fil du temps.

Dans ce contexte, la prise en compte de la morphologie urbaine au stade le plus précoce de la planification permet d'élaborer des lignes directrices pour la planification et la conception urbaines associées à des mesures passives et, par conséquent, d'optimiser la performance énergétique des bâtiments et des espaces publics



Une analyse de la municipalité d'Oeiras réalisée en 2022¹⁰⁰ classe en deux étapes les différentes morphologies.

Premièrement, le tissu urbain est décomposé en 7 trames :

1. Grille orthogonale régulière :
résultat du morcellement planifié développé au cours de l'évolution des zones urbaines historiques.
2. Grille réticulée non orthogonale :
où les rues ont un tracé rectiligne, prévue pour les îlots résidentiels ;
3. La grille linéaire :
qui suit certains éléments de conditionnement comme le littoral, les rues principales ou la voie ferrée
4. Grille ponctuelle :
constituée par des bâtiments isolés qui sont situés dans des endroits particuliers de la municipalité
5. Grille organique :
qui tourne autour de rues radiales ou circulaires intégrées avec une faible densité et des habitations unifamiliales, principalement présentes dans les zones historiques.
6. La trame commerciale :
où prédominent les bâtiments aux volumes importants du secteur tertiaire.
7. Grille irrégulière :
présente dans les zones de croissance tentaculaire à caractère illégal et à occupation dispersée, où la planification résulte de l'activité empirique et non d'une vision multidisciplinaire intégrée du territoire.



© Satellites.pro

La deuxième étape de l'analyse se concentre sur les différentes typologies de bâtiment présentes dans la municipalité. Pour ce faire, les typologies sont réparties en 5 catégories :

1. Les maison mitoyennes :
Suivant une rangée et partageant un mur avec les bâtiments de chaque côté, elles ont en général 1 à 2 étages et sont réparties équitablement le long de la rue.
2. Les maisons individuelles :
Les maison individuelles ou de type pavillonnaires sont présentes dans la plupart des communes de la municipalité mais représentent généralement les plus grandes consommatrices d'énergie du fait de leurs déperditions thermiques importantes. De plus elles sont gourmandes au niveau de l'emprise au sol, favorisant l'étalement urbain.
3. Immeubles d'habitation isolés :
Les points 3 et 4 partagent plusieurs caractéristiques identiques. Ces types de bâtiments jouent un rôle important dans la transition énergétique avec une faible emprise au sol pour une grande densité et compacité, il sont souvent caractérisé par des hauteurs importantes.
4. Immeubles d'habitation agrégés :
Typiques des constructions entreprises entre les années 1960 et 1980, ce type de typologie offre une forte densité sur des surfaces réduites, offrant la possibilité d'implémenter des espaces communs de plus grande qualité. Dans le climat méditerranéen la compacité des bâtiments peut rapidement encourager le phénomène d'îlot de chaleur urbain. Par conséquent il est crucial de garder à l'esprit les effets de masque produit entre les différents bâtiments et les obstructions à la ventilation naturelle qui peuvent conduire à une consommation d'énergie accrue.
5. Bâtiments commerciaux
Cette dernière typologie est reliée au secteur tertiaire et représente les constructions de type industrielles



Plan de la hiérarchie des voies de circulation

3.2.5 Densité

Si l'on compare la densité actuelle avec le réseau écologique de la municipalité, on constate que l'infrastructure verte est respectée et que le développement de la zone suit bien les points 4 et 5 du plan directeur de 1994 et ceux remis en avant dans la révision 2015. Une importance des espaces verts et de l'espace public est un des axes principaux dans le développement d'Oeiras.

3.2.6 Transports

[101] LES ECHOS
«Lisbonne fédère
son écosystème
de mobilité
urbaine autour de
la donnée»
(2021)

En 2021, à la suite du prix décerné à Lisbonne comme « Capitale verte européenne 2020 » le Maire de Lisbonne, Carlos Moedas, avait déclaré le jour même de son élection « prendre la politique environnementale dans ses attributions directes »¹⁰¹.

[102] HUBINSTITUTE
«Lisbonne : le
partage, nouvel
horizon de la
mobilité»
(2021)

Il faut en effet avoir à l'esprit qu'en 2017 l'usage de la voiture à Lisbonne avait explosé par rapport à celui des dernière décennies. Il avait atteint 47% des déplacements urbains et parallèlement l'on avait enregistré une baisse significative de l'utilisation des transports en commun Lisbonne vise désormais d'inverser cette tendance. D'ici 2030 la capitale vise à atteindre – comme l'a annoncé le conseiller aux mobilités urbaine Pedro Machado¹⁰² - une proportion de deux tiers des déplacements à l'aide de solutions de mobilité durable dans le but de respecter l'accord de Paris en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre. « L'objectif du plan stratégique vise à les réduire de 70 % à l'horizon 2030 » Pour se faire le maire en place avait annoncé son intention d'acquérir 160 véhicules dont 125 autobus à gaz en 2020 et 30 autobus électriques en 2021¹⁰³

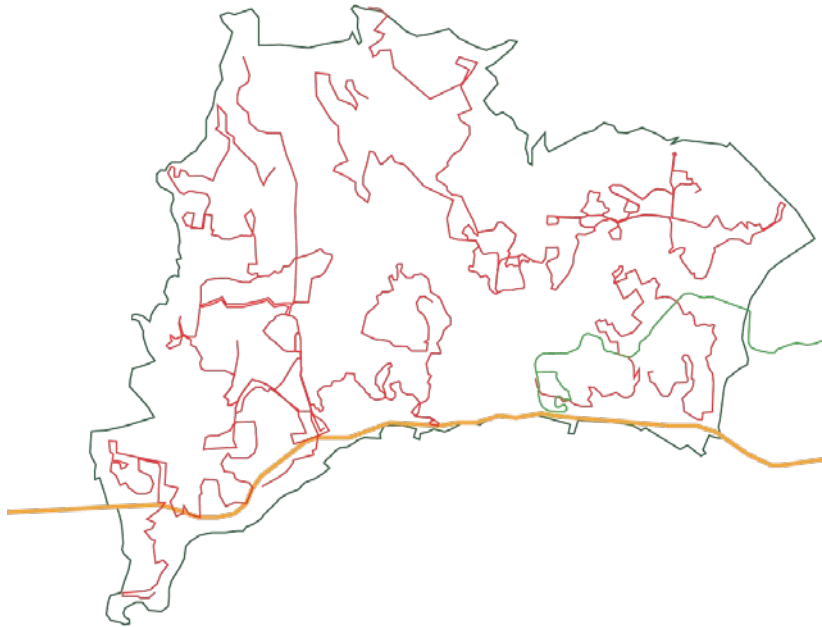
[103] LES ECHOS
«Lisbonne fédère
son écosystème
de mobilité
urbaine autour de
la donnée»
(2021)

[104] FRANCESCA POGGI, MIGUEL AMADO
«Sustainable
Energy Transition
for Cities»
(2022)
p.128

En ce qui concerne la municipalité d'Oeiras, l'utilisation des transports en commun ne représente que 15% des trajets journaliers correspondant à 107'000 trajets dont 34'900 sont internes à la municipalité¹⁰⁴. La majeure partie des trajets s'effectuant toujours par l'utilisation de la voiture, le secteur du transport représente 39% de la consommation d'énergies du Portugal¹⁰⁵

[105] ADEME
«Portugal energy
efficiency &
Trends policies»
(2018)

Le schéma ci-contre montre la hiérarchisation des rues de la municipalité en les décomposant sur 5 niveaux d'intensité d'usage. La structure territoriale d'Oeiras est caractérisée par plusieurs autoroutes inter-municipalités ainsi que des corridors de transports. Oeiras est relié à Lisbonne par l'autoroute A5 traversant en son milieu et par la ligne de train Lisbonne-Cascais en bordure Sud, sur la côte du Tage. Les axes principaux Nord-Sud sont



Plan des transport en commun
 En rouges les ligne de bus
 En jaune la ligne de train
 En vert la future ligne de métro

source:
 ligne de bus MOOVITAPP
 ligne de métro LIOS «Planta da ciudad»
 train SATELLITE.PRO

l'autoroute Circular Regional Exterior de Lisboa (CREL), partant de l'autoroute A5 en direction du Nord et l'autoroute Circular Regional Interior de Lisboa (CRIL), partant d'Alges également en direction du Nord. Ce réseau routier représente les principales voies de déplacement automobiles de la municipalité, source de congestions, pollution environnementale et sonore du territoire d'Oeiras. En moyenne, 220'000 véhicules pénètrent chaque jour dans la municipalité entre 7h30 et 21h00, dont la moitié des trajets sont de type Logement/ Travail ou Logement/Ecole¹⁰⁶. Il reste encore d'importants efforts à faire pour envisager une plus grande transition du moyen de transport conventionnel personnel automobile vers des moyens de transport en commun plus durables, permettant de réduire les impacts environnementaux et les émissions de gaz à effet de serre du secteur des transports. L'augmentation des gaz à effet de serre due au polluant joue un rôle important dans l'augmentation de la température en période de grande chaleur et de rayonnement. Il est important de préciser que l'absence de ponctualité des transports en communs au Portugal est responsable de la diminution de son utilisation car une grande partie des horaires des lignes de Bus ne

[106] FRANCESCA POGGI, MIGUEL AMADO «Sustainable Energy Transition for Cities» (2022) p.128

sont pas respectés. Selon mon expérience personnelle de la vie à Lisbonne il m'apparaît que le moyen le plus efficace d'utiliser les transports en commun dans l'agglomération est de favoriser lors de ses déplacements l'usage de transport sur rail, comme le métro et le train, dont les horaires sont habituellement respectés. Cependant, si la ponctualité des bus pouvait être améliorée, cela inciterait sûrement une transition plus soutenue vers les transports en publics à moindre coût puisque beaucoup de lignes sont déjà en places et couvrent une grande partie du territoire de Oeiras.

Le schéma suivant montre la desserte actuellement en place en fonction des différents types de transport en publique.

Un investissement estimé à 490 millions d'euros a été annoncé en juillet 2020 pour la création d'une ligne de métro destinée à relier les trois municipalités de Loures, Lisbonne et Oeiras.

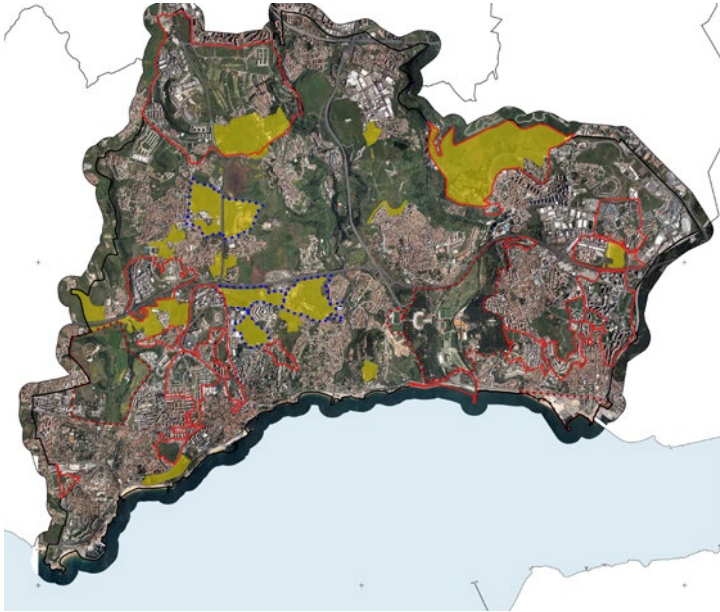
Les municipalités concernées ont d'ailleurs confirmé « qu'elles voteront l'approbation d'un protocole de coopération » entre elles pour le développement d'un projet de métro en surface entre Alcântara et Cruz Quebrada et entre Santa Apolónia et Sacavém.

Ces municipalités entendent s'assurer une connexion rapide et structurante des transports en commun principalement entre les zones riveraines respectives et le centre de la capitale. Afin il est également prévu d'améliorer la connectivité de leurs territoires et de mettre en œuvre de nouveaux corridors de transport en commun basés sur l'extension de la ligne de tramway 15, actuellement exploitée par la compagnie Carris.

Ces corridors permettront de structurer le territoire d'Alcântara, Ajuda, Belém, Algés, Linda-a-Velha et Cruz Quebrada/Dafundo, ainsi que le corridor Santa Apolónia - Gare d'Orient et Gare d'Orient - Moscavide, Portela, Sacavém, créant encore un couloir clé dans toute la commune du Parque das Nações.

La nouvelle ligne de métro aura une longueur de 24,4 kilomètres et sera reliée aux lignes, de tramway et de train de la ligne Lisbonne - Cascais et de la ligne Nord, ainsi qu'à l'extension de la ligne rouge du métro de Lisbonne à Alcântara.

Selon le communiqué, « le développement de cette ligne s'articule avec le gouvernement dans le cadre d'un ensemble plus vaste d'investissements dans les infrastructures de transport de



Plan des zones urbanisables

zones urbanisables en jaune

source:
CAMARA MUNICIPAL DE OEIROS
«plano diretor municipal de oeiras»
(2018)



© Google street view

la zone métropolitaine de Lisbonne, qui visent à accroître la cohésion du territoire dans la zone métropolitaine de Lisbonne et qui favoriseront l'amélioration des conditions d'accessibilité et, en particulier, la compétitivité, la fiabilité et la confiance dans le système de transport public. »

[107] DIARIO DE NOTICIAS «Metro Ligeiro de Superfície vai ligar Lisboa a Oeiras e a Loures» (2020)

Les communes chercheront également à mettre en place des corridors dédiés à la mobilité douce, piétons et cyclistes, parallèlement aux corridors de transports publics.

L'objectif est de « continuer à fidéliser et à gagner la confiance de nouveaux usagers » pour le réseau de transport public de la zone métropolitaine de Lisbonne, dans le prolongement du programme de soutien à la réduction des tarifs et du nouveau système de tarification mis en place dans la zone métropolitaine de Lisbonne, qui a débuté le 1er avril 2019.¹⁰⁷

3.3 Le site

Le choix du site se base sur l'analyse de la municipalité d'Oeiras et des principes de conception durable dans l'objectif de la transition énergétique.

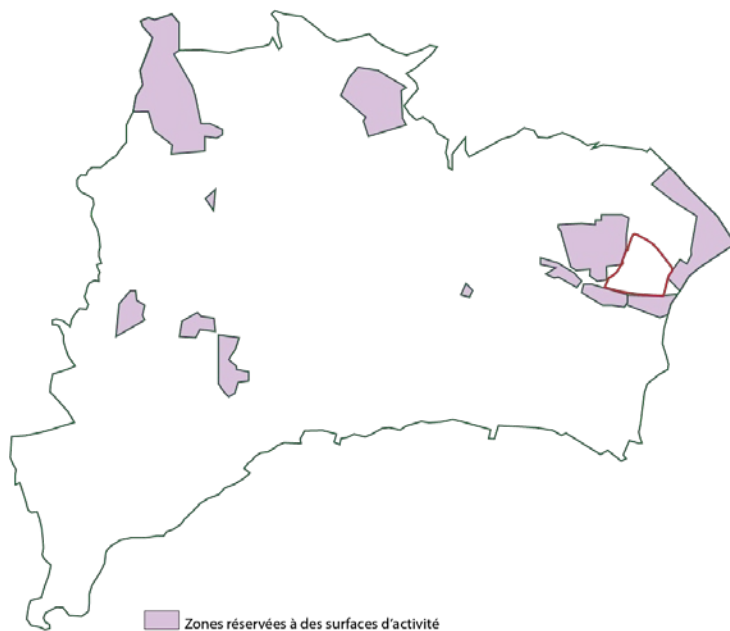
Premièrement, il paraît naturel que l'implémentation d'un nouveau quartier dans la municipalité se situe dans une zones correctement desservie par les transports en commun.

Comme nous l'avons vu auparavant, la municipalité d'Oeiras se base toujours sur une utilisation intensive de l'automobile. L'autoroute A5 et la ligne de train Lisbonne-Cascais sont les deux moyens principaux de connexion entre Oeiras et Lisbonne. L'annonce de la création d'une ligne de métro qui liera également Lisbonne à Oeiras incite à situer le quartier proche de cette future ligne, incitant ainsi l'utilisation des transports en commun plutôt que celle de l'automobile.

Ce postulat cible par conséquent les deux communes Est de la municipalité, respectivement la commune de l'Union de Algès, Linda-a-Velha et la commune de Cruz Quebrada-Dafundo et l'Union de Carnaxide et Queijas.

Cette photo avec le découpage des communes

Une fois la zone d'intérêt prédéfinie, il convient donc de se référer au plan directeur de la municipalité pour observer les zones disponibles en terrain constructible.



Plan des zones réservées au secteur d'activité
En rouge le site

source:
OEIRAS VALLEY
«alteração plano diretor municipal de oeiras»
(2022)



Plan d'intentions projectuelles



Sur les deux zones compatibles, celle placée plus au sud est à privilégier pour plusieurs raisons. Le premier atout majeur de la parcelle sud est sa proximité de la future ligne de métro, stimulant l'utilisation des transports publics. Deuxièmement, le site se trouve au point convergeant de deux axes. Un axe de logements disposé Nord-Sud et un axe d'espaces commerciaux Est-Ouest. Une partie du site étant un ancien dépôt industriel, il convient le reconvertir plutôt que de se positionner sur les parcelles du nord résultant en une artificialisation nette des sols.

Sur le plan des zones d'activités ci-joint, le site choisit ne semble pas faire partie des zones de construction réservées à un usage commercial. Sa proximité à cette zone commercial en fait un atout pour développer une meilleure mixité au sein du futur quartier.

3.4 Programme

Sur les 135'000 m² de la zone, 9'000 m² seront destinés aux logements et les 9'000 m² déjà utilisé par l'ancien dépôt industrielle seront reconvertis en espaces d'activités et de services, servant de transition entre la zone commercial de Alto dos Moinhos et la nouveau quartier. Le reste de la superficie sera au maximum utilisé comme surface perméable pour répondre aux besoins en eau et alimenter la rivière présente sur le côté Est du site. Autour de cette rivière, des jardins improvisés sont présents pour des cultures légères. Cette zone restera destiné à une utilisation naturelle. Elle représentera le coeur du site ou s'articuleront différents zones de nature et de culture, représentant le poumon du quartier. En limite Sud, un espace tampon d'arbres à feuillage persistant prendra place pour limiter les impacts engendré par la proximité de l'autoroute.

Le projet prévoit d'offrir 500 logements collectifs locatifs bioclimatiques à la commune. Les bâtiments auront une hauteur de 3 à 6 étages et permettront la meilleure utilisation des 4 éléments. Les espaces collectifs végétalisés seront le véritable vecteur du projet favorisant les échanges et la mixité. Finalement, les rez-de-chaussé pourront accueillir des espaces de commerces publics, pour insister davantage d'interactions au sein du quartier. Cette enclave végétale offrira un espace sain et convivial autant pour les habitants, l'école et les zones commerciales.

Bibliographie

FRANCESCA POGGI, MIGUEL AMADO, «Sustainable Energy Transition for Cities», (2022)

S.COURGEY ET J-P.OLIVA, «La conception bioclimatique, des maisons confortables et économes» (2006)

PHILIPPE RHAM «Histoire naturelle de l'architecture»(2020)

RICHARD FRANK, GUY JOVER, FRANK HOVORKA, « L'efficacité énergétique du bâtiment» (2012)

R. CAMOUS ET D. WATSON, «L'habitat bioclimatique» (1979)

DIARIO DE NOTICIAS «Metro Ligeiro de Superfície vai ligar Lisboa a Oeiras e a Loures» (2020) <https://www.dn.pt/local/metro-ligeiro-de-superficie-vai-ligar-lisboa-a-oeiras-e-a-loures-12477993.html>

ADEME «Portugal energy efficiency & Trends policies» (2018)

LES ECHOS «Lisbonne fédère son écosystème de mobilité urbaine autour de la donnée» (2021) <https://www.lesechos.fr/thema/articles/lisbonne-federe-son-ecosysteme-de-mobilite-urbaine-autour-de-la-donnee-1360580>

HUBINSTITUTE

«Lisbonne : le partage, nouvel horizon de la mobilité»

(2021) <https://hubinstitute.com/2021/Sustainable/SustainableMobilityForum/Mobilite/Replay-Lisbonne-PedroMachado>

LONDRESMAG, «Londres est-elle la ville la plus pluvieuse du monde ?»

(2019) <https://londresmag.com/2019/10/04/londres-versus-le-reste-du-monde-la-capitale-est-elle-si-pluvieuse-que-cela/>

PLANIFICATEUR A CONTRESENS, «meteo à Londres», (2022) https://planificateur.a-contresens.net/europe/royaume_uni/angleterre/londres/2643743.html

LE TEMPS «Le Portugal en proie à la canicule et à une série de feux de forêt»

(2022) <https://www.letemps.ch/monde/portugal-proie-canicule-une-serie-feux-foret>

LE MONDE, «Incendies : dans l'est de l'Espagne et le nord du Portugal, des dizaines de milliers d'hectares ravagés par les flammes» (2022) https://www.lemonde.fr/planete/article/2022/08/17/incendies-en-espagne-et-au-portugal-des-dizaines-de-milliers-d-hectares-ravages-par-les-flammes_6138309_3244.html

WEATHER SPARK, «Climat à Oeiras» <https://fr.weatherspark.com/y/32014/Météo-moyenne-à-Oeiras-Portugal-tout-au-long-de-l'année>

SVENSSON, M.K., & ELIASSON, « Diurnal air temperatures in built-up areas in relation to urban planning. Landscape and Urban Planning, (2002)

LORENZO, M.N. &ALVAREZ, «Climate change patterns in precipitation over Spain using CORDEX projections for 2021-2050. Science of The Total Environment» (2020)

MARIA GUERREIRO, ISRAEL GUARDA, «Bioclimatic Urbanism and Regional Design in Portugal: The Atlantic and the Mediterranean Contexts»

URBAN ECOSYSTEMS 4TH REPORT, «Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services» p.33 Urban ecosystems 4th Report»

MIGUEL DELGADO GOMES DE OLIVEIRA, «Plano Director Municipal de Oeiras – Avaliação dos Programas Estratégicos e seus Impactes Territoriais»

LORETTA LEES, HYUN BANG SHIN, ERNESTO LÓPEZ-MORALES, «Global Gentrifications, uneven development and displacement»

NUNO CORREIA, «La Città Altra : Storia e immagine della diversità urbana: luoghi e paesaggi dei privilegi e del benessere, dell'isolamento, del disagio, della multiculturalità»

OEIRAS VALLEY, «Plano de Urbanização da Costa do Sol - PUCS» <https://arquivo.cm-oeiras.pt/Result.aspx?id=6495&type=PCD>

ADMINSAT PORTOGALLO, «Province of Área Metropolitana de Lisboa» <https://ugeo.urbiestat.com/AdminStat/en/pt/demografia/popolazione/oeiras/20319596/4>

GEOIMAGES, «portugal - lisbonne : la capitale portugaise aux défis d'une touristification accélérée et d'une patrimonialisation accrue» (2018) <https://geoimage.cnes.fr/fr/geoimage/portugal-lisbonne-la-capitale-portugaise-aux-defis-dune-touristification-acceleree-et-dune>

PROGESTO - GABINETE TÉCNICO DE GESTÃO, ARQUITECTURA E PLANEAMENTO, «Memória descritiva e justificativa» (2004) PROGESTO

INÊS COSTA CARRAPIÇO, MIGUEL AMADO, «Indoor environment quality – casas de Santo Antonio, Barreiro» (2011)

BARREIRO, CAMARA MUNICIPAL, «Mata Nacional da Machada» <https://www.cm-barreiro.pt/conhecer/turismo/lazer-entretenimento/mata-nacional-da-machada>

FEDERATION DES ELUS DES ENTREPRISE PUBLICS LOCALES, «La Zac Bel-Air, durable et méditerranéenne» (2017)

AGENCE DEVILLERS, «zac bel-air avignon, cahier de prescriptions architecturales, urbaines, paysagères et environnementales» (2016)

REPUBLIQUE FRANÇAISE, «Mission Inter-Services de l'Eau de Vaucluse» (2012)

PARC NATUREL REGION DES ALPILLES, «comprendre, préserver, valoriser, réinventer»

CITADIS «Bel Air, quartier durable méditerranéen» (2018)

BRUNO GRENIER, directeur Citadis «conférence 16eme Forum des projets urbains» (2016)

ENVIROBAT, «forum des projets urbains de la méditerranée (2022)

AGENCE DEVILLERS, «zac bel-air avignon, cahier de prescriptions architecturales, urbaines, paysagères et environnementales» (2016) <https://agencedevillers.com/projet/projets-urbains/avignon-bel-air-le-quartier-jardin-bel-air-avignon>

COMMISSION D'ÉVALUATION, « 95 logement locatifs sociaux à la Duranne (13) » (2021), ECOCEM <https://ecocem.fr>

MY CLIMATE, « que représente une tonne de CO2 <https://www.myclimate.org/fr/sinformer/faq/faq-detail/que-represente-une-tonne-de-co2/>, 1 tonne de CO2 = 3300 km en voiture

GABRIELLE RAYNAL-Accompagnateur DOMENE Scop, <https://www.ohsom.com/la-duranne>

ATIANE ENERGY, « Synthèse sur les spécificités du bâtiment en région »

EUROMÉDITERRANÉE, « BDM, un label pour des bâtiments plus durables (2020) <https://www.euromediterranee.fr/actualites/bdm-un-label-pour-des-batiments-plus-durables>

OHISOM ARCHITECTES « la Duranne » (2019) <https://www.ohsom.com/la-duranne>

LE MONITEUR, « ZAC de la Duranne : cap sur l'écoquartier » (2012) Le Moniteur, <https://www.lemoniteur.fr/article/zac-de-la-duranne-cap-sur-l-ecoquartier.1235244>

DURANNE PRESENTATION PPA « vers un écoquartier à la Duranne » (2012)

AZ QUOTES « Frank Lloyd Wright » <https://www.azquotes.com/quote/552094>

MARYCAROL R. HUNTER, BRENDA W. GILLESPIE, SOPHIE YU-PU CHEN « Urban Nature Experiences Reduce Stress in the Context of Daily Life Based on Salivary Biomarkers » (2019) <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2019.00722/full>

JOHN LITTLER ET RANDALL THOMAS, « Design with energy, the conservation and use of energy in buildings »

VIVRE ET CONSTRUIRE AVEC LE CLIMAT EN LANGUEDOC-ROUSSILLON, C.A.U.E D'OCCITANIE « Conseils d'Architecture, d'Urbanisme et de l'Environnement »

FRANK LLOYD WRIGHT, « guggenheim.org » The Columbia Encyclopedia. Columbia University Press. <https://www.guggenheim.org/teaching-materials/the-architecture-of-the-solomon-r-guggenheim-museum/frank-lloyd-wright-and-nature>

MARIA GUERREIRO AND ISRAEL GUARDA, « Bioclimatic Urbanism and Regional Design in Portugal: The Atlantic and the Mediterranean Contexts »

MAISON-MONDE, « les maisons troglodytes de Mesa Verde » <https://maison-monde.com/les-maisons-troglodytes-de-mesa-verde/>

CHRISTOPHER ALEXANDER, « Notes on the Synthesis of Form, Harvard University Press, Cambridge » (1964)

UNITED NATION ENVIRONMENT PROGRAMME, « Barcelona Convention - Mediterranean 2017 Quality Status Report » <https://www.medqsr.org/fr/node/231>

Organisation météorologique mondiale « temps-climat-eau » (2022) <https://public.wmo.int/fr/medias/communiqués-de-presse/aggravation-des-impacts-du-changement-climatique-dans-le-contexte-des>

