**SEMINAIRE : ARCHITECTURE, ENVIRONNEMENT ET TECHNOLOGIES**

**Chap 1 :** **Ambiances physiques et confort.**

Dr BOUFENARA Khedidja

Département d’Architecture/ Faculté Des Sciences de la Terre

UBMA

2020

1. **La notion d’ambiance.**

Si la notion d’« Ambiances Architecturales et Urbaines » est le cœur de la recherche de plusieurs laboratoires internationaux, ceux-ci se refusent à donner à la notion d’ambiance (ou d’ambiances) une définition qui serait selon eux trop « rigoriste ». Sans vouloir cerner cette notion qu’ils veulent **ouverte**, comme l’intersection de différentes disciplines, ils en donnent des caractéristiques.

L’ambiance implique tout d’abord un rapport sensible : pas d’ambiance sans usager pour l’expérimenter. Si on parle d’ambiances architecturales et urbaines, la notion d’ambiance elle-même ne se réfère pas à une échelle spatiale particulière. Elle s’applique à tous types d’espaces. Il en est de même pour les échelles temporelles, les ambiances s’appliquent à des situations datées comme à des périodes de temps.

Aux croisées des échelles spatio-temporelles, l’ambiance concerne aussi des expériences sensibles qui ne sont pas uniquement statiques, mais également en mouvement. Sont également étudiés les l’influences des ambiances sur les cheminements des usagers.

On tente aujourd’hui d’aborder l’ambiance de façon interdisciplinaire et de dépasser les notions de confort et de nuisance. Du point de vue de la conception, on tend à passer d’objectifs de contrôle des ambiances à ceux de conception d’espaces à partir d’intentions d’ambiances, tache très particulière puisque l’ambiance est le résultat unique d’un contexte (climatique, social, culturel), d’un aménagement et d’usages.

1. **Interactions physiques : de la physique au dispositif.**

Dans ce qui suit, nous réduirons notre approche à **l’approche physique des ambiances,** ce qui ne nous empêchera pas de marquer un certain nombre d’interactions avec les autres dimensions.

Cette approche physique est liée aux facteurs physiques qui ont un effet sur la perception des ambiances par les usagers : la lumière, l’humidité, les odeurs, le vent (ou les mouvements d’air), la chaleur et le son.

 **3.1. Ambiance et environnement**

Nous centrons notre approche du lien ambiance et environnement sur les aspects énergétiques, c’està-dire l’impact des facteurs physiques d’ambiance sur la consommation énergétique des bâtiments. Un autre impact important est la pollution de l’air, sous forme gazeuse et particulaire.

**3.1.1. L’ilot de chaleur urbain, nouveau contexte climatique. Urbain.**

 On appelle phénomène d’îlot de chaleur urbain l’observation de fortes différences entre les températures mesurées en site urbain et celles des campagnes environnantes. Dans certaines agglomérations, l’évolution spatiale de la température se traduit en effet par un pic semblable à un îlot. La forme de l’évolution de température observée est fortement corrélée avec la variation de la densité urbaine. L’écart observé entre le centre urbain et ses alentours est surtout sensible la nuit, il peut atteindre 10° dans certaine agglomération comme Paris (Escourrou[[1]](#footnote-2) ; Choisnel et Vivier[[2]](#footnote-3)). L’évolution des températures en milieu urbain révèle une augmentation d’année en année qui coïncide avec l’intensification de l’urbanisation.

**3.1.2. Les causes de l’ICU.**

 L’effet d’îlot de chaleur urbain ou ICU est dû à une concordance de nombreux facteurs, et les phénomènes suivants sont recensés par Oke (Oke[[3]](#footnote-4)) :

* les échanges radiatifs complexe entre les bâtiments et l'effet de fermeture de l'horizon (écran vis à vis de la voûte céleste) favorisé par les constructions réduisent le rayonnement grande longueur d'onde ;
* l’augmentation de la masse thermique des bâtiments qui stockent la chaleur sensible ;
* l’augmentation des sources de chaleur anthropogéniques (transport, climatisation, métabolisme animal, industrie et autres sources de combustion) ;
* l'effet de serre urbain associé à une atmosphère plus polluée et plus chaude ;
* la réduction de l'albédo global [[4]](#footnote-5)du fait de la géométrie des villes ;
* la diminution de l'évaporation du fait de la réduction des surfaces évaporatives (végétation, présence de plans d'eau.)
* la diminution des transferts convectifs entre les rues.

Parmi ces facteurs, l’effet des sources anthropogéniques[[5]](#footnote-6) est mal connu, car difficile à évaluer. En effet, les sources de chaleur anthropogéniques correspondent à la production de chaleur des véhicules, des bâtiments et des industries, ainsi que du métabolisme humain.

En moyenne, sur une ville, cette production de chaleur est généralement inférieure à 100 W/m2 (Fan et Sailor[[6]](#footnote-7)), mais elle peut varier fortement en fonction de la densité urbaine (Sailor et Lu[[7]](#footnote-8)) et atteindre localement des valeurs beaucoup plus importantes. L’estimation de la production anthropogénique peut se faire à partir de la densité de population, et le développement de modèles simplifiés. Fan et Sailor ont démontré l’importance de ce paramètre, qui peut entraîner une variation de l’îlot de chaleur urbain de l’ordre de 1°C.

Cette influence est d’autant plus importante en période nocturne ou hivernale (Offerle et al.[[8]](#footnote-9)), car l’ensoleillement est alors réduit. En été, la charge anthropique peut devenir négligeable par rapport à l’ensoleillement en journée qui est l’un des facteurs principaux sur l’îlot de chaleur.

**3.1.3. Consequences sur la sante.**

 L’urbanisation conduit ainsi à des situations problématiques en terme de chaleur, de pollution ou de nuisances sonores, particulièrement dans les grands centres urbains. Ces conséquences sont parfois dramatiques, comme celles de la canicule de l’été 2003 qui a entraîné un surcroît de mortalité (estimé à 70 000 morts en Europe, dont 20 000 en France). La coexistence de ce phénomène et du réchauffement climatique pourrait conduire dans l’avenir à des situations de canicules urbaines de plus en plus fréquentes.

**3.1.4. Consequences sur les consommations energetiques.**

 Le phénomène d’îlot de chaleur a des conséquences directes sur les charges climatiques des bâtiments, donc sur le confort thermique à l’intérieur de ceux-ci mais aussi sur leur consommation d’énergie.

En hiver l’effet sur les consommations des systèmes de chauffage est positif, en été les bâtiments climatisés ont par contre une consommation énergétique accrue. Des calculs ont ainsi estimé pour le centre d’Athènes une diminution de charge de chauffage de 30 à 50% par rapport à celle de la banlieue (Santamouris et al.[[9]](#footnote-10)).

Par ailleurs, l’évolution des exigences de confort d’été dans les bâtiments et la climatisation se développent fortement. Ce développement est problématique en zone urbaine et des relevés pour un bâtiment de référence dans le centre d’Athènes (Santamouris et al. 2001) ont montré que les charges thermiques pouvaient être doublées par l’effet d’îlot de chaleur, alors que le coefficient de performance des systèmes d’air conditionné était réduit de 25%.

Parallèlement à l’augmentation des températures moyennes, les maxima de température ont augmenté, entraînant une augmentation des niveaux de puissance de crête. Ainsi, une étude sur six villes américaines (Akbari et al.[[10]](#footnote-11)) a montré que le pic de puissance appelée augmente de 2 à 4% pour une augmentation de la température maximum de 1°C, au-delà d’un seuil de 15-20°C.

**Ces pics d’appel de puissance ont différentes conséquences négatives dont des baisses éventuelles de tension sur les réseaux électriques et surtout la nécessité de surdimensionner les systèmes de production par rapport aux consommations courantes.**

Les dissipations thermiques des bâtiments, sources anthropogéniques, participent de façon importante à l’amplification du réchauffement urbain. La **densification des villes** et **l’augmentation générale des consommations** énergétiques font augmenter **l’énergie dissipée**, et les systèmes de climatisation peuvent représenter une part significative d’autant plus que leur charge augmente avec le réchauffement.

 En étudiant les différents paramètres qui influencent les phénomènes mis en jeu dans le phénomène d’îlot de chaleur, on peut mettre en évidence des leviers d’action qui concernent l’aménagement :

* les matériaux,
* les formes urbaines,
* la végétation
* et l’eau.

La charge anthropique peut également être liée à l’aménagement, mais d’une manière moins directe.

**Les matériaux.**

Deux caractéristiques des matériaux sont prioritairement à prendre en compte : les caractéristiques **radiatives** dans les grandes longueurs et dans les courtes longueurs d’onde. L’albédo (Courtes longueurs d’onde) des matériaux de surface régit la quantité d’énergie qui est réfléchie par le matériau.

Cependant, dans une surface urbaine, du fait de l’arrangement des surfaces, l’énergie réfléchie par une surface n’est pas toujours renvoyée vers le ciel, mais peut être interceptée et en partie absorbée par une autre surface.

On caractérise donc la surface urbaine par un albédo équivalent qui tient compte des inter-réflexions. Dans cet albédo équivalent, suivant leur position, les surfaces ne jouent pas le même rôle. Dans un tissu urbain dense, ce sont essentiellement les toitures qui participent à l’albédo et plus le tissu s’ouvre, plus les façades et les surfaces de sol prennent de l’importance.

L’émissivité des surfaces régit les échanges grandes longueurs d’onde (Infra rouge thermique) des surfaces urbaines entre elles ainsi qu’entre les surfaces et la voûte céleste. C’est ce phénomène qui permet aux surfaces de se refroidir en période nocturne.

Ainsi, l’émissivité des matériaux est-elle également à prendre en compte en fonction de leur position, et plus précisément de leur facteur de vue du ciel (pourcentage de ciel visible depuis la surface).

**La Forme urbaine**.

Dans les phénomènes de rayonnement, nous venons de voir que la forme urbaine, associée aux matériaux de surfaces, conditionne les quantités d’énergie échangées entre la surface urbaine et le ciel. La forme urbaine modifie également les écoulements du vent et donc, les échanges convectifs qui se produisent au niveau des surfaces.

Une forme moins dense et ouverte au vent favorise les échanges convectifs.

Du point de vue de la forme urbaine, nous tombons donc face à des contradictions : il faudrait une forme qui en été, de jour se ferme au rayonnement solaire, de nuit, s’ouvre pour perdre l’énergie stockée dans les matériaux et qui agisse inversement en hiver. Certaines de ces contradictions peuvent être résolues en partie par l’orientation.

Cependant, les orientations, même si elles peuvent être imposées, ne le seront que dans une certaine mesure car elles doivent également répondre à des contraintes de trame urbaine.

Le parti pris peut également être de concevoir à l’échelle urbaine pour des apports solaires optimisés en hiver, et à l’échelle du bâtiment, pour une protection des bâtiments à l’aide de dispositifs architecturaux. Enfin, le choix des matériaux en fonction des priorité hiver/été, de l’accès au soleil des surfaces, peuvent aussi conduire à des compromis intéressants.

**La végétation et l’eau.**

Arbres, arbustes et aménagements de plantes grimpantes offrent une résistance au déplacement de l'air, réduisant ainsi la vitesse du vent. Ils sont utilisés pour canaliser les écoulements, créer des zones d'accalmie, et sous certains climats pour bloquer les vents chauds et chargés de poussières.

La présence de végétation modifie aussi l’impact du rayonnement solaire, la température et l'humidité de l'air. Les feuilles absorbent une grande quantité du rayonnement solaire incident. Elles en utilisent une petite partie pour la réaction chimique de photosynthèse, et la plus grande part pour l’évaporation de l’eau des feuilles exposées au soleil.

L’évaporation refroidit les feuilles et aussi l’air qui est en contact avec ces feuilles. La température de la surface végétale dépend de la quantité d’énergie incidente absorbée, de l’espèce, de la disponibilité en eau des feuilles.

De nombreuses études par imagerie infrarouge ont été réalisées pour évaluer ces températures. Les auteurs s’accordent à donner des écarts de température entre l’air et le feuillage variant entre –2 °C et +2 °C (Lehtihet[[11]](#footnote-12) ).

La présence de végétation a des incidences sur la consommation énergétique des bâtiments. Par la protection contre le vent, les arbres réduisent la vitesse de déplacement de l’air sur l’enveloppe du bâtiment, ce qui réduit les échanges de chaleur au niveau des surfaces extérieures.

Ce phénomène, qui est positif en hiver (moindre refroidissement des surfaces ensoleillées) mais négatif en été, n’est significatif que pour les bâtiments non isolés thermiquement. La protection contre le vent entraîne aussi une réduction des infiltrations d'air dans les bâtiments.

De nombreuses études ont démontré que l’augmentation de la densité des arbres dans les rues pouvait induire une réduction des charges de chauffage et de climatisation allant de 12 à 80 %. Il est cependant difficile de généraliser les valeurs données dans ces études. En effet, les résultats dépendent du climat considéré, des modes constructifs et des usages des bâtiments.

Le choix du type d’arbre est primordial : les arbres aux feuillages caducs permettent par exemple de répondre aux besoins de refroidissement en été sans augmenter ceux de chauffage en hiver.

La végétation peut aussi avoir des effets négatifs sur les économies d’énergie : augmentation de la charge latente de climatisation du fait de l’augmentation de l'humidité de l'air, réduction du rayonnement de grande longueur d’onde émis, réduction du potentiel de la ventilation naturelle, etc.

**3.2. Ambiance et confort.**

L’aménagement urbain durable doit également répondre à des qualités d’usage parmi lesquelles le confort des usagers. La notion de confort est en général définie par la négative, c’est-à-dire l’absence d’inconfort.

Si pour les ambiances intérieures, le confort, pour différents paramètres pris uns à uns fait l’objet de normes (Bernard[[12]](#footnote-13)), pour les ambiances extérieures, on raisonne jusqu’à maintenant beaucoup plus souvent en termes de risque que de confort.

Les domaines de la qualité de l’air et de l’environnement sonore, associés à des sources anthropiques, sont en général des sujets sensibles et abordés lors des projets, soit par une action sur la source soit sur leur milieu de propagation afin d’atténuer la gêne ou le risque qu’ils occasionnent.

Des exigences en termes d’ensoleillement ou d’ombrage, d’éclairement lumineux, d’intensité des écoulements d’air sont moins courantes. Cependant, si ces phénomènes naturels ne sont pas complètement maîtrisables, il est possible de définir des qualités d’ambiance en fonction des usages et de concevoir un projet de manière à les obtenir.

Par ailleurs, plusieurs études (Boussoualim et al,[[13]](#footnote-14); Nikolopoulou[[14]](#footnote-15)) montrent que l'usage des espaces publics et le comportement des individus sont fonction des conditions climatiques. D'après Nikolopoulou[[15]](#footnote-16) , la fréquence d'occupation des espaces publics durant la saison hivernale est fonction de la température globale (rayonnante et ambiante). Les résultats de cette recherche démontrent une corrélation directe et forte entre la température globale et le nombre d'usagers dans les espaces publics extérieurs. Cette relation entre les deux variables affirme que la qualité de l'environnement thermique est impérative pour l'usage et l'appropriation des espaces publics extérieurs.

**3.2.1. L’ensoleillement.**

 Le soleil, corps chaud à une température de plus de 6000K, émet une énergie sous forme d'un rayonnement électromagnétique. En raison de la température élevée du soleil, les longueurs d'onde dans lesquelles le maximum d'énergie est émis comprennent le visible entre 0.4 à 0.75 microns et le proche Infrarouge.

Le rayonnement recouvre un spectre qui intéresse donc à la fois les problèmes lumineux (éclairement lumineux) et les problèmes énergétiques (rayonnement solaire). Dans le bilan énergétique d’une surface extérieure, exposée au soleil, les échanges radiatifs représentent souvent la composante la plus importante en valeur.

Le rayonnement de courtes longueurs d’onde peut facilement être mesuré et des données sont déjà disponibles via la plupart des services météorologiques nationaux, pour un grand nombre de sites (<http://www.satel-light.com>).

Par ailleurs, ce flux peut être estimé en utilisant des modèles théoriques ou plus simplement une relation empirique à partir de données physiques telles que le rayonnement extra-terrestre, les propriétés optiques de l’air, comme sa turbidité, sa concentration en eau, les caractéristiques de la couverture nuageuse, etc.

En terme de confort extérieur, on peut raisonner en durée d’ensoleillement, en fonction des périodes de l’année, en visant éventuellement des moments de la journée. On peut également travailler à partir des flux énergétiques, cependant, cela n’a réellement de sens que dans des objectifs de récupération d’énergie ou dans des approches complètes de confort thermique que nous aborderons dans la partie « confort thermique».

**3.2.2. La lumière.**

 L’éclairage contribue au bien-être en assurant des conditions optimales pour les yeux en termes de quantité et de répartition de la lumière, en évitant tant les éblouissements que les coins sombres. La lumière est un élément à part entière de notre environnement quotidien qui a deux dimensions. Elle peut être source de plaisir pour l’usager, de confort, de rêve et d’émotions, en révélant l’espace par ses couleurs. Elle peut également être source de gêne, d’inconfort en perturbant le champ visuel ou l’esthétique urbaine. Elle se compose à l’interaction des sources (naturelles ou artificielles) et des surfaces, en fonction du temps, du moment de la journée, de l’année. Du point de vue de la lumière naturelle, dans les espaces urbains, une part de l’éclairement lumineux provient directement du ciel, il est alors relié à la fraction de ciel visible par la surface réceptrice. Une autre part provient des réflexions des surfaces environnantes, cette part dépend du rayonnement lumineux incident sur ces surfaces et de leur nature.

**3.2.3. La notion de confort aeraulique (vent).**

 Le vent est un phénomène variable : d'un point à un autre, dans le temps (notion de turbulence). L'échelle de Beaufort donne quelques manifestations du vent en fonction de sa vitesse et des sensations ressenties. La qualité des ambiances relativement aux mouvements d’air peut être envisagée selon deux angles :

* le confort dynamique (interaction avec les mouvements, la stabilité des usagers) ;
* le confort thermique (contribution des échanges convectifs au bilan thermique du corps).

Ces deux notions sont en outre pondérées par l'état subjectif de l'individu. Il n’existe pas de critère de confort qui appréhende ces deux aspects simultanément. Ils sont en général traités séparément : d’un côté la gêne dynamique, que nous évoquerons ici, d’un autre la notion de confort thermique que nous verrons dans un autre paragraphe. Le vent exerce une force proportionnelle au carré de sa vitesse sur le piéton qui doit la compenser dans son déplacement.

Les conditions de confort peuvent alors être représentées par seuil de gêne auquel on associe une fréquence d'inconfort, c’est-à-dire le pourcentage du temps pendant lequel le seuil est atteint et dépassé.

Suivant les types d'activités, l'acceptabilité pour une fréquence donnée diffère. (Gandemer[[16]](#footnote-17)) propose alors des limites de fréquences au delà desquelles, selon l’activité, les conditions de vent deviennent inconfortables.

1. Escourou G., 1990 : « La spécificité du climat de l’agglomération parisienne », Revue de Géographie de Lyon, volume 65, n° 2, p. 85-89 [↑](#footnote-ref-2)
2. Choisnel E., Vivier J.F., 1994 : « Les saisons météorologiques : le climat urbain les a-t’il masquées ? », Les anales de la recherche urbaine, n° 61, p. 54-74 [↑](#footnote-ref-3)
3. Oke, T. R., 1987 : “Boundary layer climates”, Second Edition. 435 pp. University press, Cambridge, ISBN 0 415 04319 0. [↑](#footnote-ref-4)
4. L’albédo du système Terre-atmosphère est la fraction de l'[énergie](https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/energie-energie-15884/) solaire qui est réfléchie vers l'espace. Sa valeur est comprise entre 0 et 1. Plus une surface est réfléchissante, plus son albédo est élevé. Les éléments qui contribuent le plus à l'[albédo de la Terre](https://www.futura-sciences.com/planete/dossiers/climatologie-tant-incertitudes-previsions-climatiques-638/) sont les [nuages](https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/climatologie-nuage-14525/), les surfaces de neige et de glace et les [aérosols](https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/climatologie-aerosol-2505/). Par exemple, l'albédo de la neige fraîche est de 0,87, ce qui signifie que 87 % de l'[énergie solaire](https://www.futura-sciences.com/sciences/actualites/chimie-production-hydrogene-plus-abordable-grace-energie-solaire-48112/) est réfléchie par ce type de neige. [↑](#footnote-ref-5)
5. Relatif à l'activité humaine. Qualifie tout élément provoqué directement ou indirectement par l'action de l'homme: érosion des sols, pollution par les pesticides des sols, relief des digues, ... . Du grec anthropos (homme). [↑](#footnote-ref-6)
6. Fan, H. et D. J. Sailor, 2005 : "Modeling the impacts of anthropogenic heating on the urban climate of Philadelphia: a comparison of implementations in two PBL schemes." Atmospheric Environment 39(1), pp. 73-84. [↑](#footnote-ref-7)
7. Sailor, D. J. et L. Lu, 2004 : "A top-down methodology for developing diurnal and seasonal anthropogenic heating profiles for urban areas." Atmospheric Environment 38(17), pp. 2737-2748. [↑](#footnote-ref-8)
8. Offerle, B., C. S. B. Grimmond, K. Fortuniak, T. R. Oke et K. Klysik , 2003 : “Temporal variability in heat fluxes over a northern european downtown”. Fifth International Conference on Urban Climate, ICUC-5, Todz, 1-5 september 2003. [↑](#footnote-ref-9)
9. Santamouris, M., N. Papanikolaou, I. Livada, I. Koronakis, C. Georgakis, A. Argiriou et D. N. Assimakopoulos, 2001 : "On the impact of urban climate on the energy consumption of buildings." Solar Energy 70(3), pp. 201-216. [↑](#footnote-ref-10)
10. Akbari, H., M. Pomerantz et H. Taha, 2001 : "Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas." Solar Energy 70(3), pp. 295-310. [↑](#footnote-ref-11)
11. Lehtihet Krofa, 2003 : «Analyse microclimatique d’espaces urbains méditerranéens: cas de la ville de Marseille», Thèse de doctorat, Laboratoire ABC, Marseille, 2003. [↑](#footnote-ref-12)
12. Bernard A-M, 2003 : « Les normes existantes en tertiaire : Confort et qualité d'air : Climat des lieux de travail = Comfort and I.A.Q. existing standards in C.I. buildings », Chauffage, ventilation, conditionnement d'air ISSN 1292-3397 Chauffage, ventilation, conditionnement d'air ISSN 1292- 3397, 2003, no822, pp. 28-30 [3 page(s) (article)] [↑](#footnote-ref-13)
13. Boussoualim, A, 2002. « Contribution à la caractérisation de l'impact et de l’incidence du microclimat sur l'usage et les activités en espaces public extérieur », Thèse de Doctorat École Polytechnique de Nantes, 2002. [↑](#footnote-ref-14)
14. Nikolopoulou, M, Baker, N et Steemers, K., 2004 : « Thermal comfort in outdoor urban spaces: understanding the human parameter », Solar Energy, Vol. 70, N°. 3, pp. 227-235. [↑](#footnote-ref-15)
15. idem [↑](#footnote-ref-16)
16. Gandemer, J. et Guyot, A., 1976 : « Intégration du phénomène vent dans la conception du milieu bâti, Guide méthodologique et conseils pratiques ». Paris : Ministère Équipement, 130p. [↑](#footnote-ref-17)