

Domaine de la Galinière
Châteauneuf-le-Rouge

24 SEPT. 2021

BÂTI' 2021 FRAIS

**LES ACTES DU 6^e COLLOQUE
CONFORT D'ÉTÉ**

envirobat  bcdm

Propos rafraîchissants sur l'architecture

Yves Perret

p. 2

PARCOURS MOA

M1 Les évolutions réglementaires et le confort d'été dans la rénovation.

Guillaume Perrin, André Pouget

p. 4

PARCOURS BÂTIMENT

B1 Solutions passives low tech pour le confort d'été. L'exemple de la salle de sport de Saint-Marc-Jaumegarde.

Jean-Pierre Jeanne, Sophie Gentil

p. 12

PARCOURS URBANISME

U1 Aménagements urbains pour le confort d'été à Montpellier.

Isabelle Le Vannier, Sylvie Mahot, Jérôme Alberge

p. 10

M2 Rénovation - extension d'une école et traitement du confort d'été en ville. L'exemple de l'école Laborde à Lyon.

Fabienne Marcoux

p. 6

B2 La sociologue et l'architecte : Rencontre autour du bien-être global et du confort d'été.

Marine Morain, Viviane Hamon

p. 14

U2 Confort d'été urbain : Mesures de terrain et simulation pour passer à l'action. L'étude de cas de Marseille.

Gabrielle Raynal, Stéphanie Gaucher, Benjamin Morille

p. 20

M3 Réhabilitation écologique globale et confort d'été dans le centre de recherche de la Tour du Valat.

Nicolas Beck, Bijan Azmayesh, Robert Célaire, Jean Jalbert

p. 8

B3 Critère confort d'été de la RE2020.

André Pouget, David Lebannier

p. 16

U3 Nature en ville : Quelques bonnes questions à se poser.

Philippe Cadoret

p. 22

M4 Aménagements urbains pour le confort d'été à Montpellier.

Isabelle Le Vannier, Sylvie Mahot, Jérôme Alberge

p. 10

B4 Confort d'été dans l'habitat. Étude technique et sociologique exploratoire.

Khedidja Mamou, Loïc Frayssinet, Robert Célaire

p. 18

U4 La place de l'eau dans le rafraîchissement urbain.

Sophie Parison

p. 24

Qualité de l'air et bâtiment

Dominique Robin

p. 26

Table ronde : retours sur le colloque

Clément Gaillard, Anne-Sophie Gouyen, Anastasia Crestani, Khedidja Mamou, Robert Célaire

p. 27

Chiffres de la participation

p. 28

Retrouvez les présentations de BâtiFRAIS :



Des vignes au pied de la montagne Sainte-Victoire, c'est le décor qu'a choisi EnvirobatBDM pour la 6^e édition de BâtiFRAIS, le colloque interprofessionnel dédié au confort d'été dans le bâtiment et l'aménagement. Une édition malmenée par le contexte sanitaire avant de finalement donner rendez-vous aux participants le 24 septembre 2021. Par cette journée chaude et ensoleillée, le bâtiment ancien qui nous accueillait, rénové par l'agence d'architecture MAP, a permis d'assurer le confort des conférenciers sans climatisation : une belle démonstration par l'exemple !

Gabrielle Raynal, co-présidente d'EnvirobatBDM, ouvre cet événement consacré au confort d'été en rappelant à quel point les canicules à répétition posent des enjeux de résilience.

Une urgence soulignée par Cécile Chery, directrice régionale adjointe de l'Ademe, qui revient sur les prévisions de l'ONU annonçant que l'épisode caniculaire de l'été 2003 va devenir la norme d'ici la fin du siècle avec une augmentation de 2,7°C de la température moyenne terrestre. D'où la nécessité de continuer à adapter les bâtiments, villes et quartiers alors même qu'une étude de l'Ademe¹ démontre que la climatisation représente 5 % des émissions de gaz à effet de serre. Pourtant les ventes continuent de doubler chaque année pour équiper 25 % des particuliers et 40 % des bâtiments tertiaires.

C'est dans ce contexte que Cécile Chery se félicite du partenariat avec EnvirobatBDM depuis 20 ans et de l'engagement commun au déploiement d'actions pour favoriser la qualité environnementale dans la construction et l'aménagement en région Provence-Alpes-Côte d'Azur et au-delà.

Elle évoque les travaux de l'Ademe sur les différents scénarios de transition² et invite les participants du colloque à se questionner sur le scénario auquel ils souhaitent contribuer. Le programme de cette journée, préparé par le comité de pilotage³, va permettre de revenir sur un certain nombre de travaux, propositions ou retours d'expérience sur le confort d'été, autant d'alternatives à la climatisation. Le partage et la coopération constituent les maîtres mots de cette journée.



Gabrielle
RAYNAL



Cécile
CHERY

1 La climatisation de confort dans les bâtiments résidentiels et tertiaires : état des lieux 2020, Ademe, juin 2021 - <https://bit.ly/32Mdvho>

2 Transition(s) 2050 : choisir maintenant, agir pour le climat, Ademe, novembre 2021 - <https://bit.ly/3FXh5Uc>

3 Le comité de pilotage est composé de Sophie Gentil, Viviane Hamon, Virginie Sancho, Bijan Azmayesh, Robert Célaire, Frédéric Corset, Nicolas Guignard et Lionel Mallet.

PROPOS RAFRAÎCHISSANTS SUR L'ARCHITECTURE



Yves
PERRET



Il se présente comme un architecte-poète et se fait le chantre des solutions simples. Yves Perret ouvre cette 6^e édition de BâtiFRAIS avec sa sagesse élégante et rafraichissante.

Pour Yves Perret, la fraîcheur ne se résume pas à un peu de froid.

Il défend l'image que « tout commence par un trou et tout finit par une petite bosse », pointe un certain nombre d'illogismes, d'absurdités techniques : la création en bordure de Rhône de piscines chlorées, l'aménagement de 2 000 km de digues le long de la Loire rendant toute baignade impossible jusqu'à son embouchure à Saint-Nazaire, la couverture du Furan à Saint-Étienne par des surfaces minérales et sa transformation en égout. Il déplore que les problèmes soient traités de manière séparée par différentes disciplines sans lien entre elles. Il fustige l'abandon des moyens simples, de l'intuition et de la sagesse.

Yves Perret rappelle quelles sont les solutions simples.

Il faut planter massivement des arbres, ne pas interrompre la continuité des espaces forestiers pour préserver les régimes de pluie, favoriser l'agroforesterie, la diversité

des cultures, réintroduire la culture étagée. De nombreuses techniques culturelles sont à redécouvrir, avec simplicité et évidence.

Il convient aussi de s'intéresser aux circulations souterraines d'eau, qui contribuent à la vitalité des systèmes et au maintien de températures fraîches. Actuellement, ces flux ne sont répertoriés par aucun document d'urbanisme. Dans ces documents, le sol s'arrête à la surface, alors que celui-ci a une vitalité profonde et peut apporter une fraîcheur naturelle. Le retraitement des berges, l'écoulement naturel de l'eau, la capacité réparatrice des plantes, la reminéralisation de l'eau de pluie sont autant d'éléments susceptibles de véhiculer du frais. Pour ce faire, un travail avec le sourcier s'avère nécessaire pour penser un système global et qualitatif de traitement de l'eau constitué de rigoles en pleine terre faisant sinuer l'eau et lui permettant de se réinfiltrer progressivement dans le terrain. Ainsi, par un tel système, l'Homme s'assure que son impact est le plus faible possible.

D'autres solutions permettent d'apporter de la fraîcheur aux occupants d'un bâtiment : le positionnement des fenêtres à l'ombre, la construction en bois, en pierre, le déploiement de matières à faible

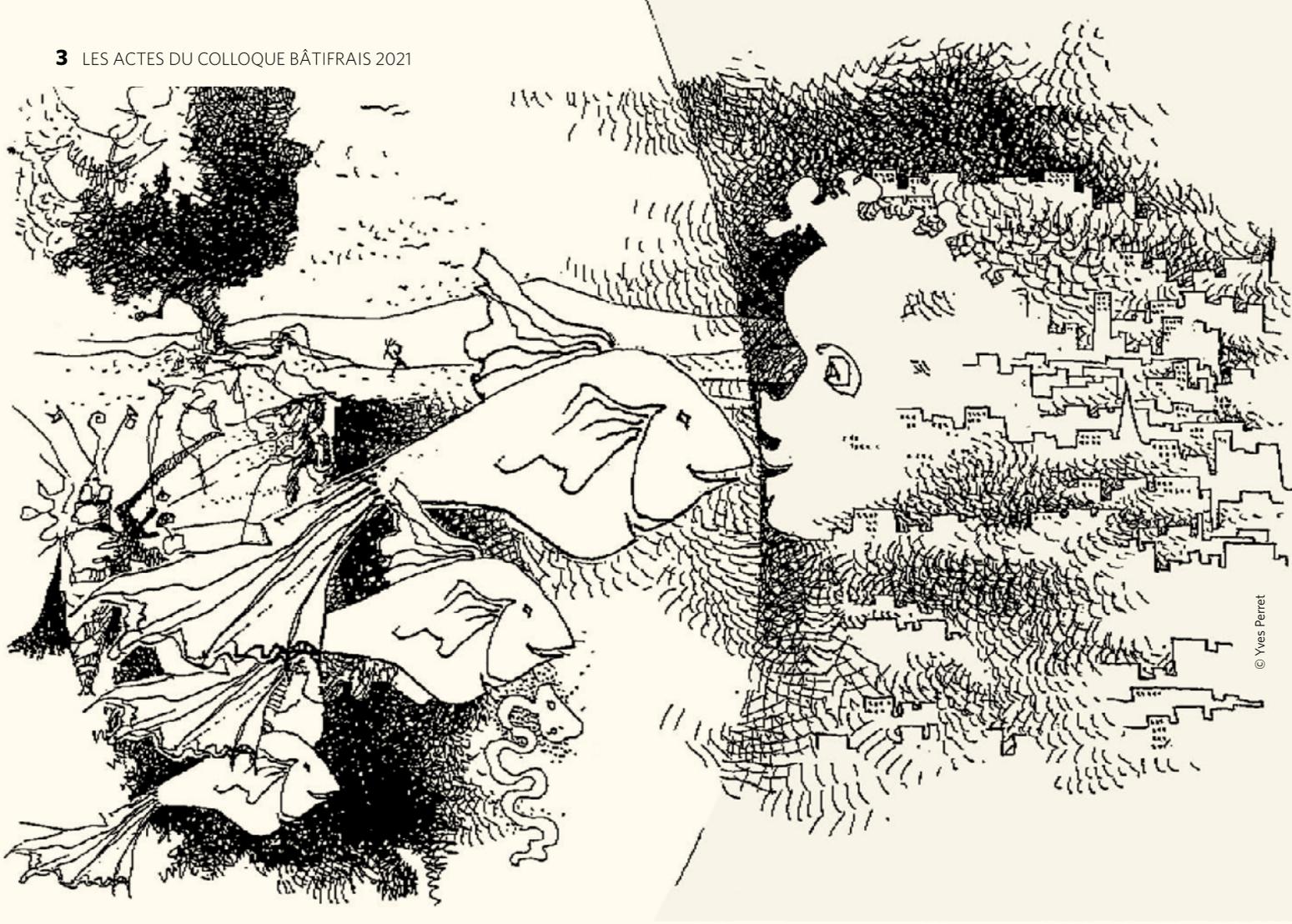
température de production en lieu et place du béton et des métaux, l'installation d'« usines » à frais (fontaines, tonnelles, toitures végétalisées, bassins d'eau vive). Pour Yves Perret, il est essentiel d'introduire une certaine gratuité en architecture à travers la fabrication par soi-même d'équipements avec des matériaux renouvelables.

Il est, par exemple, possible de végétaliser les façades ensoleillées en faisant pousser verticalement des plantes en pleine terre, avec des pots sans fond. Une telle solution implique de jardiner, mais la végétation monte ainsi d'un étage par an et fournit une climatisation naturelle aux locaux ainsi recouverts.

Il est également important de prévoir un système permettant de laisser ouvertes les fenêtres la nuit, de réemployer au maximum l'eau, d'aménager des terrasses, de donner à chacun un lieu extérieur l'été, etc.

Les idées pour créer, apporter de la fraîcheur ne manquent pas. Elles impliquent une certaine réconciliation avec la nature, une lenteur, une remise en cause des constructions modernes, lisses et étanches, et des mégalo-pôles goudronnées et minéralisées.

Yves Perret considère la fraîcheur comme une sagesse et une légèreté.



© Yves Perret

Rafrâichir,

Planter, nombreux, des arbres à haute tige,
 Transformer les monocultures d'arbres en forêts,
 Reconstituer les haies pour recoudre notre forêt maillée que le
 remembrement a déchiré,
 Réhabiliter moult lieux humides,
 Sinuer les bords de fleuves et favoriser les doubles berges,
 Adoucir la pente des rives,
 Tracer plein champ des rigoles parallèles aux lignes de niveau,
 Massivement : « désentuyoter »,
 Faire l'éloge de la fuite, de la rigole sans fond étanche
 Aimer la percolation,
 Travailler avec le sourcier,
 Ralentir, amortir, éponger les écoulements d'eau,

Car décidément, tout va trop vite,
 Rien n'a le temps
 Sitôt tombée, sitôt évacuée

Préférer la gargouille qui nébulise au tuyau de descente EP,
 Dégoudronner à tour de bras : question de fraîcheur, question de
 santé
 Refaisons des VRD un peu comme ceux du temps de ma mémé,
 Il n'est pas nécessaire de faire des revêtements routiers où l'on
 peut rouler à 100 km/h pour ensuite mettre des limitations à
 trente : un simple chemin suffit
 Monter vers 1 l'albédo des surfaces et parois construites,
 Les tartiner d'ombre,
 Opter aussi pour des peaux légères ventilées,
 Tendre des voiles blanches quand la plantation transpirante est
 impossible,

Déployer les matières à faible température de production,
 Diminuer drastiquement l'usage du béton et des métaux,
 Multiplier les surfaces transpirantes,
 Offrir le bruissement de l'eau et son accès gratuit,
 Éteindre la nuit,

Jardiner les pieds des façades ensoleillées,
 Proposer de vraies caves avec leur 12° à 15°,
 Faire jaillir la terre profonde au cœur de la construction
 Ombler les fenêtres,
 Proposer des tonnelles
 Différencier ventilation d'hiver et ventilation d'été...
 Faire passer le souffle d'air au-dessus de la surface d'eau
 Proposer des bassins d'eau vive
 Permettre l'accès facile à l'eau pluviale,
 Favoriser les espaces traversants
 Arroser les plantations avec l'eau de lavage des légumes,
 Organiser une possibilité de sommeil sur les terrasses,
 Anticiper l'accrochage du hamac,
 Proposer dans les cuisines les modes « low » de cuisson,

Favoriser la lenteur,

S'inscrire à la fête inventive,
 Compenser la retenue techniciste par la fête des sens et la joie
 d'imaginer...
 Car là aussi est une source de fraîcheur...

Et ne pas oublier de diminuer les heures d'écran...

ÉVOLUTIONS RÉGLEMENTAIRES ET CONFORT D'ÉTÉ

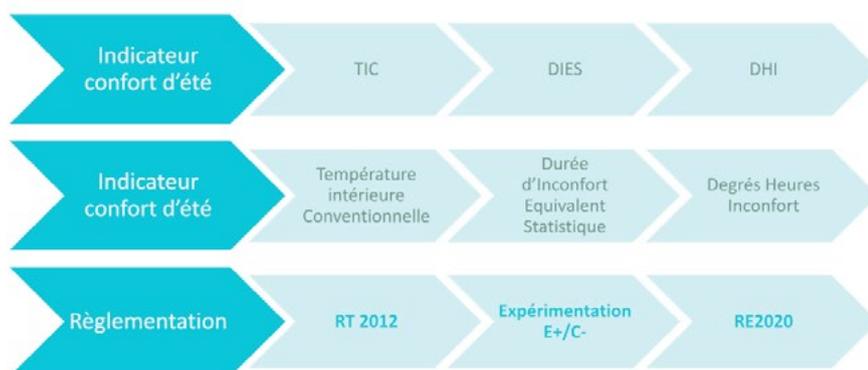
LES INTERVENANTS



Guillaume
PERRIN



André
POUGET



Le contexte global

Guillaume Perrin explique que l'urgence d'agir dans le domaine du confort d'été sur l'ensemble du territoire, et dans les zones urbaines en particulier, impose une manière différente de créer des bâtiments et de rénover. La démarche peut sembler contradictoire avec celle du confort d'hiver, puisqu'il s'agit désormais d'isoler en hiver tout en préconisant l'inertie en été.

Le contexte est connu de tous : réchauffement et dérèglement climatiques, augmentation tendancielle des températures et répétibilité des événements climatiques extrêmes, incluant des canicules sur tout le territoire français.

La logique multiscalair du rafraîchissement urbain, aux échelles de l'individu, de la pièce, du bâtiment et de l'environnement,

nécessite la mise en action de compétences multiples, distribuées dans plusieurs services des collectivités. Le défi de la transversalité doit être relevé dans le cadre d'une approche de rafraîchissement et de confort d'été.

La démarche NégaWatt présente l'intérêt de se centrer sur la sobriété de l'individu, au regard de la façon dont il vit dans le bâtiment occupé, avant d'envisager la production d'énergies renouvelables. Il s'agit d'une approche low tech qui s'intéresse d'abord à l'environnement et aux possibilités d'interaction, à l'instar des services de climatologie urbaine créés à Stuttgart, basés notamment sur le rôle prescriptif des permis de construire.

Le développement croissant des

climatiseurs pose des problèmes en termes esthétiques, mais surtout au niveau de leur impact sur les îlots de chaleur, induisant des effets destructeurs sur la ventilation naturelle de la ville. La FNCCR s'intéresse notamment à leur impact sur la consommation électrique, puisqu'ils induisent des pics de puissance très élevés qui nécessitent des surinvestissements pour une utilisation limitée.

D'autres solutions doivent être favorisées, aussi bien dans le domaine de la rénovation que dans le neuf. L'autorégulation du corps, à travers l'évaporation par sudation, invite par exemple à installer des parois optimisées, et le facteur psychologique peut également être pris en compte, en particulier l'effet visuel.

Le contexte réglementaire

André Pouget rappelle que la première étape réglementaire, intervenue en 1974, répond au choc pétrolier. Elle consiste à mettre en place une réglementation thermique centrée sur l'isolation des bâtiments, contraignant les architectes à limiter les ouvertures. En 1982, la réglementation se centre sur les besoins de chauffage et à partir de 1988, sur la consommation énergétique.

Une nouvelle étape est franchie en 2005, avec l'introduction de la notion de confort et de la Tic (température intérieure conventionnelle), la mesure des consommations sur trois usages (chauffage, eau chaude et auxiliaire), lesquels sont portés à cinq en 2012, avec l'ajout du rafraîchissement et

de l'éclairage. La norme E+/C-, introduite en 2017, met en œuvre le critère des émissions carbone, au niveau du flux des énergies utilisées et des matériaux.

Guillaume Perrin présente des exemples d'utilisation de l'albédo en Grèce et Alger. Il rappelle que dans les bâtiments haussmanniens, l'aménagement de cours intérieures permet de créer un puits de fraîcheur doté d'une circulation naturelle, supprimée ensuite avec l'installation de climatiseurs.

André Pouget précise que les cours et les courettes visaient également à créer des ouvertures dans les pièces humides.

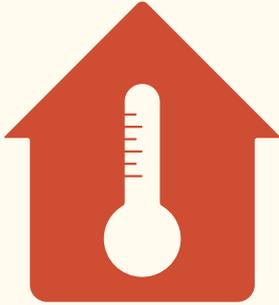
Guillaume Perrin explique que la RT2012 conforte l'approche du confort d'été. De son côté, la RE2020 intervient sur trois

problématiques : consommer moins avec des énergies moins carbonées, construire avec des matériaux bas carbone et faire face aux fortes chaleurs. Le confort d'été est quantifié à travers divers indicateurs, en particulier l'établissement de seuils en termes de quantité d'heures d'inconfort. La RE2020 introduit par ailleurs une pénalisation liée au non-respect des normes.

Le Bbio introduit pour sa part la question des besoins de froid. Le changement au niveau de la base de calcul, qui remplace la Shon par la Shab, rend toutefois difficiles les comparaisons permettant de suivre les évolutions. L'optimisation du Bbio passe par la compacité et l'orientation du bâtiment, la perméabilité à l'air, la performance

EXEMPLE

28°C à l'intérieur durant la nuit
pendant 1 heure:
(28°C - 26°C) X 1h = 2°C.h



DH > seuil haut → revoir la conception du bâtiment

Seuil bas < DH < seuil haut → conforme RE 2020 mais inconfortable → pénalisation du Cep (selon type de bâtiment, zone climatique H, DH d'inconfort)

DH < seuil bas (350 DH) → projet conforme → le bâtiment est considéré confortable même en l'absence de rafraîchissement actif (climatisation)!

de l'enveloppe et la conception intérieure. La RE2020 prend par ailleurs en compte l'évolution du climat, en introduisant la séquence caniculaire et des durées

décennales. Dans l'existant, le décret tertiaire impose la rénovation énergétique des bâtiments de plus de 1000 m² en intégrant le confort d'été, et le décret BACS vise à

optimiser le suivi des consommations. Au niveau des entreprises, la loi DDADUE exige la réalisation d'un audit énergétique, avec un suivi régulier tous les quatre ans.

Action! Par où commencer ?

Guillaume Perrin souligne l'importance de l'échelle de l'individu dans le cadre d'une démarche low tech et multiscalaire, y compris au regard du comportement vestimentaire et alimentaire. Les modes de transport, les horaires de travail et les équipements jouent également un rôle important. À ce titre, les écogestes classiques sont rappelés régulièrement par l'Ademe, notamment.

À l'extérieur des bâtiments, l'albédo invite à réfléchir aux couleurs et aux matériaux utilisés sur les toits, dont la peinture, par exemple, permet un retour sur investissement intéressant, mais nécessite un entretien. La végétalisation peut également être favorisée, dans la mesure où elle produit des effets positifs en termes d'albédo, d'ombrage et d'évapotranspiration.

Plus globalement, André Pouget invite à remettre le bon sens au centre de la

réflexion. Au niveau des façades des immeubles collectifs existants, il rappelle que les fenêtres agissent comme des radiateurs. L'offre en termes d'occultation des baies vitrées reste toutefois peu opérationnelle. La persienne à projection est particulièrement efficace, dans la mesure où elle préserve la visibilité, tout en permettant le tirage thermique.

En termes de végétation, davantage que les arbres, dont l'effet favorable s'applique seulement aux premiers étages, la pleine terre, qui monte un étage par an, semble mieux adaptée aux immeubles collectifs, ainsi que des jardinières sur les balcons. Le rafraîchissement la nuit peut également constituer une solution, s'il s'agit d'un logement traversant et si l'environnement n'est pas bruyant. La vitesse de l'air près de l'occupant doit par ailleurs être augmentée.

En copropriété, les blocages récurrents

dans la prise de décision peuvent être levés moyennant des astuces qui visent à apaiser les relations et à créer de l'enthousiasme en faveur des travaux, en favorisant les lieux de rencontre et de discussion. Là encore, le bon sens doit être réactivé. L'intervention de l'ingénieur ou du technicien doit tourner autour des problèmes concrets des occupants, en vue de réduire leur souffrance réelle.

Guillaume Perrin insiste sur la priorité à donner au low tech, à travers l'installation de brasseurs d'air et le recours aux ventilateurs et à l'aération. Après la réflexion à l'échelle de l'individu, il convient de s'intéresser aux équipements, au bâtiment, aux ouvrants et à l'écosystème environnant, incluant l'interaction avec les autres bâtiments (courants d'air, minéralisation des sols, ruissellement des eaux...).

Temps d'échange

Un participant s'interroge sur le calcul des DH d'inconfort et demande si la température ressentie est prise en compte dans ce calcul.

Guillaume Perrin répond que les seuils de température sont fixés à 26 et 28 degrés en fonction du moment de la journée. Les DH correspondent aux degrés supplémentaires de température mesurée.

Un participant invite la profession à freiner le développement des climatiseurs, en appliquant une démarche similaire à celle mise en place à l'égard des déchets.

Guillaume Perrin confirme le rôle central de la profession pour changer la tendance, en particulier au niveau des collectivités et des PLUi.

Un participant estime que le coût de la pollution, de 100 milliards d'euros par an en France, pourrait être réduit sensiblement à travers une politique adaptée. Les problèmes liés au sommeil, induits par la température, l'air et l'humidité, doivent donner lieu à un changement de la législation.

RÉNOVATION – EXTENSION D'UNE ÉCOLE ET TRAITEMENT DU CONFORT D'ÉTÉ EN VILLE : L'EXEMPLE DE L'ÉCOLE LABORDE À LYON

LES INTERVENANTS



Robert
CÉLAIRE



Fabienne
BOYER MARCOUX



© Renaud Araud

Fabienne Boyer Marcoux indique qu'après sa livraison en 2014, le projet a été suivi les deux premières années, avant un retour d'expérience plus récemment. Une proposition de commissionnement complet avait été étudiée sur demande de la Ville mais n'avait pas abouti. À l'époque, la démarche HQE comportait 14 cibles, loin de la conception holistique actuelle. Les principes du bioclimatisme, édictés dès 2011, ont été appliqués.

Robert Célaire note que Lyon a été la première grande ville à considérer sérieusement le bioclimatisme. Le projet s'est aligné sur le positionnement BBC, au-dessus de la RT2005 en vigueur à l'époque.

Fabienne Boyer Marcoux précise que le programme mis en place incluait, outre les exigences HQE, divers objectifs qualitatifs, notamment des objectifs en termes d'accès aux vues. Le projet se situait dans un ancien quartier industriel à Vaise, dans une parcelle coupée par une rue, et dont la maison historique, au centre, devait être conservée.

Robert Célaire signale que l'architecte des Bâtiments de France a imposé des contraintes en termes de façade et d'acoustique notamment. La végétalisation de la cour qui était prévue n'a pas pu être réalisée.

Fabienne Boyer Marcoux explique que le projet a favorisé l'éclairage naturel et la ventilation naturelle traversante d'une façade à l'autre ainsi que l'installation de

brasseurs d'air. L'éclairage naturel dans le fond de certaines salles de classe est assuré avec des Solarspots qui viennent compléter l'éclairage par les façades. Au niveau des jonctions avec la maison patrimoniale, le traitement architectural du contrôle solaire par des lames verticales en bois est insuffisant et le bureau de la directrice en particulier a un confort thermique d'été médiocre malgré les ouvrants de ventilation.

Au niveau des plantations, le mulch prévu n'a pu être introduit, mais cette question a désormais évolué dans les pratiques de la Ville de Lyon. Le paysagiste a mis en place un écran acoustique sur la voie ferrée à l'arrière et l'acoustique a fait l'objet de traitements différenciés selon les zones. L'inertie thermique est favorisée par les plafonds décollés sur les quatre faces. Les matériaux utilisés ont permis une bonne qualité d'air intérieure. La ventilation naturelle sensible aux bruits extérieurs était compliquée en présence d'une voie ferrée et le projet a donc été conçu avec une ventilation double flux. Le bon niveau de dialogue engagé avec le maître d'ouvrage a permis l'installation d'une chaufferie à granulés de bois, qui était inédite jusqu'alors dans la ville de Lyon. Au niveau de la thermique d'été, la végétalisation reste minime par rapport au contexte urbain, notamment dans la cour maternelle. Ce sujet est désormais devenu un axe central pour la nouvelle équipe municipale. La conception

s'est donc concentrée sur la ventilation traversante (volets spécifiques en façades et circulations), l'inertie thermique, les protections solaires, et les brasseurs d'air.

Un retour d'expérience a été mené à travers la réalisation d'entretiens et de questionnaires comprenant des questions fermées et des commentaires libres, incluant les enfants. Dans une salle de CM2, les enfants ont pu s'exprimer dans une discussion libre sur ce qu'ils appréciaient ou non dans leur école.

Fabienne Boyer Marcoux note que les brasseurs d'air arrivent en première place du classement par les enfants des aspects positifs de l'école, suivis par la terrasse, le bungalow dans la cour et l'espace dans l'école. La bibliothèque-centre documentaire est également très présente dans les témoignages des enfants.

Pour les autres retours d'usagers, Fabienne Boyer Marcoux note que les principaux problèmes signalés sont soit des éléments soulevés en conception (bureau de la directrice et architecture patrimoniale), soit de façon surprenante des inconforts signalés à rebours (le plancher chauffant de la maternelle avait été sujet de discussion interne du fait de l'orientation est et de l'inertie, or ce dernier est apprécié et certaines salles d'élémentaires semblent fraîches).

Robert Célaire fait part du retour satisfaisant concernant le confort thermique en hiver, ainsi que sur les consommations de chauffage, qui sont faibles, et du retour très satisfaisant au niveau du confort visuel.

Fabienne Boyer Marcoux ajoute que l'impossibilité de doter de stores les portes maternelles sur cour a engendré quelques commentaires négatifs.

Robert Célaire indique que le confort acoustique a donné lieu à des retours satisfaisants. Dans le domaine du confort d'été, les deux points négatifs correspondent aux bureaux de la directrice et de la cantinière. Fabienne Boyer Marcoux précise que les protections solaires intérieures de rares

locaux se sont révélées insuffisantes, d'autant plus que la ventilation naturelle n'est pas forcément utilisée pendant la nuit.

Fabienne Boyer Marcoux signale que les stores sont également utilisés pour créer des moments de relaxation des enfants. Robert Célaire insiste sur l'usage peu fréquent de la ventilation naturelle nocturne par les ouvrants qui améliorerait le confort. Cependant il ajoute que le rafraîchissement nocturne est peu utilisé dans le bâtiment aussi parce que la température est estimée par certains comme satisfaisante. Fabienne Boyer Marcoux fait part d'une évolution des usages dans ce domaine avec la crise sanitaire.

Robert Célaire indique que les brasseurs d'air ont été plébiscités, d'autant plus que leur vitesse peut être réglée à volonté. Il souligne leur caractère durable avec un fonctionnement toujours efficace après six ans d'utilisation sans le moindre entretien. Fabienne Boyer Marcoux ajoute que les enfants se sont également approprié leur usage, ainsi que les enseignants avec une utilisation parfois hivernale lorsque les enfants d'élémentaires rentrent de récréation en sudation !

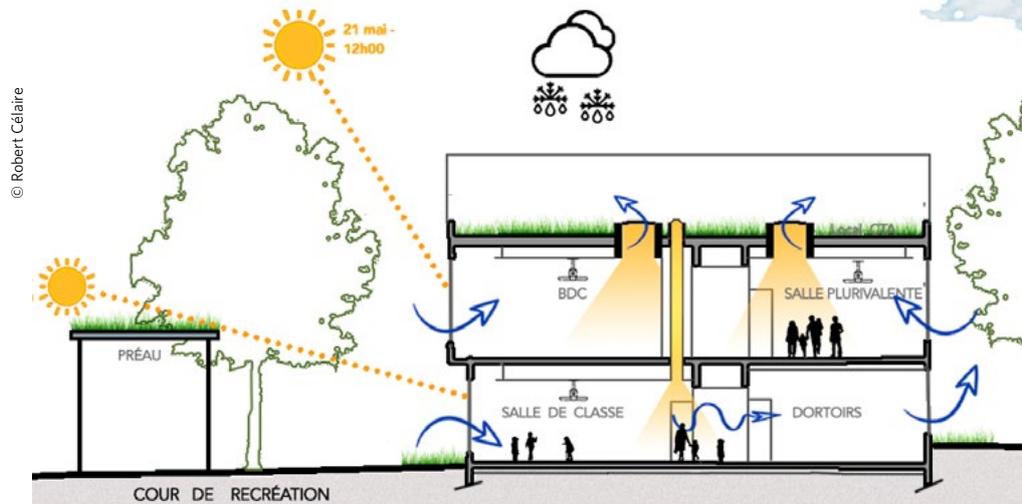
Robert Célaire note un retour satisfaisant en termes de confort global dans le bâtiment.

Fabienne Boyer Marcoux signale que M. Ballandras, responsable bâtiments de la Ville de Lyon, a confirmé le retour positif du terrain, notamment au regard des brasseurs d'air, désormais demandés par les groupes scolaires. La gestion du système de ventilation est désormais calée sur les horaires du gardien. En effet en saison chaude lorsqu'ils partent, les personnels n'ouvrent pas car il fait encore trop chaud à 17 heures. Les enseignants demandent également davantage de courants d'air. La végétalisation pose un réel problème de foncier. Le patrimoine des années 2000

s'avère catastrophique en termes de protection solaire, contraignant parfois à des arrêts d'activité. Des protections solaires et des ouvrants sont installés progressivement. Le patrimoine ancien résiste mieux sur ce plan, en termes d'inertie, de protection solaire, d'ouvrants et de volumes. La Ville de Lyon refuse clairement la climatisation des écoles.

En conclusion, Robert Célaire souligne la difficulté de rénover un environnement dense et minéralisé. L'un des enseignements du projet concerne la nécessité d'imposer la végétalisation des cours.

Coupe bioclimatique du bâtiment



Temps d'échange

Pourquoi ne pas avoir suivi le concept des cours oasis qui font l'objet de retours très positifs, en termes d'apaisement des enfants et d'éveil à la nature ?

Robert Célaire confirme qu'il aurait fallu s'imposer sur le sujet tellement ce point est prépondérant pour le confort thermique d'été.

Fabienne Boyer Marcoux ajoute que les dispositions sur les cours d'école demandent un dialogue transverse accru entre les différents services de la Ville, dialogue non possible à l'époque, et en cours de mise en place avec la nouvelle municipalité.

Fabienne Boyer Marcoux ajoute qu'elles favorisent également la motricité et constituent un outil pédagogique important.

Quelle possibilité d'aménager une ventilation traversante au regard de la contrainte incendie ?

Fabienne Boyer Marcoux répond que l'adaptation à cette contrainte a induit un coût supplémentaire d'investissement sur des ventouses de fermeture et leur entretien. Le gain en termes de rafraîchissement est difficile à évaluer.

Robert Célaire ajoute qu'un livret utilisateurs a été diffusé et des réunions ont été organisées à l'époque, mais la personne actuelle en charge de la gestion n'a pas été sensibilisée. L'implication des acteurs doit être assurée de manière durable dans les projets.

Fabienne Boyer Marcoux note qu'en plus du livret utilisateurs l'affichage du fonctionnement de la ventilation dans chaque classe peut résoudre les problèmes d'information des usagers.

Robert Célaire estime que les missions d'architecture devraient toujours prévoir une mission de suivi du bâtiment après livraison permettant le retour d'expérience afin d'éviter de répéter les mêmes erreurs, en étant à l'écoute des usagers.

L'ouverture des ouvrants la nuit n'entraîne-t-elle pas des problèmes de sécurité ?

Robert Célaire confirme la possibilité d'intrusion, de volatiles notamment, qui peuvent déclencher les alarmes, mais que dans le présent projet les grilles de dispositifs anti-intrusion et pare-pluie sont bien présentes et il n'y a donc pas de problème.

Quel est le nombre de brasseurs d'air par salle ?

Fabienne Boyer Marcoux répond que chaque pièce en compte trois ou quatre, selon la configuration.

Quels sont les éventuels problèmes créés entre la ventilation et les brasseurs d'air ?

Robert Célaire répond que la ventilation à double flux doit être arrêtée en été. A priori, les brasseurs d'air ne sont pas utilisés en hiver (sauf détournement d'usage ponctuel). Toutefois il a constaté avec joie que les femmes de service s'en servent pour accélérer le séchage des sols. Il s'agit d'une excellente appropriation par l'utilisateur.

Quelle est la hauteur minimale des brasseurs d'air ?

Robert Célaire répond que les bureaux de contrôle imposent généralement de placer le plan de rotation à plus de 2,2 mètres et les brasseurs d'air sont donc utilisables non seulement dans les salles de classe mais aussi dans l'habitat. Ici pour des raisons de qualité d'air et de confort global les hauteurs sous plafonds sont de 2,70 m minimum.

RÉHABILITATION ARCHITECTURALE ET ÉNERGÉTIQUE DU BÂTIMENT LUC HOFFMANN DE L'INSTITUT DE RECHERCHES DE LA TOUR DU VALAT



© Robert Célaire

Jean Jalbert explique que la Tour du Valat est un institut de recherche pour la conservation des zones humides du bassin méditerranéen, basé en Camargue et créé par Luc Hoffmann, naturaliste visionnaire et passionné d'ornithologie. L'institut mène de nombreuses recherches et actions de gestion autour de cinq thèmes qui sont la conservation des espèces, l'écologie et la santé, les dynamiques des zones humides et de gestion de l'eau, la gestion et la restauration des écosystèmes naturels et agricoles et l'interface science et société.

L'institut est propriétaire d'un domaine de 2700 hectares, comprenant des espaces naturels et agricoles, ainsi que plusieurs bâtiments qui ont fait l'objet d'une réhabilitation énergétique pour mettre en cohérence leur exemplarité écologique avec l'ensemble des actions qui sont menées à la Tour du Valat. Le bâtiment présenté plus particulièrement dans ce colloque BâtiFRAIS est le laboratoire de la Tour du Valat: c'est un bâtiment datant de 1954 qui a été réhabilité dans le cadre d'une démarche de qualité environnementale globale, de bioclimatisme avec comme base les principes du scénario énergétique NegaWatt (sobriété, efficacité énergétique et production d'énergie renouvelable).

Nicolas Beck indique que le projet global, inspiré des travaux menés précédemment

par l'architecte Bijan Azmayesh dans les marais du Vigueirat, a commencé par la réalisation d'un audit énergétique sur l'ensemble des bâtiments, parallèlement à un travail avec les salariés sur les pratiques de sobriété énergétique.

Le projet a débuté en 2010 avec l'isolation des toitures et des combles de tous les bâtiments avec 40 cm de ouate de cellulose et la reprise de l'ensemble des réseaux électriques, des façades, des gouttières et des évacuations. Une

nouvelle chaudière polycombustible biomasse de 160 kW remplace désormais les sept chaudières à fioul dont la puissance totale était de plus de 600 kW et fonctionne avec de la plaquette forestière, dont une partie est produite sur site. Les bâtiments ont été reliés par un réseau de chaleur de près de 600 mètres linéaires alimenté par cette chaudière. Parallèlement quatre chauffe-eaux solaires ont été installés. À partir de 2013, les façades nord du corps ancien du mas et du château ont été isolées par l'extérieur avec de la paille de riz en caissons et des panneaux en fibre de bois enduits et les menuiseries remplacées (double vitrage argon). En ce qui concerne le bâtiment du laboratoire, appelé bâtiment Luc Hoffmann, le chantier a fait l'objet d'une troisième tranche commencée en 2018 et il a été isolé avec de la balle de riz, dans des caissons et en vrac pour la façade sud et en laine de bois pour les autres façades. Le pied de façade a été repris, en évitant les matériaux susceptibles d'être rongés, et des gouttières ont été installées. L'ensemble des huisseries a également été remplacé.

Robert Célaire ajoute que deux étudiantes de 4^e année de l'École nationale supérieure d'architecture de Montpellier sont intervenues dans le projet, dans le cadre d'une collaboration pédagogique et de partage. Elles

LES INTERVENANTS



Bijan
AZMAYESH



Nicolas
BECK



Robert
CÉLAIRE



Jean
JALBERT

ont travaillé sur le tout petit bâtiment des archives à côté du laboratoire qui a servi de prototype d'étude. Nicolas Beck signale que, dans sa phase conception, la rénovation de ce tout petit bâtiment avait fait l'objet d'une qualification BDM de niveau Or. Robert Célaire précise que les apports solaires passifs ont été optimisés, notamment à l'aide des baies vitrées sud et de deux pans de mur Trombe non ventilés intégrés à l'architecture du bâtiment.

Bijan Azmayesh note que la méthodologie de conception appliquée au projet du marais du Vigueirat a été améliorée grâce au retour d'expérience, en l'adaptant aux contraintes locales, notamment au niveau des intrusions de rongeurs et de l'utilisation optimale des matériaux biosourcés locaux. La préoccupation de ne pas détruire un nid d'hirondelle a fait partie des modalités. Le souhait de travailler avec les entreprises locales dans un rayon restreint a engendré parfois quelques difficultés au regard des compétences disponibles. Les fenêtres ont été déportées en applique extérieure sur la façade, dans l'épaisseur de l'isolant, afin de traiter les ponts thermiques. Le système des brise-soleil en façade sud pour traiter le confort d'été a été soumis à l'architecte des Bâtiments de France, dont la seule exigence a consisté à demander de préserver les encadrements en bois clairs.

Robert Célaire ajoute que le principe adopté pour la ventilation traversante de confort d'été a consisté à créer un système de ventilation comportant des lames translucides mobiles dans les portes intérieures qui a été conçu pour empêcher les intrusions. L'ouverture du système crée des courants d'air, mais il fragilise l'isolement acoustique entre bureaux. Aucune VMC

n'a été installée et la ventilation hygiénique est assurée par ouverture manuelle d'ouvrants basculants lorsque le niveau de CO₂ indiqué par un capteur est trop élevé. Des brasseurs d'air plafonniers ont été mis en place pour compléter la stratégie globale de confort thermique d'été, pour des consommations d'énergie dérisoires.

Jérémy Lasne de l'Atelier Ostraka ajoute que l'abri extérieur, autour du bassin, a été construit en utilisant des matériaux locaux (roseaux) et en recourant à des entreprises locales.

Les enquêtes de confort auprès du personnel ont porté sur des questions ouvertes, avec la possibilité d'ajouter des observations libres. Les utilisateurs sont satisfaits en termes de confort thermique d'hiver. La satisfaction est un peu moindre sur le confort visuel, malgré la création des seconds jours, en raison notamment de « taches solaires » sur les écrans mais elles seront gérées par des stores vénitiens intérieurs. Le confort thermique d'été est plébiscité, en particulier grâce aux brasseurs d'air, et les enregistrements de température au cours de l'été 2021 montrent des températures intérieures toujours inférieures à 28 °C avec plus de 35 °C extérieur. Nicolas Beck qui travaille dans ce bâtiment souligne l'efficacité du mur Trombe sur la façade sud.

L'usage de BSO (brise-soleil orientables) s'avère très efficace sur la façade est pour empêcher le rayonnement solaire d'entrer. Les calculs de consommation montrent que les brasseurs d'air consomment

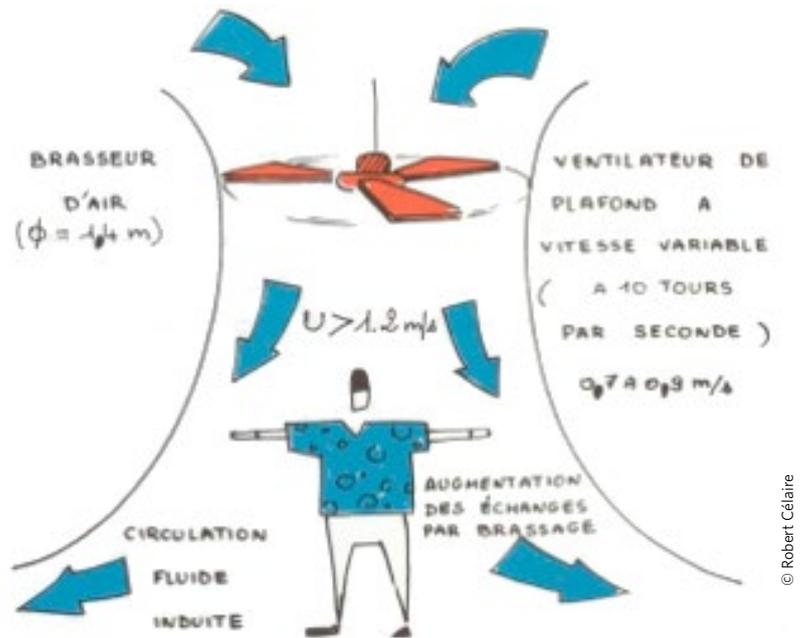


Schéma de principe des brasseurs d'air

40 fois moins d'énergie que ce qu'aurait consommé une climatisation. Les occupants ont également exprimé de très nombreuses propositions d'améliorations.

Bijan Azmayesh fait part de quelques fuites de balle de riz. Des petits chiroptères se sont installés dans des endroits non prévus et les brise-soleil ont permis de protéger les martins pêcheurs présents dans la zone. En effet pendant le chantier trois martins pêcheurs avaient percuté les surfaces vitrées des murs Trombe.

Robert Célaire insiste sur l'effet positif

des comportements sur la performance énergétique. Les points négatifs du retour d'usage concernent essentiellement quelques remarques sur le confort visuel et sur l'acoustique au niveau des ouvrants intérieurs. La centrale photovoltaïque qui sera installée permettra à l'ensemble du site de devenir à énergie positive et un travail a été engagé sur les déplacements, le télétravail et la réduction des impacts CO₂ induits. Au niveau de l'électricité, des achats de matériel à faible consommation ont été engagés.

Temps d'échange

Quels nouveaux aménagements pour l'après-Covid ?

Nicolas Beck répond que des discussions portent sur ce point. Les comportements évoluent, avec une aération plus importante, y compris l'hiver.

N'est-il pas complexe d'installer une ventilation traversante en ERP ?

Robert Célaire indique qu'il est nécessaire dans ce cas de compartimenter par zones pour satisfaire la réglementation mais que c'est faisable.

Pourquoi ne pas mettre en place des grilles de transfert d'air acoustiques pour palier le problème des transmissions acoustiques par les ventelles intérieures ?

Robert Célaire indique que leur potentiel de ventilation avec les faibles pressions de tirage ne permettrait pas un flux satisfaisant.

Le bois utilisé est produit localement ?

Bijan Azmayesh répond que le pin pignon présent dans la propriété de l'institut n'est pas utilisé car il devrait, pour être utilisable, subir un traitement chimique incompatible avec la démarche écologique souhaitée.

Les occupants ouvrent-ils pendant l'hiver, compte tenu de l'absence de ventilation mécanique ?

Robert Célaire répond qu'ils ouvrent à leur guise. Les mesures de CO₂ montrent des valeurs en dessous du seuil de 1000 ppm. Les comportements pourront être mieux observés au cours de l'hiver prochain. Le projet s'est basé sur une logique simple, qui repose sur l'apprentissage du bon usage de cette nouvelle VMC baptisée « ventilation manuelle citoyenne ».

Nicolas Beck ajoute qu'un livret d'usage sera élaboré sur le bon usage des locaux,

car les occupants se renouvellent régulièrement.

N'existe-t-il pas une difficulté à trouver localement du bois suffisamment sec ?

Nicolas Beck répond que la chaudière polycombustible permet de brûler la balle de riz, produite à 5 km et dont la capacité calorifique est identique à celle du bois. Les difficultés liées à la grande production de cendre et à la nécessité d'une surveillance quotidienne de la chaudière ont conduit au remplacement après 2 années de la balle de riz par du bois déchiqueté (plaquette forestière), en imposant une limite de 100 km maximum pour son approvisionnement.

Robert Célaire souligne le caractère exceptionnel du projet, au regard de la confiance et de la collaboration observées par la maîtrise d'ouvrage.

AMÉNAGEMENTS URBAINS POUR LE CONFORT D'ÉTÉ À MONTPELLIER

M4 PARCOURS MOA

U1 PARCOURS URBANISME

LES INTERVENANTS



Isabelle
LE VANNIER



Sylvie
MAHOT



Jérôme
ALBERGE

Le confort d'été à l'échelle de la planification

Isabelle Le Vannier rappelle que Montpellier Méditerranée métropole regroupe 31 communes et 470 000 habitants. Urbanisation forte et dynamique démographique entraînent des besoins importants en matière de logements, d'équipements publics et d'aménagements. La problématique du confort climatique se pose donc de manière bien spécifique. Du reste, les prévisions ayant servi à l'élaboration du Plan climat-air-énergie territorial (PCAET) tablent sur 90 jours de canicule par an ainsi

que sur de fréquentes inondations.

Le PCAET compte dix orientations, dont plusieurs destinées à répondre à l'enjeu du rafraîchissement de la ville :

- rénovation énergétique des logements
- zéro artificialisation nette
- neutralité carbone
- résilience aux risques
- réaménagement urbain
- préservation de la biodiversité.

Associé au SCoT, qui préserve les deux tiers du territoire en espaces agraires, le PCAET fournira un Plan local d'urbanisme climat (PLUi), qui est en cours d'élaboration. En marge du règlement qu'intégrera ce PLUi, une orientation d'aménagement et de programmation (OAP) énergie/climat sera également rédigée de manière à prendre en compte un certain nombre de prescriptions.

Le confort d'été à l'échelle du patrimoine de la collectivité

Jérôme Alberge explique que la réglementation environnementale a introduit de nouveaux indicateurs, avec le remplacement de la température intérieure conventionnelle (Tic) par les degrés-heures d'inconfort et l'insertion d'une séquence caniculaire dans les scénarios. Les maîtres d'ouvrage doivent mettre en place des programmes ambitieux en vue de tendre vers la sobriété énergétique, diminuer l'impact carbone des bâtiments neufs et garantir au maximum le confort d'été, dans le cadre de la RE2020.

En 2015, la construction du groupe scolaire ChengDu a mis l'accent sur la conception durable, dans un contexte de climat méditerranéen et d'accroissement des périodes caniculaires. Le bâtiment a bénéficié d'une isolation performante visant à réduire la consommation et à isoler contre la chaleur. Le choix des matériaux est central au regard de l'inertie, ainsi que l'ITE et l'étanchéité à l'air, en limitant les apports internes et en jouant avec les couleurs claires.

Surtout, ce projet a mis l'accent sur le regard « humain » en plaçant l'utilisateur à son centre. Un guide des utilisateurs a ainsi été rédigé. Un bon outil pour développer les bonnes pratiques et obtenir une remontée de données.

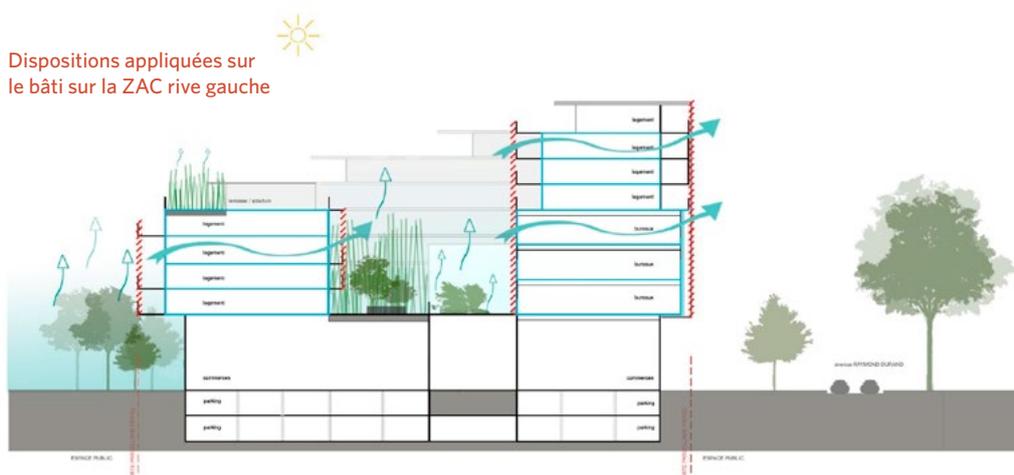
Une expérience qui a porté ses fruits car elle est aujourd'hui appliquée à l'ensemble des groupes scolaires de la Ville et de la Métropole. La méthode consiste à établir un programme énergétique dès la conception en travaillant avec des AMO.

La végétalisation a été renforcée, à travers notamment des toitures végétalisées, le maintien des arbres dans les cours d'école et le choix d'un revêtement perméable. Les essences choisies doivent être appropriées

au climat pour éviter des arrosages spécifiques et les coûts afférents.

Afin de cultiver la fraîcheur ambiante, les écoles de la ville sont équipées de brasseurs d'air, de ventilation double flux, de surventilation nocturne et de poutres climatiques, ou froides, qui réduisent les besoins de maintenance.

Le projet du groupe scolaire ChengDu a coûté environ 10 millions d'euros pour une superficie de 2 800 m².



Le confort d'été à l'échelle de l'aménagement

Sylvie Mahot souligne que Montpellier nourrit depuis une trentaine d'années une culture d'urbanisme négocié, sachant que la forte attractivité de la métropole engendre des besoins importants de construction. En 2011, la décision a été prise de réunir tous les acteurs, publics et privés pour identifier les actions à mener en tenant compte des spécificités du territoire. Surtout, l'objectif était que chacun s'approprie la démarche.

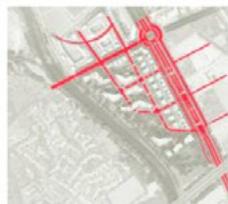
Séduite par cette démarche, l'Ademe a apporté son soutien financier. Un argument pour convaincre les élus du bien-fondé de la rédaction d'un guide du développement durable en matière d'aménagements, un outil flexible pouvant s'adapter aux évolutions sociétales et réglementaires. Pour ce faire, un bilan des opérations déjà réalisées a été établi et une feuille de route a été contextualisée. Ce travail a été mené avec la Région, le Département, l'Ademe, des architectes, des promoteurs, etc. Un AMO a par ailleurs été sollicité pour fluidifier la parole et dénouer les tensions internes.

Les trois phases de la programmation, l'aménagement et la construction ont été concentrées sur dix items afin d'aboutir à un document synthétique pouvant faire l'objet d'un suivi. La nouvelle équipe d'élus a coconstruit un projet commun en affichant une volonté très forte en termes de biodiversité et de paysage, favorisant la création de nouveaux outils. Cette démarche a entraîné l'arrêt de 90% des permis de construire en cours, le temps que le nouveau « comité de l'arbre » examine tous les projets touchant à des parcelles arborées.

Désormais toute opération doit inclure une part minimum de 50% de pleine terre, une sobriété foncière qui impose de travailler en hauteur (R+8 ou R+10) pour répondre au besoin important de logements.

En ce qui concerne la construction, la réalisation du guide permet de mettre en avant des éléments de bon sens, en rappelant des évidences oubliées, au regard de l'orientation des bâtiments et des logements traversants, qui font encore l'objet d'un combat quotidien avec les bailleurs et les investisseurs. La nouvelle équipe a défini une servitude de taille de logement

> la trame viaire



Connexion aux voies existantes

Principe d'îlot favorisant à la fois la circulation transversale et longitudinale.

Un réseau optimisé : garantir la fonctionnalité + limiter les impacts écologiques et économiques.

> la trame piétonne & cycliste



Une trame piétonne à la fois transversale et concentrique

Les cœurs d'îlots ouverts et communicants.

Connexions Lez (Promenade) et Avenue de la Mer (Commerces et tramway).

> Le parti paysager

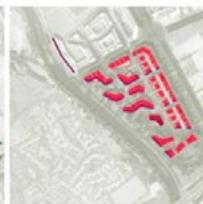


Un parti paysager qui cherche à la fois à révéler la trame existante.

Faire pénétrer la ripisylve au cœur du quartier.

Cohérence globale du paysage qui selon Michel Desvigne : « englobe à la fois l'espace public et les espaces privés. »

> La forme urbaine



La tension urbaine : création d'alignements urbains qui renforcent les axes majeurs. La dilatation urbaine : îlots ouverts Est-Ouest privilégiant la perception de l'horizon.

La forme ondulée a été déterminée en fonction d'un éclairage naturel optimal en exposition Sud.

qui sera imposable prochainement.

Une grille de cotation a été tirée de ce guide, permettant à la direction chargée d'instruire les permis de construire d'attribuer une note à chaque projet soumis aux élus. Les promoteurs et les architectes sont intégrés à la démarche, car chacun apporte sa contribution.

Cette grille a permis en outre de proposer une taille minimale de la pièce à vivre des logements, dont la taille est standardisée. Les espaces de rangement ont été réintroduits, ainsi que le stationnement des cycles, avec des locaux à vélos bien conçus et adaptés. La mise en place et le respect de l'urbanisme négocié nécessite un partage politique des collectivités et la mobilisation de tous les acteurs, du concepteur à l'utilisateur.

Sylvie Mahot commente l'exemple de la ZAC rive gauche : le projet de Port-Marianne inclut l'extension de l'Écusson et la conquête du Lez, initiée au début des années 1980, avec la libération d'une friche militaire. Alors que le fleuve a été canalisé à l'aide d'un traitement minéral des berges, il s'agit désormais de respecter la ripisylve, en éloignant les bâtiments pour permettre au fleuve de s'étendre sur des zones naturelles.

Dans un autre quartier, développé au début des années 1990, la voirie a été aménagée entre le Lez et les constructions. Les nouveaux quartiers ont privilégié l'accès à une promenade des berges pour profiter

du rafraîchissement apporté par l'eau, et les voiries ont été rejetées à l'extérieur. La trame a pu ainsi s'insérer dans une cohérence paysagère d'ensemble et trame bleue.

Le concours imposait un alignement sur les axes primaires, en laissant toute liberté à la composition et à la forme urbaine du quartier. L'architecte a tenu compte des orientations des bâtiments et proposé de nombreux espaces extérieurs, en profitant des vents dominants pour rafraîchir le quartier en profondeur. L'ouverture des îlots permet le développement de couloirs de biodiversité et de rafraîchissement. La préservation naturelle de la ripisylve, qui favorise la biodiversité, n'est pas toujours bien acceptée et nécessite des explications dans le cadre d'un guide utilisateurs.

Par ailleurs, Montpellier abrite une population importante d'étudiants. La métropole impose désormais aux promoteurs la présence d'un espace extérieur pour chaque étudiant, ce qui passe davantage par des espaces ombragés partagés, comme des rooftops ou des sols en pleine terre, que par des balcons individuels.

Enfin, la politique volontariste menée depuis quelques années en matière de mobilité accorde la part belle aux vélos — le vélo passe désormais partout sur l'espace public. Jusqu'ici, les promoteurs reléguaient le local à vélos au sous-sol, ce qui n'est plus acceptable aujourd'hui. Ces locaux doivent désormais se trouver au rez-de-chaussée et être éclairés naturellement.

Temps d'échange

En synthèse, un participant revient sur le caractère transversal de l'outil, qui permet la mise en relation de l'ensemble des acteurs, incluant l'énergéticien et les services urbanisme, espaces verts et voirie. L'imbrication des échelles constitue une clé de réussite des projets, dans lesquels la collectivité reste le chef d'orchestre.

L'implication des élus est également centrale, au regard notamment de l'action exercée sur les permis de construire, créant ainsi une dynamique forte.

Une réflexion en amont et dans la durée est primordiale, en sensibilisant les utilisateurs, sachant que toute mauvaise utilisation est imputable à la responsabilité des

concepteurs et à l'animation de la maîtrise d'ouvrage. La sensibilisation doit être renforcée sur ce point. Sylvie Mahot estime par ailleurs que l'utilisateur intégrera les comportements à condition d'en comprendre les raisons.

SOLUTIONS PASSIVES LOW TECH POUR LE CONFORT D'ÉTÉ: L'EXEMPLE DE LA SALLE DES SPORTS DE SAINT-MARC-JAUMEGARDE (13)

LES INTERVENANTS



Jean-Pierre
JEANNE



Sophie
GENTIL



Ventilation naturelle en partie haute

Le projet dans son territoire

Jean-Pierre Jeanne indique que la commune de Saint-Marc-Jaumegarde compte 1300 habitants et est située entre Aix-en-Provence et Vauvenargues, dans la vallée où coule la rivière Prignon. Elle s'étend sur 2200 hectares et est constituée à 85% de forêt. Ce boisement très important constitue à la fois une ressource et un risque

majeur en termes d'incendie. L'habitat de la commune étant très diffus, la précédente municipalité a souhaité construire un bâtiment dédié au sport afin que les habitants se rencontrent, fassent connaissance autour d'activités sportives.

Sophie Gentil ajoute que le projet de construction d'une salle des sports visait à

inscrire le bâtiment dans une forêt de pin, en enlevant le moins d'arbres existants possible. Le bâtiment est lui-même construit en bois. L'architecte Jean-Michel Battesti en est l'auteur. Le bâtiment comprend une grande terrasse orientée au nord, pour les activités sportives d'extérieur.

Aménagement intérieur du bâtiment

Sophie Gentil explique que les ouvertures sont nombreuses, mais de taille réduite. Elles apportent à l'intérieur de multiples entrées de lumière, ce qui rend très agréable le bâtiment. L'entrée dans le bâtiment s'effectue par le sud. Le bâtiment se décompose en trois salles d'activité (la salle de musculation, la salle de danse et un dojo). Il dispose d'ouvrants en partie haute permettant de ventiler naturellement les

salles. La chaleur peut être évacuée très rapidement grâce à un effet de tirage thermique, car les ouvrants sont positionnés de manière traversante. Comme ces ouvrants donnent sur une toiture terrasse inaccessible au public, il n'existe pas de risque d'intrusion et les ouvrants peuvent être laissés ouverts la nuit.

La hauteur généreuse sous plafond participe également au confort. La baie

horizontale dans la salle de danse offre, quant à elle, un confort visuel pour le yoga. Le bâtiment est isolé avec de la laine de roche et de la fibre de bois. Les menuiseries sont aussi en bois.

Les salles sont également équipées de brasseurs d'air. Ceux-ci sont judicieusement positionnés pour éviter l'effet stroboscopique avec l'éclairage.

Les brasseurs d'air

Sophie Gentil précise que le brasseur d'air ne modifie pas la température de l'air, mais la température ressentie. Le brasseur d'air a une double fonction. Pour le confort d'été, c'est l'effet du courant d'air qui est recherché. En hiver, il s'agit de faire tourner très lentement le brasseur d'air pour homogénéiser la température dans le volume de la salle et ainsi faire des économies de chauffage.

Les brasseurs d'air étant positionnés à 4 mètres de hauteur, la problématique de

leur efficacité en termes de confort d'été s'est posée. Pour vérifier leur efficacité, des mesures du flux d'air ont été réalisées en 2018 à deux hauteurs, à 1,2 mètre et à 0,5 mètre. Les mesures montrent qu'à l'aplomb du brasseur d'air, la vitesse de 1,5 mètre/seconde est atteinte à une hauteur de 1,2 mètre, et la température ressentie est abaissée. À la hauteur de 0,5 mètre, la vitesse de 0,5 mètre/seconde est atteinte sur la quasi-totalité de la salle.

À l'intersaison, en avril-mai, les mesures

montrent que la température reste en dessous de 25°C à l'intérieur des trois salles de sport. En juin, le dojo commence à atteindre des zones d'inconfort si les brasseurs d'air ne sont pas mis en fonctionnement. Globalement, la courbe de température des salles la nuit suit celle de l'extérieur (absence d'inertie et de décharge).

Les températures dépassent régulièrement les 28°C en juillet entre 8 heures et 20 heures sans les brasseurs d'air. La mise

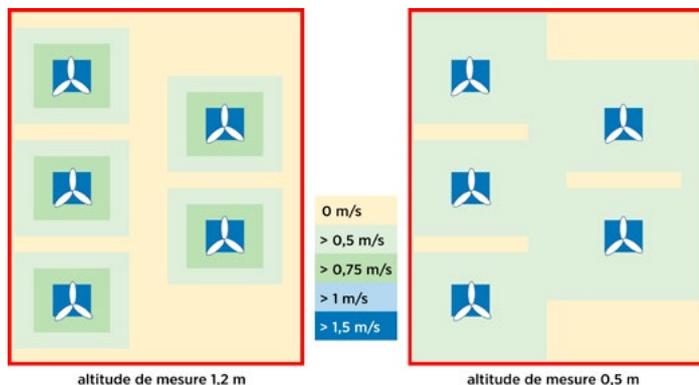
en fonctionnement des brasseurs d'air permet de rétablir une zone de confort acceptable pour les utilisateurs. Sophie Gentil signale que les usagers étant des sportifs, ils acceptent plus naturellement d'avoir chaud et ne se plaignent pas de la chaleur. Elle ajoute que les mesures ont également montré que l'ouverture des fenêtres la nuit créait un potentiel important de rafraîchissement des salles. Ce retour a été communiqué à la Mairie.

Jean-Pierre Jeanne précise que les Provençaux adaptent leur comportement aux températures. Généralement les

sportifs utilisent les salles de sport le matin en été. La commune est très satisfaite du bâtiment et du système de rafraîchissement, car il correspond aux objectifs environnementaux des élus. Le bâtiment est peu énergivore. Les salles sont gérées par un employé municipal, qui est en même temps coach sportif. 450 utilisateurs fréquentent régulièrement le bâtiment et les élus se félicitent que le bâtiment les satisfasse. L'exploitant peut piloter la salle et le confort des utilisateurs, selon la météo, les besoins et la discipline sportive. Il parvient à faire baisser la température sans

utiliser d'énergie. La Mairie de Saint-Marc-Jaumegarde est fière de ce bâtiment, et envisage de construire un nouveau bâtiment multiactivités sur le même principe. Sophie Gentil indique qu'elle a réalisé en 2018 quelques interviews d'utilisateurs. Ces derniers étaient ravis du lieu, tant du confort que de la convivialité qu'il apporte. Sophie Gentil se félicite que les brasseurs fonctionnent bien. Ils ne sont cependant pas utilisés de manière systématique par tous les utilisateurs. Certaines personnes n'apprécient pas l'effet de courant d'air.

Mesure des vitesses d'air sous les brasseurs



Brasseurs d'air installés dans la salle de danse



Temps d'échange

Le dojo est-il équipé de protections solaires ?

Sophie Gentil répond que le dojo n'est pas équipé de telles protections, mais des arbres sont situés autour. La température est globalement plus élevée dans le dojo, car les activités sportives qui y sont pratiquées réunissent de nombreux sportifs qui ont un dégagement interne important.

Jean-Pierre Jeanne ajoute que l'exploitant ouvre les ventilations situées en partie basse pour faire baisser la température du dojo le soir.

Comment le risque d'intrusion est-il géré au niveau des ouvrants en partie basse ?

Sophie Gentil répond que seuls les ouvrants situés en partie haute peuvent rester ouverts la nuit.

Jean-Pierre Jeanne indique que les fenêtres du bas peuvent être ouvertes de manière restreinte, ce qui permet d'éviter les intrusions. La municipalité compte aussi sur la responsabilité des utilisateurs, elle leur fait confiance dans l'usage de la salle.

Les participants à l'atelier soulèvent de nombreuses questions sur le fonctionnement des brasseurs d'air : les contraintes vis-à-vis de certaines pratiques sportives,

le pilotage des brasseurs d'air, leur dimensionnement par rapport à la surface, au besoin, leur positionnement dans la salle, le bruit généré par les équipements, leur utilisation dans le contexte sanitaire, la qualité des brasseurs d'air, leur coût ?

Sophie Gentil indique que la présence de brasseurs d'air est effectivement incompatible avec certaines activités sportives (badminton, handball, basket). Une commande murale permet de piloter les brasseurs d'air, de sélectionner l'une des trois vitesses. Un brasseur d'air de 1,10 mètre couvre environ 10 m². Au fur et à mesure des projets menés, des mesures sont effectuées, ce qui permet d'acquérir une base de données. Il n'est pas utile de procéder à des modélisations complexes. Les brasseurs d'air installés dans la salle des sports de Saint-Marc-Jaumegarde ne sont pas des équipements haut de gamme. Sophie Gentil signale qu'elle émet des recommandations sur le type d'équipements, mais laisse la liberté à l'architecte de choisir le modèle, le design étant de son ressort.

Un participant fait remarquer qu'un brasseur d'air avec 5 vitesses permet de mieux gérer le bruit et la consommation électrique. Il annonce qu'EnvirobatBDM porte

cette année l'action Brasse qui vise à alimenter des retours d'expérience sur l'installation et l'implantation de brasseurs d'air.

Sophie Gentil reconnaît qu'en période d'épidémie, le brassage de l'air n'est pas recommandé. La conciliation entre l'hygiène et le confort d'été est effectivement difficile en contexte pandémique.

Jean-Pierre Jeanne ajoute que les salles de sport ont été fermées pendant la pandémie de Covid. À l'heure actuelle, les utilisateurs des salles sont nécessairement titulaires d'un pass sanitaire.

La ventilation du bâtiment est-elle uniquement naturelle, y compris pour l'aspect hygiénique ?

Sophie Gentil répond que le bâtiment est équipé d'une ventilation mécanique pour assurer le débit d'air hygiénique réglementaire. La ventilation naturelle est conçue pour le confort d'été.

Un participant fait part de son expérience dans les pays africains. La ventilation nocturne et les brasseurs d'air suffisent à assurer le confort des bâtiments qui bénéficient d'une bonne inertie grâce à leurs gros murs et à leur volume important.

LA SOCIOLOGUE ET L'ARCHITECTE : RENCONTRE AUTOUR DU BIEN-ÊTRE GLOBAL ET DU CONFORT D'ÉTÉ

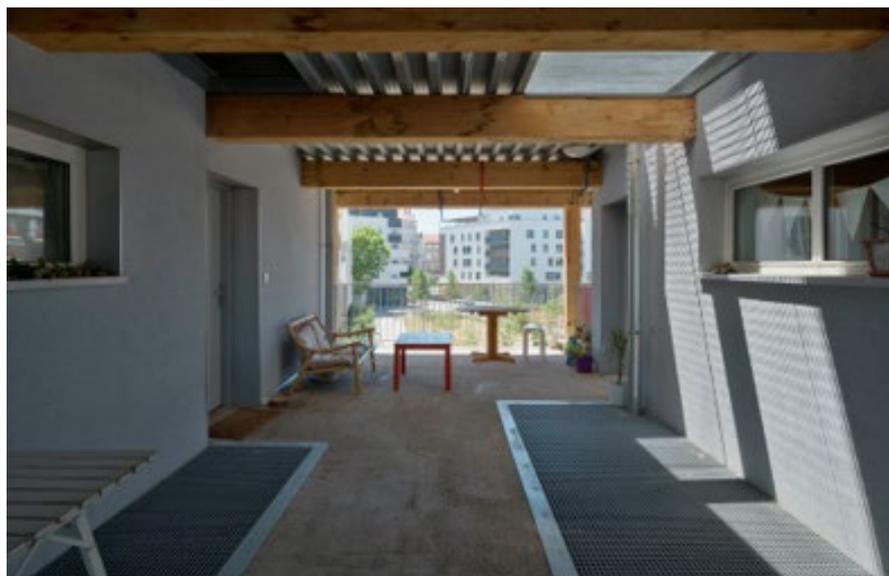
LES INTERVENANTES



Marine
MORAIN



Viviane
HAMON



Logements
traversants et
ombrage au sud

La maison 0 km



© Admimma

Confort d'été : le regard des sciences humaines et sociales

Viviane Hamon souligne la rareté des études en sciences humaines et sociales sur le sujet du confort d'été. Elle fait tout d'abord référence à l'architecte canadien, Witold Rybczynski, qui met en exergue les multiples dimensions du confort, bien au-delà de la seule définition technique d'une plage de confort physiologique sur une courbe.

La notion de confort thermique d'été a évolué ces dernières décennies. Dans les années 1970, les modèles utilisés pour les simulations thermiques dynamiques (STD) sont paramétrés sur la base d'hypothèses statiques. Le confort repose sur le confort physiologique des personnes, et la sensation de confort varie selon, par exemple, que l'on soit un homme ou une femme, actif ou passif, habitant du sud ou du nord. À la fin des années 1990, la notion de confort adaptatif émerge, et les modélisations intègrent l'action de l'individu sur son environnement (vêtements, usages des volets...). Les sociologues sont alors sollicités pour inciter au changement de comportement afin de stimuler les adaptations souhaitables.

Plus récemment, des études corroborent

l'influence des comportements sur les hypothèses et les calculs de STD.

L'étude de Wei, Jones, de Wilde en 2014 identifie 27 facteurs qui jouent sur les consommations d'énergie dans les logements, dont 17 dépendent des individus. En 2013, Lauréna Cazeaux et Marine Morain montrent que les hypothèses intégrées dans les calculs de simulation thermique dynamique ne fonctionnent pas, car les occupants n'habitent pas leur logement comme le prévoient les hypothèses. En 2016, Cécile Batier détermine, à partir d'une étude terrain, trois typologies de comportement (expert, actif et contre-productif) et considère que deux voies opposées peuvent être suivies : « aider au changement de comportement ou proposer des solutions architecturales prenant en compte les pratiques des occupants ».

Viviane Hamon défend plutôt cette deuxième voie, et l'approche de Morain et Cazeaux qui est de concevoir des bâtiments stables, quels que soient les usages. Viviane Hamon invite à visionner une vidéo réalisée par la Métropole de Lyon, sur la manière dont des habitants vivent avec la chaleur : <https://bit.ly/3HzwqdW>

Si l'on élargit l'approche sociologique du confort, dont le confort thermique n'est qu'une des dimensions, les recherches montrent qu'il existe trois piliers dans le confort, défini comme l'ensemble des commodités qui procurent le bien-être :

- La relaxation, se sentir bien chez soi, sans charge mentale ;
- La sociabilité, l'accueil de l'autre ;
- Garder le contrôle sur son espace, ne pas être dépendant de la technologie.

Les rares études sur le confort thermique d'été nous apprennent qu'il existe des difficultés objectives pour respecter les prescriptions du confort adaptatif (modes de vie, nombre d'occupants, sensibilités différentes des occupants, impossibilité de procéder à une ventilation nocturne), que les occupants ne sont pas disposés à renoncer aux autres dimensions du confort, et que les normes sociales entrent en jeu.

Viviane Hamon invite les participants à s'interroger sur la manière de penser des solutions participant au confort thermique de l'objet bâti (house), sans exiger des adaptations comportementales compliquées, et sans dégrader le confort du chez soi (home).

Les liens entre les usages et le confort d'été, une réflexion indispensable à la transition écologique

Marine Morain indique qu'elle dispose d'une double formation d'ingénieur et d'architecte. Dès l'obtention de son diplôme d'architecture en 2005, elle fonde son agence d'architecture et commence à travailler sur les bâtiments basse consommation. Rapidement, elle s'aperçoit que les consommations énergétiques réelles sont bien supérieures aux consommations prévisionnelles. Il lui semble alors intéressant de travailler avec des sociologues pour comprendre les écarts et l'impact des usages sur les modèles de calcul, et ce, de manière scientifique.

Marine Morain estime qu'il est possible de construire à prix raisonnable, tout en produisant des bâtiments efficaces et propres, à condition de réunir un large ensemble de compétences et d'expertises et de disposer du temps de conception préalable suffisant. Selon elle, l'enjeu majeur de la transition écologique est d'éviter le recours systématique à la climatisation dans les années à venir, aussi bien dans les logements neufs que réhabilités, ou dans les bureaux. Force est de constater qu'à l'heure actuelle, ni l'architecte ni le bureau d'étude ne se sent responsable des consommations liées au confort d'été et que la climatisation est l'unique réponse apportée par les maîtrises d'œuvre. Alors que la mesure du confort est normalisée, l'objectif de confort ne l'est pas.

Elle constate que le confort d'été est mal défini. Celui-ci repose, en effet, sur un critère courant et identique quelle que soit la région, à savoir limiter le dépassement des 28°C à 80 heures par an.

Marine Morain fait part d'une expérience dans laquelle la responsabilité de son cabinet d'architecture a été engagée. Si la température de 28°C n'était atteinte que pendant quelques heures en été dans une crèche dans la région de Divonne, de leur côté, les usagers ressentaient un inconfort à partir de 25°C et non 28°C. Le tribunal a statué qu'une climatisation aurait dû être

installée dans le bâtiment.

Cette expérience l'a incitée à revoir la problématique du confort d'été, en essayant de ne pas apporter systématiquement une réponse technologique, pour répondre à l'enjeu climatique d'une part et conserver le contrôle sur le bâtiment d'autre part. Une approche alternative réintroduisant l'usager dans le projet permet de développer des solutions passives réellement fonctionnelles et non liberticides pour l'habitant, sans quoi elles sont inefficaces.

Marine Morain prend l'exemple du projet du Village vertical à Villeurbanne qu'elle a mené avec son cabinet d'architectes et d'ingénieurs en qualité environnementale du bâti. Il est constitué de 38 logements, d'une superficie totale de 3 500 m². Shon, de deux programmes distincts (accession et habitat coopératif) et se caractérise par une conception homogène de tous les bâtiments et une mise en commun des éléments techniques et des espaces extérieurs. Le projet livré en 2013 a mis 5 ans à aboutir, il a coûté 1325 euros HT/m² tout compris et sa prévision de consommation s'élevait à 4 kWh/m²/an. Les habitants paient en moyenne 30 euros par mois, toutes énergies confondues, pour leur logement. Aucune climatisation n'a été rajoutée dans les logements, y compris dans la partie où les habitants n'ont pas participé à la conception.

Un travail avec le sociologue Gaëtan Briseperre a été mené par l'agence Adminima sur plusieurs bâtiments pour collecter des informations concernant l'utilisation du bâtiment et identifier les solutions viables ou non.

Depuis ces projets, le cabinet essaie de travailler sur des bâtiments relativement inertes, soigne les occultations, intègre la végétalisation pour son rôle de rafraîchissement, le rafraîchissement par brassage d'air, la ventilation naturelle... en étudiant au préalable les contraintes d'usage «non techniques» et les pratiques des

habitants, grâce à un travail conjoint avec des sociologues.

Marine Morain cite un autre exemple de projet mené avec un couple d'agriculteurs, qui lui ont demandé de construire leur logement uniquement à partir de matériaux situés sur leur terrain. Ainsi, la maison 0 km a été construite en pisé, en paille et en bois et l'isolation a été réalisée avec du chanvre et des systèmes techniques très limités (approche low-tech, chauffage par 2 poêles à bois, ventilation naturelle...); pour autant, la maison est jugée aujourd'hui très confortable par ses occupants, hiver comme été.

Elle évoque ensuite un autre projet, celui des locaux de son cabinet d'architecture. Les locaux situés dans le centre de Lyon ont été construits sans climatisation, mais avec une ventilation naturelle. Après trois étés d'occupation, la température maximale mesurée dans les bureaux est de 28°C. Pour limiter les apports internes, les collaborateurs travaillent avec des ordinateurs portables, l'éclairage s'effectue avec des LED. Le bâtiment a été dépouillé (absence de faux plafond, de faux plancher, de doublage). La dalle haute et le plancher bas contribuent donc à l'inertie dans le bâtiment. Des BSO ont été installés, ce qui permet de laisser ouvert la nuit et de profiter du rafraîchissement nocturne. L'isolant (laine de coton et de chanvre) est resté apparent sur les murs et permet d'absorber le bruit. Le rafraîchissement se fait avec des ventilateurs à pales.

Marine Morain souligne l'importance de l'acceptabilité du projet par les usagers ou habitants. La réalisation d'enquêtes avec un sociologue permet de valider la démarche et de la reproposer sur d'autres projets.

Pour Viviane Hamon, il est possible de prendre en compte l'usager dans un projet de bâtiment, contrairement à l'idée qui est souvent véhiculée.

Temps d'échange

Comment les occupants du Village vertical ont-ils été sensibilisés à l'utilisation du bâtiment ?

Marine Morain explique que les habitants ayant participé à la conception étaient sensibilisés dès le début du projet, et qu'il s'agissait d'un groupe de militants souhaitant un bâtiment écologique. Il lui semble essentiel de réaliser des bâtiments habitables sans notice.

Quelles solutions peuvent être mises en place pour faire évoluer les freins observés dans le comportement des habitants ?

Pour Viviane Hamon, l'idée que l'on pourrait «réduquer» les habitants est une impasse. Le changement de leurs comportements, en particulier dans le logement, dépend de l'évolution plus globale des modes de vie, du système sociotechnique, des représentations sociales et sociétales.

Quelle est la méthodologie des études sociologiques auprès des habitants ?

Marine Morain répond que la méthodologie de l'enquête est mise en place au cas par cas sur chaque projet. Il n'existe pas de méthode unique.

LE CONFORT D'ÉTÉ DANS LA RE 2020

LES INTERVENANTS



André
POUGET



David
LEBANNIER

L'évolution de la réglementation environnementale

André Pouget explique que la première réglementation date de 1974 et s'intéresse aux déperditions thermiques du bâtiment. En 1982, une réglementation vise les besoins de chauffage en tenant compte de l'architecture. En 2000, la réglementation traite des consommations, l'objectif

étant de réduire les déperditions, augmenter les apports gratuits et améliorer les rendements pour atteindre une faible consommation.

Les réglementations de 2005 et de 2012 n'ont pas modifié les principes de base (déperdition, besoin, consommation), mais

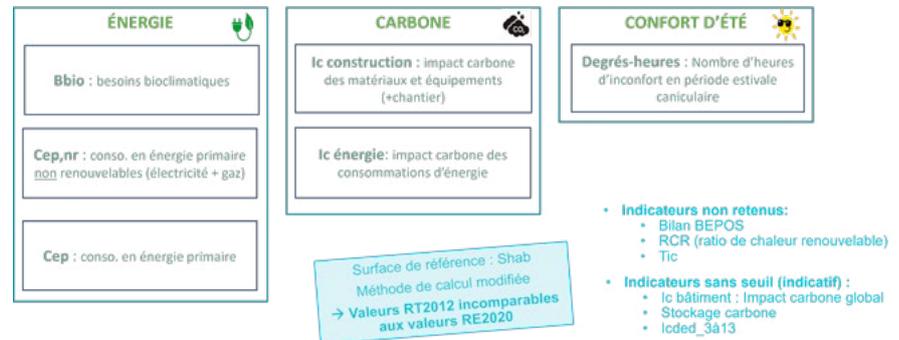
le sujet du confort d'été y a fait son apparition, à travers la notion de température intérieure conventionnelle. Le label E+C- a ensuite été créé, introduisant une nouvelle composante sur les émissions de carbone.

Généralités sur la RE 2020

David Lebannier présente tout d'abord les indicateurs de la RE2020. Ceux-ci se répartissent en trois grandes familles :

- L'énergie : le Bbio caractérise la performance de l'enveloppe, le Cep comptabilise les consommations totales d'énergie, tandis que le Cep,nr ne comptabilise que les énergies non renouvelables ;
- Le carbone : les indices IC construction (impact carbone des matériaux et des équipements) et IC énergie (impact carbone des consommations d'énergie) ;
- Le confort d'été : les degrés-heures correspondant aux nombres d'heures d'inconfort en période estivale caniculaire.

Dans la RE2020, la surface de référence devient la Shab et la méthode de calcul change, ce qui rend incomparables les valeurs de la RT2012 avec celles de la RE2020.



DH : les degrés-heures d'inconfort

David Lebannier explique que la RE2020 demande à modéliser le bâtiment avec le climat de la canicule de 2003. Pour chaque heure de la journée, l'écart entre la température intérieure ressentie et la température de confort adaptatif (26 °C la nuit, 26 à 28 °C le jour) est calculé. La climatisation n'a pas d'impact sur les degrés-heures, seules les solutions passives en ont un.

Le bâtiment est déclaré non conforme lorsqu'il dépasse 1250 DH. Entre 350 et 1250 DH, l'inconfort du bâtiment est jugé tolérable, mais un forfait de pénalisation s'applique. En deçà de 350 DH, le forfait de pénalisation ne s'applique plus.

Le calcul des DH s'effectue par zone thermiquement homogène, en distinguant les parties traversantes et non traversantes.

David Lebannier précise que le forfait de

pénalisation est toujours inférieur aux consommations réelles d'une climatisation. L'ajout d'une climatisation ne permet donc pas de réaliser des économies de kWh sur ce forfait.

Plusieurs leviers sont disponibles pour diminuer les degrés-heures : l'orientation, l'inclinaison et les surfaces des baies, le ratio d'ouverture des baies, l'augmentation de l'inertie, le caractère traversant du logement, la gestion et le facteur solaire des occultations, les brasseurs d'air, les solutions de puits canadien, de géocooling, de rafraîchissement adiabatique, le traitement des ponts thermiques, la perméabilité à l'air des occultations (cf page 236 de l'arrêté du 4 août 2021).

David Lebannier explique ensuite les différents cas de modulation des degrés-heures

en immeuble collectif, en fonction de la zone de bruit et de la surface des logements. En zone de bruit forte et pour les logements de petite surface non traversants, l'ajout de la climatisation rehausse le seuil de DH. Cette modulation incite finalement à climatiser ce type de logement. En maison individuelle, les seuils ne sont pas contraignants en zone de bruit faible. En zone de bruit forte, il suffit de mobiliser une ou deux solutions passives ou de prévoir la climatisation pour repasser sous le seuil.

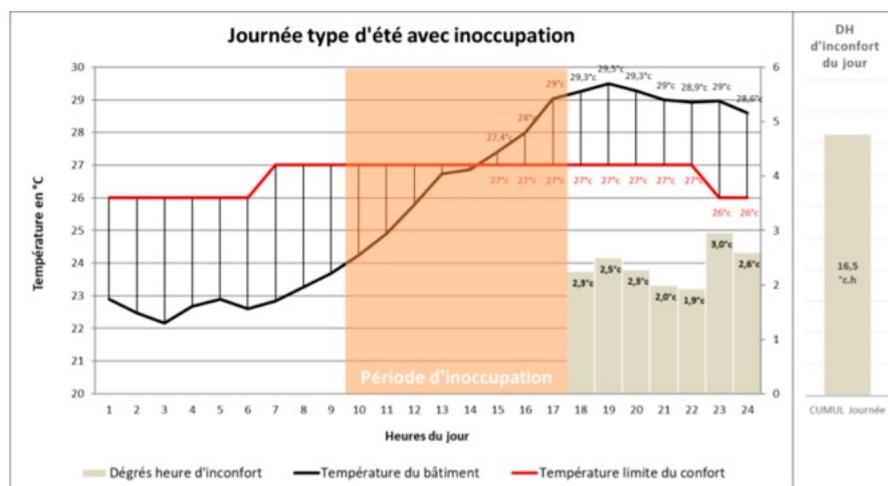
L'architecte devra fournir une attestation degrés-heures lors du dépôt du permis de construire.

À la question de savoir si l'indicateur de degrés-heures incite à traiter le confort d'été, David Lebannier résume :

- En maison individuelle, l'indicateur

DH n'a pas d'incidence en dehors des zones H2d et H3. En zone H2d et H3, si la maison est située en zone de bruit faible, aucune incidence n'est à noter (sauf spécificité architecturale) et si elle est localisée en zone de bruit forte, il faudra mobiliser un bouquet de solutions passives ou la climatisation.

- En immeuble collectif, l'indicateur DH n'a pas d'incidence en dehors des zones H2d et H3. En zone H2d et H3, si l'immeuble est situé en zone de bruit faible, il faudra mettre en œuvre une solution passive (brasseur d'air, volet perméable) et s'il est en zone de bruit forte, il faudra mobiliser la climatisation et une solution passive, ou un bouquet de solutions passives.



Les autres indicateurs de la RE2020

David Lebannier indique que le Bbio exigé dans la RE2020 est compatible avec l'ensemble des modes constructifs classiques, moyennant une sur-isolation de la maison individuelle et du logement collectif pour un surcoût de 30 €/m² Shab. Il ajoute que le besoin de froid doit désormais être systématiquement calculé dans le Bbio, ce qui a une incidence dans les zones H2d et H3. En zone de bruit forte, le Bbio est rehaussé pour encaisser des besoins de froid plus importants.

Le IC énergie de la RE2020 implique l'impossibilité d'installer en maison individuelle des solutions gaz ou hybrides (gaz/PAC) dès 2022. En immeuble collectif, le 100 % gaz devient impossible en 2025, et l'hybride gaz + PAC reste possible avec une

sur-isolation. Ces nouvelles règles donnent à la pompe à chaleur une place importante en maison et en immeuble collectif.

La RE2020 comprend deux indicateurs Cep et Cep,nr, pour que le Cep, qui ne contraint que les solutions non renouvelables, donne un droit à consommer supplémentaire aux solutions renouvelables et les aide à pénétrer le marché. Au quotidien, c'est le Cep,nr qui contraindra les projets en zone H3 :

- Le 100 % chauffage électrique est très contraint en maison individuelle;
- En zone de bruit faible, la PAC double usage est compatible avec le Cep,nr sans renforcement du Bbio, et la PAC triple usage l'est avec renforcement du Bbio. La solution composite est compatible avec renforcement de l'isolation. En zone de

bruit forte, l'intégration des consommations de froid est facilitée par la modulation.

David Lebannier ajoute qu'à chaque fois que le confort d'été sera traité par des solutions actives ou passives, des émissions supplémentaires de carbone seront générées, ce qui impactera négativement l'indicateur Ic construction. En zone H2d et H3, 30 kgCO₂/m² supplémentaires sont octroyés pour intégrer une solution de confort d'été. Le RE2020 instaure, en outre, un durcissement progressif des seuils de l'IC construction entre 2022 et 2031.

David Lebannier affirme que la réglementation est susceptible d'évoluer durant son application, en fonction des retours d'expérience.

Temps d'échange

Qu'en est-il de l'inertie, de la construction entièrement en bois en zone H3 ?

David Lebannier explique que la réglementation fixe quatre catégories d'inertie : légère, moyenne, lourde, très lourde. Chaque catégorie est associée à un mode constructif. La construction 100 % bois entre dans la catégorie de l'inertie légère et aggrave le coefficient de degrés-heures de 200 DH en zone H3. Le bureau d'études

devra alors mobiliser la méthode par point pour corriger l'inertie et refaire passer la construction sous les seuils de la RE2020.

Les solutions de biogaz sont-elles prises en compte ?

David Lebannier répond que pour le moment, la proposition du CSC2E permettant à un maître d'ouvrage de mobiliser un approvisionnement de biogaz pour en faire

bénéficier son projet uniquement n'a pas été retenue.

Les pompes à chaleur peuvent-elles être utilisées pour les calculs de froid ?

David Lebannier répond que la mobilisation du froid avec un émetteur basse température augmente les consommations.

CONFORT D'ÉTÉ DANS L'HABITAT : ÉTUDE TECHNIQUE ET SOCIOLOGIQUE EXPLORATOIRE

LES INTERVENANTS



Khedidja
MAMOU



Loïc
FRAYSSINET



Robert
CÉLAIRE

Contexte de l'étude réalisée

Loïc Frayssinet indique que l'étude a porté sur des logements ayant bénéficié du dispositif d'aide à la rénovation énergétique (changement de menuiseries, isolation des murs et des combles) et situés à Marseille dans un immeuble inscrit dans la démarche BDM. Elle visait à savoir si le confort d'été s'était amélioré ou non après rénovation et à mieux connaître les bonnes et mauvaises pratiques des usagers.

L'étude comprenait deux aspects :

- Une campagne de mesure dans 16 logements, pendant un mois et demi
- Une enquête sociologique : 8 personnes (5 locataires et 3 propriétaires) ont été interviewées sur les travaux de rénovation, leurs pratiques quotidiennes et leurs perceptions, leurs ressentis sur la chaleur.

Loïc Frayssinet précise que l'étude a été menée sur un échantillon réduit, une période d'étude limitée, avec une instrumentation relativement réduite, ce qui en

limite la portée. Il espère poursuivre le travail exploratoire avec un échantillon plus large, sur une année complète, avant et après rénovation, en intégrant les consommations énergétiques, des mesures de renouvellement d'air et un suivi des habitants.

Le détail de l'étude est consultable en ligne : <https://bit.ly/334ptCu>

Résultats de l'étude

L'étude a permis de dégager les principaux résultats suivants :

Les logements rénovés ne sont globalement pas perçus comme confortables l'été

Loïc Frayssinet indique que les mesures et les retours des habitants montrent, en effet, que l'inconfort est bien réel. Mais de façon globale, les habitants ne savaient pas dire si l'inconfort était plus fort après qu'avant rénovation et ainsi il n'est pas possible de savoir si cela est spécifiquement dû à la rénovation (peut-être que l'été était plus chaud, les comportements différents, etc.). Khedidja Mamou ajoute que la perception de l'impact de la rénovation sur le confort d'été varie selon que l'occupant a été ou non impliqué dans les travaux.

Un intervenant s'étonne de ce résultat. Suite à une rénovation de logements à Ugine, les mesures et les retours des habitants ont, au contraire, montré un vrai gain en matière de confort d'été.

La ventilation nocturne n'est pas largement utilisée

Loïc Frayssinet indique que l'enquête montre que les habitants ouvrent leurs fenêtres le jour et les ferment la nuit. Plusieurs raisons expliquent la fermeture des fenêtres la nuit : les moustiques, le

bruit, l'insécurité, la crainte de défenestration des enfants. Les logements ne sont alors pas rafraîchis la nuit. Cependant, les habitants utilisent les occultations en journée, pour se protéger du soleil et éviter la surchauffe de leur logement.

La climatisation est perçue comme l'ultime solution au confort d'été

Khedidja Mamou précise que sur les huit personnes avec qui elle a échangé, six voient la climatisation comme un horizon, la solution. La climatisation n'est, cependant, pas présente dans tous les logements étudiés, pour des raisons économiques. Les deux personnes ne percevant pas la climatisation comme la solution au confort d'été sont des propriétaires, avec une posture écologique forte.

Loïc Frayssinet ajoute que les économies réalisées sur le chauffage suite à la rénovation peuvent éventuellement créer un effet rebond sur l'investissement dans un système de climatisation. L'étude a, en outre, montré que les ventilateurs étaient très couramment utilisés.

Il est compliqué de conclure sur l'impact de l'isolation par l'intérieur sur le confort d'été

Loïc Frayssinet explique que l'isolation par

l'intérieur ne diminue pas l'inertie intérieure quotidienne, mais diminue l'inertie séquentielle. Elle diminue le facteur solaire des parois opaques et augmente la résistance thermique des parois. L'impact de l'isolation par l'intérieur sur le confort d'été est donc variable. Il est difficile à déterminer a priori, car il dépend de l'orientation du logement, de sa typologie, du climat local, de l'usage qui en est fait par les habitants, et de l'implication ou non des habitants dans la rénovation.

Par ailleurs, la rénovation a provoqué certaines malfaçons ayant un impact défavorable sur le confort d'été (intégration d'une loggia dans le logement sans ajout d'occultation, remplacement d'un simple vitrage par un double vitrage sans isolation des murs, décalage du pic de chaleur d'une pièce sous comble du fait de son isolation). En conclusion, Loïc Frayssinet affirme que la rénovation permet au logement d'être potentiellement plus confortable, mais elle le rend aussi plus sensible au comportement des occupants. Après isolation, la ventilation nocturne du logement, l'utilisation des protections solaires et la maîtrise des apports internes deviennent essentielles. Par conséquent, l'enjeu est plus comportemental que technique.

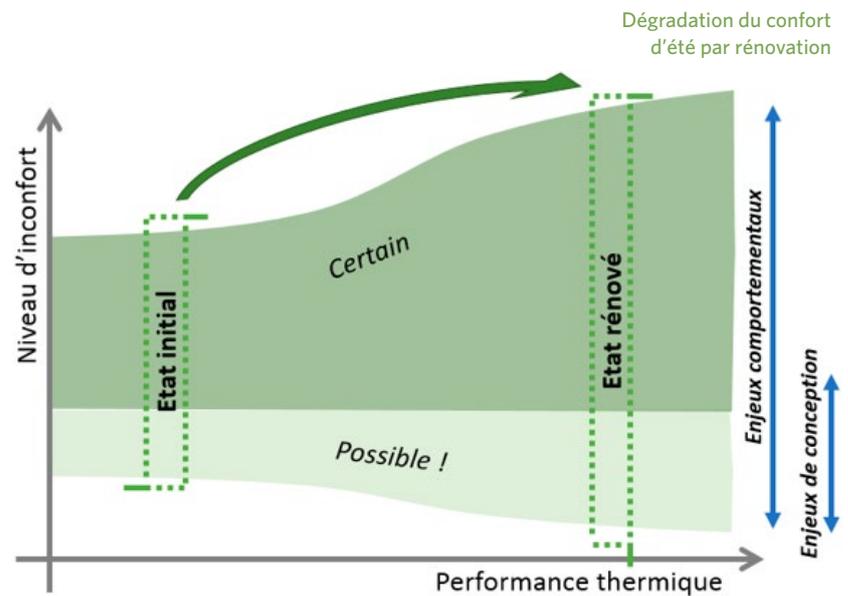


Dégradation par création de loggia

Quelques éléments de conclusion

Khedidja Mamou conclut en interrogeant le rôle des usagers dans la conception du bâtiment, la connaissance des potentialités de ce bâtiment. L'implication le plus en amont possible des usagers dans la rénovation est certainement un levier important. La terminologie employée a, en outre, un impact sur les réalités sociales, sur le recueil des retours d'expérience.

Robert Célaire souligne l'importance des comportements des usagers sur le confort d'été, la complexité des réalités, ce qui incite à travailler selon une approche pluridisciplinaire.



Temps d'échange

Une participante cite quelques chiffres du baromètre confort d'été de Lyon.

21% des ménages lyonnais sont équipés d'une climatisation. 16% de non équipés envisagent de s'équiper. Pourtant, 88% des

ménages sont conscients que la climatisation est mauvaise pour l'environnement. Par ailleurs, l'implication des usagers comme levier constitue un biais cognitif: la personne ayant participé à la

rénovation de son logement aura du mal à critiquer le résultat, à reconnaître qu'elle y est inconfortable.

CONFORT D'ÉTÉ URBAIN : MESURES DE TERRAIN ET SIMULATION POUR PASSER À L'ACTION. L'ÉTUDE DE CAS DE MARSEILLE

LES INTERVENANTS



Gabrielle
RAYNAL



Stéphanie
GAUCHER



Benjamin
MORILLE

Gabrielle Raynal indique qu'une triple maîtrise d'ouvrage (DRAC, Métropole, Ville de Marseille) a diligenté en 2014 une étude d'Avap sur son centre historique. Réalisée entre 2014 et 2016, cette étude a permis de réaliser une première caractérisation des qualités bioclimatiques du tissu et du bâti ancien sur un périmètre de 470 ha autour du Vieux Port, grâce notamment à des mesures de terrain. La Ville de Marseille portait cette attente d'une étude patrimoniale qui dépasse le strict cadre de la réglementation thermique et des énergies renouvelables pour tenir compte de la morphologie particulière de la ville — proximité

de la mer, bassin central, versants différents, aspect collinaire, densité urbaine, îlots de chaleur.

Les travaux menés devaient aussi permettre aux élus de s'approprier ces spécificités, en sorte de dépasser le cadre patrimonial usuel des ZPPAUP et de projeter la ville dans le monde de demain. Par chance, les mesures ont été effectuées à l'été 2015, en pleine canicule. Les élus ont été frappés par les représentations graphiques de ces mesures (climatiseurs rejetant de la chaleur, température de surface élevée en l'absence d'arbres, etc.).

Les élus ont alors validé la proposition d'un repérage des arbres présents, des arbres en péril et des arbres qui avaient disparu, ce qui a conduit à de premières prescriptions, comme la replantation de certains espaces libres dont le cours Lieutaud. L'étude d'Avap a révélé de nombreux antagonismes, mais elle a permis de faire émerger un cahier des charges au sein des services de la Ville et de la Métropole, avec le soutien de l'État dans le cadre des Programmes d'investissement d'avenir (PIA), portant sur l'étude de l'adaptation de ce centre historique au changement climatique à l'horizon 2050.

Adaptation du cœur historique de Marseille au changement climatique

Stéphanie Gaucher souligne que l'étude qui a suivi l'étude d'Avap s'est achevée début 2021. Par sa densité, le centre historique de Marseille présente un certain nombre de facteurs pouvant aggraver les problématiques liées au changement climatique, qui révèlent des inégalités territoriales en matière de santé. Le secteur de Noailles par exemple, cumule une exposition des populations à des facteurs de risque: hausse des températures en périodes caniculaires, forte imperméabilisation des sols problématique lors de canicules ou de fortes pluies, densification extrême des tissus et des îlots, absence de végétal et nature en ville, bruit, mauvaise qualité de l'air, etc. L'étude a abordé plusieurs risques liés au changement climatique (submersion marine, ruissellement...) mais a approfondi plus particulièrement le sujet de l'îlot de chaleur urbain et de confort d'été. Le phénomène d'îlot de chaleur intègre plusieurs phénomènes morphologiques, aérauliques, thermiques, radiatifs et d'évapotranspiration, et anthropiques. Les modélisations bioclimatiques réalisées à Noailles en 2017 et 2050 ont montré des températures de surface pouvant atteindre les 90°C dans ce secteur, +8°C et jusqu'à 46°C de température de l'air, et une contribution des climatiseurs et des voitures jusqu'à +4°C de température de l'air par secteur. La première fragilité identifiée concerne

le socle, devenu inhospitalier. La calanque du Lacydon est un impluvium (un bassin versant sans cours d'eau). L'eau en régime méditerranéen est rare, ou très abondante, le diagnostic a cherché à déterminer les axes de ruissellements et canyons hydrauliques théoriques. La stratégie a permis de donner des clés de lecture, pour, selon la position d'un espace ou d'une rue dans l'impluvium, chercher à ralentir, canaliser et capter, disperser, répartir et stocker. Avec des sols à 90°C de température de surface en période caniculaire, l'eau et la régénération des sols est un enjeu de survie du vivant.

Une deuxième fragilité du socle urbain réside dans le déclin de l'arbre: -50% en 75 ans, pour de multiples raisons. Marseille dispose de 1,75 m²/habitant sur le périmètre de l'Avap quand l'OMS préconise 10 à 15 m², de neuf aires de jeux sur sept sites pour 9 000 enfants de moins de 6 ans. Stéphanie Gaucher indique une troisième famille de vulnérabilités, liées au patrimoine. Les trames urbaines ne sont pas toutes au même niveau, ce qui crée des effets de site — certaines rues sont peu ventilées par les brises d'été ou au contraire exposées aux vents forts et Mistral de nord-nord ouest. La concentration des lieux de vie et polarité constitue une autre fragilité, avec un manque de lieux confortables pour s'asseoir, discuter, téléphoner, etc. La stratégie à déployer doit

être globale, combinant l'eau, le végétal et le sol pour créer une trame qui reprend les grands tracés emblématiques historiques. La stratégie d'adaptation du Cœur historique de Marseille à 2030 s'articule autour de six axes et donne pour chacun des enjeux et des clés de lecture et d'adaptation, de façon que les services gestionnaires, les concepteurs et les prestataires de service sachent sur quel type d'espace ils interviennent et comment ceux-ci s'inscrivent dans une stratégie plus globale d'adaptation:

- améliorer la qualité bioclimatique et le confort d'été et d'hiver des rues
- révéler l'impluvium: traitement du socle, du sol, de l'eau
- développer une stratégie du vivant, des trames de biodiversité et de végétal en ville
- mailler le centre historique d'espaces refuges accueillants, protecteurs, accessibles aux populations
- s'appuyer sur un travail par typologies d'îlots à l'échelle de quartiers
- accompagner vers une approche vertueuse à l'échelle bâtie, avec des familles de travaux communs ou spécifiques.

Cette stratégie est une boîte à outil: les six axes sont croisés dans une matrice qui donne des clés d'adaptation par espace. Ses principes d'adaptation et de projets sont illustrés et déclinés dans trois types de propositions:

- rues et profils types

- espaces publics refuges, qui combinent des principes de proximité et de maillage, de droit et d'accès à la nature en ville, à des espaces de fraîcheur l'été, des espaces de sociabilité et d'usages à augmenter, des potentiels et leviers de projets sur des espaces non optimisés actuellement (espaces résiduels, stérilisés par la voiture, etc.)

- quartiers et îlots (exemple du quartier Noailles et d'îlots démonstrateurs).

S'agissant des rues, une grille a été élaborée de « priorisation de l'urgence » selon plusieurs critères de confort d'été et d'hiver, pour mesurer l'écart avec un niveau optimum.

En ce qui concerne les espaces publics refuges, la place Carli est particulièrement caractéristique: il s'agit d'un grand espace bitumé proche de Noailles qui connaît un déficit d'espaces végétalisés, stérilisé, sans aucun usage aujourd'hui, voisin du conservatoire et du square très fréquentés. Aussi se prête-t-il à une stratégie d'envergure sur

la végétalisation, les sols et l'eau.

Benjamin Morille présente les simulations réalisées sur trois sites en vue d'établir des prévisions à horizon de 2050. Elles ont été effectuées avec un outil combinant l'ensoleillement, l'aéroulque urbaine et le transfert de chaleur entre matériaux. L'objectif est de lutter contre les îlots de chaleur urbains, d'améliorer le confort thermique et d'évaluer les différentes solutions de rafraîchissement urbain.

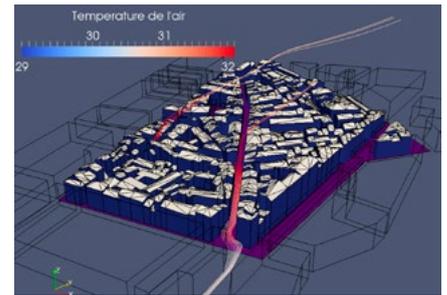
Dans le quartier de Puget, la température des sols les plus exposés monte jusqu'à 80°C. Sous les arbres et dans les rues orientées est-ouest, ainsi que sur les surfaces végétalisées, les températures sont nettement plus clémentes. Alors que la température de l'air peut atteindre jusqu'à 40°C, le cours Puget, qui est végétalisé, reste relativement frais. D'ici à 2050, la température moyenne devrait augmenter de 2°C.

A la Porte d'Aix, la température des sols les plus exposés monte également jusqu'à

80°C, tout comme sur les îlots denses et fermés exposés au soleil. Là encore, les températures sont plus fraîches sous les arbres et dans les rues orientées est-ouest. D'ici à 2050, la température moyenne devrait augmenter de 4°C en raison de la densification du quartier.

Le quartier de Noailles cumule quant à lui des températures de surface élevées et des rues canyons minéralisées. La température moyenne devrait augmenter de 8°C d'ici à 2050.

Simulation aéroulque du quartier Noailles



Stratégie : quartier et îlots pilotes

Stéphanie Gaucher rappelle qu'il existe plusieurs typologies d'îlots. Le centre historique de Marseille se distingue par des îlots fermés avec des pléniums continus, qui combinés à une forte densité des tissus urbains engendrent des surchauffes. Noailles en est l'un des secteurs les plus problématiques en matière d'îlot de chaleur et le cahier des charges y prévoyait un focus, le quartier faisant l'objet d'un projet et plan guide. Mais les événements de la rue d'Aubagne ont changé la perspective et le Projet partenarial d'aménagement (PPA) sur le périmètre du centre de Marseille prévoit d'intervenir prioritairement sur trois îlots démonstrateurs dont à Noailles les îlots autour de la place de la Halle Delacroix, et les îlots rue d'Aubagne - Domaine Ventre.

Des principes par types d'îlots ont été testés

dans les modélisations sur ce secteur :

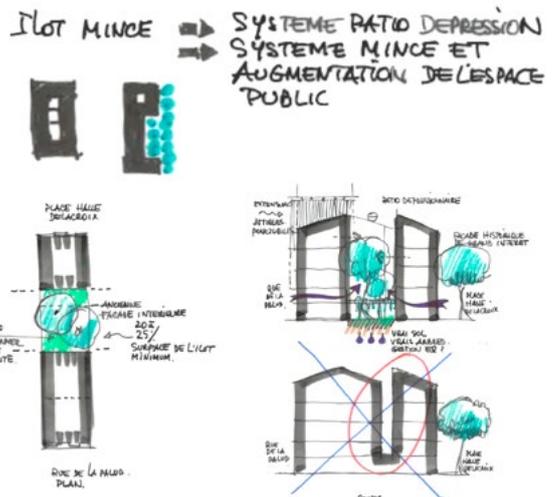
- des leviers communs aux différents types îlots: des brèches, failles entre les rues et cœurs d'îlots, variations de hauteur, effets de soulèvement et soubassement
- des leviers spécifiques aux grands îlots et îlots épais: déconstruction, curetage, végétalisation et sols de pleine terre dans les cœurs d'îlots, dialogue et circulation de masses d'air des rues plantées et canopées urbaines avec les cœurs d'îlots
- des leviers spécifiques aux îlots minces: amélioration des courettes par de véritables patios/puits dépressionnaires permettant à l'air de circuler, failles traversantes, travail sur certains alignements et désépaississement du bâti pour réduire la profondeur des locaux.

Benjamin Morille indique que la désimper-méabilisation des sols et une végétalisation complète ont été retenues comme leviers d'adaptation pour refaire de nouvelles simulations dans le quartier de Noailles. Il en ressort une forte baisse de la température de surface, qui passerait de 80 à 45°C, ainsi que de la température de l'air, ramenée de 40 à 32°C. Cette amélioration est également due à l'écoulement de l'air via une densification moindre et des surélévations. L'indicateur UTCI¹, qui agrège l'ensemble des variables climatiques qui impactent le confort thermique (température de surface, température de l'air à deux mètres, ensoleillement, humidité de l'air et vitesse du vent), montre une amélioration significative du confort thermique.

Temps d'échange

Un participant signale que des travaux ont été menés à Carpentras sur les îlots de chaleur urbains, qui mettent en évidence que, la nuit, le rafraîchissement était moindre là où des arbres étaient présents. Ce phénomène est dû à l'effet de serre de la canopée. En Avignon, ville très minérale, les cœurs d'îlots sont végétalisés et les logements traversants. La différence de pression fait que l'air circule bien. À Rome, les pavés des rues proviennent d'une roche volcanique qui favorise l'évapotranspiration, mais qui est noire. Le participant souligne que le végétal n'est pas la seule solution: la médina de Marrakech ne compte aucun arbre et la température est très agréable dans les riads.

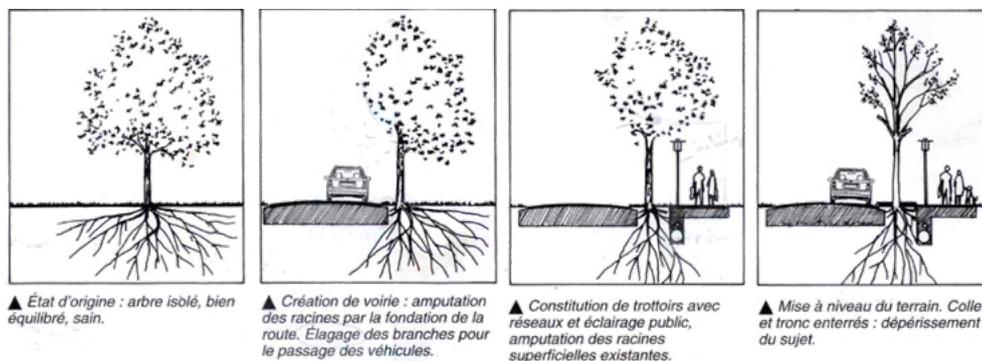
Exemple de principe par types d'îlots



1 Indice universel du climat thermique

NATURE EN VILLE : QUELQUES BONNES QUESTIONS À SE POSER

L'INTERVENANT

Philippe
CADORET

Nature et ville, deux concepts antinomiques

Philippe Cadoret fait observer que le concept de « nature en ville » est antinomique, puisque la nature se définit comme le lieu où l'Homme n'intervient pas. Enseignant au Muséum d'histoire naturelle, François Terrasson a écrit sur la peur de la nature. Contrairement à une idée reçue, la nature est méconnue des humains, hormis de quelques peuples aborigènes.

La peur de la nature repose sur des mythes fondamentaux : les sorcières vivant dans les forêts, les marécages sont des lieux maudits, etc. De fait, l'espèce humaine a commencé par détruire la nature. Si nous vivons aujourd'hui dans la steppe française (paysage de cultures céréalières), c'est parce que l'homo sapiens a fui la sécheresse en Mésopotamie. À son arrivée

en Europe, il a transformé la forêt européenne en steppe mésopotamienne.

Les plantes invasives ont mauvaise réputation, car elles sont étrangères, mais il ne faut pas oublier que de très nombreuses plantes qui existent aujourd'hui en France ont été importées — la vigne a été ramenée de Grèce, les chênes ont été introduits par l'homme préhistorique, etc. Les plantes dites « allergisantes » contribuent aussi à diaboliser la nature. Sauf que les allergies résultent d'un mélange de pollution et de pollen.

De même, des entreprises proposent de nous débarrasser des rats et des insectes. Une machine tueuse de moustiques a même été inventée, alors que ces insectes sont au début de la chaîne alimentaire. Le

frelon asiatique et la renouée du Japon, là encore, sont perçus comme des menaces étrangères.

Le changement climatique est une constante. Il y a 12 000 ans, lors de la fin de la dernière glaciation, la flore française était composée de toundra et de steppe. Le niveau de la mer s'est mis à monter d'un mètre par siècle depuis cette époque. L'accalmie n'aura duré que 2 000 ans : le changement climatique s'accélère aujourd'hui et va continuer de modifier la flore de manière importante : la flore va migrer. D'ailleurs, les botanistes n'ont pas tranché la question : l'Homme introduit-il de nouvelles plantes ou les plantes utilisent-elles l'Homme pour se déplacer ?

Le rapport de l'Homme à la nature

Philippe Cadoret pointe une contradiction lorsque certains appellent, d'un côté, à protéger la faune et la flore locales, et, de l'autre, à empêcher l'arrivée de nouvelles. La nouvelle faune et la nouvelle flore sont en effet peut-être plus adaptées au changement climatique.

Le jardin d'Eden, dont l'Homme a été rejeté, est un mythe fondateur essentiel. Si les jardins sont aujourd'hui extrêmement organisés, c'est pour conjurer l'enfer que représente la nature sur Terre. Pour le dire autrement, les jardins constituent une artialisement de la nature. Cependant, le regard est en train d'évoluer. Ainsi, sommes-nous en train de passer du gazon tendu à la friche organisée.

Le fameux jardin à la française est un héritage des jardins méditerranéens (romains et arabes). Au 18^e siècle, les Anglais ont

cherché à imiter la campagne à travers leurs jardins. Cependant, même si l'idée se répand aujourd'hui progressivement que laisser pousser l'herbe est plus pertinent d'un point de vue écologique, la monoculture intensive de gazon n'a pas encore disparu.

Philippe Cadoret souligne que les murs végétaux, qui suscitent un fort engouement, coûtent extrêmement cher. Planter de la vigne vierge sur un mur est aussi efficace et beaucoup plus simple, mais pas à la mode. De même, les toitures végétalisées ont le vent en poupe aujourd'hui. Elles présentent un certain intérêt en matière de biodiversité, mais elles ne remplissent généralement aucun rôle social.

Les arbres ne sont pas des éléments neutres, mais des marqueurs sociaux. Ainsi en va-t-il du palmier, arbre exotique

importé devenu le marqueur de la Côte d'Azur. Grâce au changement climatique, cet arbre progresse vers la Provence et le Languedoc. Plus récemment, l'olivier, arbre que l'on trouvait habituellement dans les campagnes, s'est répandu dans les jardins après que de riches Anglais l'eurent adopté. L'arbre urbain a toujours exercé un rôle dans le climat et l'adoucissement des villes. Cours Mirabeau, arbres et fontaines rafraîchissent l'espace. Les banques sont situées au sud pour permettre aux bourgeois de rester à l'ombre, tandis que les cafés plus populaires étaient en plein soleil. À Nîmes, l'extension de la ville s'est faite au 18^e siècle à travers l'aménagement d'un boulevard arboré nord/sud très large permettant à la brise thermique de remonter dans la ville et aux eaux des collines de s'évacuer vers le sud.

Un arbre a autant de racines que de feuillages, rappelle Philippe Cadoret. Des chercheurs se sont même amusés à retourner un figuier : les feuilles sont devenues des racines et les racines sont devenues des feuilles. Autrement dit, un arbre a besoin d'une surface très importante pour pousser. En ville, la plupart des platanes ont été plantés à la fin du 19^e siècle, à une époque où les rues étaient perméables et dépourvues de réseaux. Entre l'imperméabilisation de la chaussée et la multiplication des

réseaux (gaz, téléphone, fibre, eau, etc.), ces arbres souffrent beaucoup aujourd'hui. Philippe Cadoret explique qu'un arbre ne vit pas seul : il prend place au milieu d'un biotope. Les arbres vivent en symbiose avec des champignons, qui démultiplient le système racinaire des arbres, ainsi qu'avec des bactéries et des insectes. Les 30 premiers centimètres du sol représentent 80 % de la biodiversité. Les parcs urbains sont des éléments de culture, mais pas de nature. Bien que

l'écologie change notre façon de voir les choses, les herbes folles ne sont pas encore acceptées en ville. Akira Myiawaki, un botaniste japonais, a inventé une méthode destinée à créer des forêts urbaines à partir d'essences très anciennes réputées avoir déjà connu plusieurs changements climatiques. Pour rappel, le monde a connu un refroidissement aux alentours du 6^e siècle, un réchauffement vers le 11^e siècle et un petit âge glaciaire entre le 16^e et le 19^e siècle.

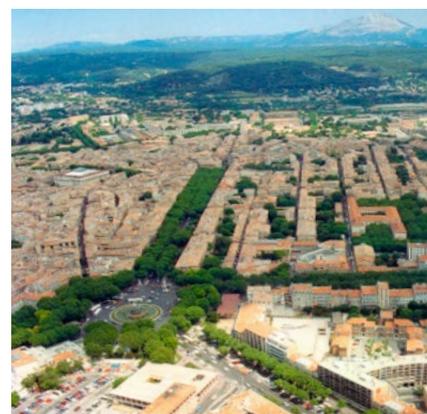
Une réglementation humaine pour la nature en ville

Beaucoup d'appels d'offres sont lancés actuellement pour désimperméabiliser les cours d'école. En Finlande, où la démarche a déjà été mise en œuvre, les enfants ont développé des anticorps au contact de la terre. Le risque en France est de s'attirer les foudres des parents qui n'accepteront pas que leurs enfants reviennent sales de l'école. Une concertation est donc indispensable pour emporter l'adhésion de tous. Philippe Cadoret signale que les peuples premiers et les agriculteurs d'antan savaient très bien qu'il existait une intelligence des plantes. En revanche, les scientifiques ont mis du temps avant de le reconnaître. À titre d'exemple, l'acacia karroo change son métabolisme et tue les antilopes quand il est trop brouté. Le mimosa pudica, quant à lui, garde en mémoire des situations passées. La boquila trifoliata, qui est une plante grimpante, modifie la forme de ses feuilles

en fonction de la plante à laquelle elle s'accroche. Enfin, le desmodium gyrans danse lorsque l'on chante devant lui. Pour ce qui est de la réglementation, les maîtres d'œuvre doivent travailler avec la loi MOP¹. Cette loi a été élaborée pour l'architecture et pour l'ingénierie des voiries. Elle n'est donc absolument pas adaptée au monde du vivant. À la différence d'un bâtiment ou d'une voirie, un espace abritant des plantes n'est pas un produit fini, mais un produit en devenir. De fait, son évolution dépendra de ceux qui s'en occuperont. Aux yeux du législateur, 1 m² de toiture végétalisée équivaut à 1 m² de forêt, ironise Philippe Cadoret, évoquant le cas d'un centre commercial ayant supprimé un jardin de 3000 m² pour créer un parking et aménager une toiture végétalisée en compensation.

La réglementation évolue aussi

positivement. Ainsi, un nombre croissant de PLU imposent un pourcentage de végétation de pleine terre. De même, les règlements de ZAC exigent de plus en plus une distance supérieure au houppier entre les arbres et les constructions.



Les arbres sur le cours Mirabeau

Temps d'échange

Un participant fait observer que toutes les périodes de réchauffement climatique ne se valent pas. L'anthropocène établit un lien indiscutable entre le changement climatique actuel et l'activité humaine. D'ailleurs, la période de glaciation de la Renaissance est concomitante au massacre de 95 % des Indiens d'Amazonie. Ce massacre a entraîné une extension de la forêt amazonienne, qui a capté suffisamment de carbone pour générer une glaciation.

Philippe Cadoret objecte que cette explication n'est pas la seule. L'éruption d'un volcan du Pacifique serait également en cause (ainsi que des variations de l'éclairage solaire).

Un participant rapporte qu'un médecin de l'hôpital de la Timone à Marseille se bat

sans succès contre la plantation de cyprès qui sont cause d'allergies. Par ailleurs, le cas d'une école difficile située près d'Aix-en-Provence a montré que la plantation de végétaux pouvait également servir de projet pédagogique.

Philippe Cadoret souligne que les allergies résultent d'un mélange de pollution et de pollen. Or le problème de la pollution ne sera pas résolu du jour au lendemain. Par parenthèse, l'olivier, que l'on plante aujourd'hui partout, est l'une des plantes les plus allergisantes.

Une participante a l'impression en entendant Philippe Cadoret que l'arbre n'a pas sa place en ville. Or une part de nature en ville est indispensable pour attirer de nouveaux habitants.

Philippe Cadoret précise qu'il plante des

arbres dans tous ses projets. Il travaille actuellement à un jardin de Méditerranée pour le Département de l'Hérault à Béziers. Une participante confie que la Région Paca porte un projet sur la nature en ville et l'adaptation au changement climatique. Toutes les informations sont disponibles sur le site « Nature for City Life ». S'agissant de la désimperméabilisation des cours d'école, elle insiste sur la nécessité de mener ces projets avec la communauté pédagogique, ce qui inclut les enfants, qui sont les premiers utilisateurs des cours.

Une participante signale que la Loire deviendra prochainement une entité juridique. Les acteurs de la profession doivent se saisir de cette nouveauté, seul moyen pour que la nature puisse se défendre devant la justice.

¹ Loi relative à la maîtrise d'ouvrage publique et à ses rapports avec la maîtrise d'œuvre privée.

LA PLACE DE L'EAU DANS LE RAFRAÎCHISSEMENT URBAIN

L'INTERVENANTE

Sophie
PARISON

Le contexte global du rafraîchissement urbain

Sophie Parison a soutenu une thèse sur les stratégies d'arrosage de différents revêtements de voirie parisiens. La notion d'îlot de chaleur est systématiquement évoquée dès que l'on parle de rafraîchissement urbain. En pratique, la température moyenne de la ville est légèrement plus élevée que celle de la périphérie non urbanisée. À Paris, cet écart est en moyenne annuelle de 3°C, mais il a atteint 8°C la nuit lors de la canicule de 2003.

Comme la fréquence et l'intensité des canicules sont appelées à augmenter avec le changement climatique, il importe de trouver des solutions de rafraîchissement afin que les villes puissent affronter ces vagues de chaleur. De par leur forme et leurs matériaux sombres, les villes favorisent le « piégeage radiatif » et souffrent d'un manque d'évapotranspiration : la couverture végétale est faible et les sols sont imperméables, la circulation du vent est faible du fait du bâti et on relève des rejets de chaleur anthropiques.

En général, le rafraîchissement urbain cherche à limiter (directement ou indirectement) les échanges convectifs

responsables de l'échauffement de l'air. Cela passe par exemple par des villes réfléchissantes (cf. les villes blanches méditerranéennes), par de nouvelles constructions au design ouvert, par l'efficacité énergétique (en centralisant les rejets de chaleur en un point) ou encore en favorisant la végétalisation. Une dernière méthode consiste à arroser les surfaces de la ville pour la faire transpirer artificiellement.

Dans sa thèse, Sophie Parison s'est demandé s'il était pertinent d'utiliser le réseau d'eau non potable de la Ville de Paris l'été pour arroser les rues et rafraîchir la population. Pour ce faire, elle a mené entre 2014 et 2020 une expérimentation rue du Louvre en faisant arroser le trottoir et la chaussée et en procédant à des mesures microclimatiques à l'aide d'une station météo.

Photographie
d'une laveuse
arrosant la
chaussée
(gauche) et
d'une station
météorologique
(droite)
(Parison, 2020)



Comment utiliser l'eau pour le rafraîchissement urbain ?

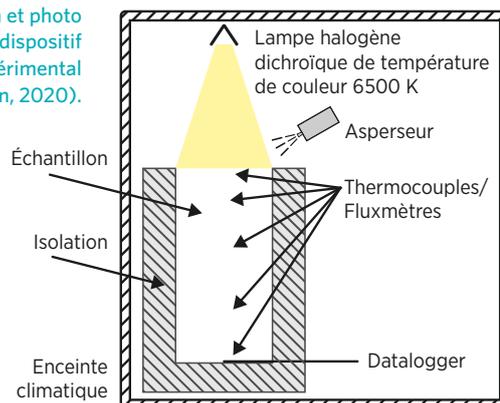
Cette expérimentation a montré que l'arrosage avait effectivement un impact d'après les mesures effectuées. Sur le plan thermique, la température de la surface diminue de 10 à 15°C en plein soleil, tandis que le stockage de chaleur dans le sol est divisé par deux. Sur le plan microclimatique, la température ressentie par les piétons diminue au maximum de 2 à 3°C à la faveur de l'évaporation du film d'eau. L'eau utilisée étant non potable, elle ne peut que cibler le sol, contrairement aux brumisateurs.

Sophie Parison s'est ensuite efforcée de reproduire des conditions caniculaires en laboratoire afin de définir les critères permettant d'obtenir un arrosage optimum, de manière à ne pas gâcher d'eau. Lors d'un cycle de 24 heures sans arrosage, la température commence par monter brutalement avec l'allumage de la lampe, puis décroît tout aussi brutalement avec son extinction.

En arrosant la surface, l'amplitude des températures se réduit et des pics apparaissent en fonction de la fréquence d'arrosage, puisque la température remonte dès que la

surface est sèche. En augmentant le débit progressivement, l'arrosage devient tellement fréquent que les pics disparaissent, la surface n'ayant plus le temps de sécher.

Schéma et photo
du dispositif
expérimental
(Parison, 2020).



Durant sa thèse, Sophie Parison a testé douze structures de voirie, dont six revêtements traditionnels parisiens et six revêtements innovants (peinture thermo-chromique, peinture réfléchissante, béton au ciment de laitier, ainsi que deux bétons et un enrobé perméables). L'expérimentation montre que la dynamique de montée et de descente varie en fonction des revêtements, tout comme la température maximum atteinte. Le revêtement le plus frais est le béton de laitier, avec une température

de 48°C, contre 62°C pour la chaussée classique. Le gazon monte à 58°C sans arrosage (soit un niveau plus élevé que les revêtements minéraux), mais ne dépasse pas les 40°C s'il est arrosé. Autrement dit, un végétal n'a de pouvoir rafraîchissant que s'il est irrigué. Peu coûteuses et faciles à appliquer, les peintures permettent de diminuer la température de 6 à 9°C.

Comme elles ne chauffent pas de la même façon, les structures se rafraîchissent différemment pour un même débit donné.

Le débit optimal d'arrosage dépend alors des propriétés optiques d'une surface, à savoir son pouvoir réfléchissant dans le visible et dans l'infrarouge. Le croisement des courbes de la température et du débit permet de définir le débit optimal qui évitera une surconsommation d'eau tout en maximisant l'efficacité de l'arrosage. Au passage, l'arrosage de la surface permet de réduire significativement la convection, c'est-à-dire l'énergie que la structure transmet à l'air ambiant.

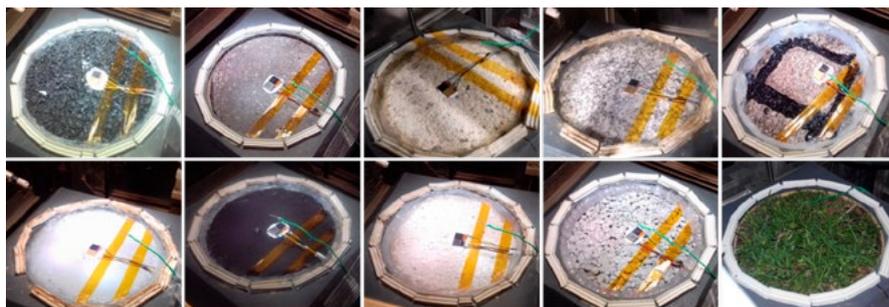
Quelles pistes retenir ?

Sophie Parison indique qu'il faudrait 56 000 m³ d'eau par jour pour arroser toutes les rues de Paris de manière optimale, ce qui représente 30% de la production journalière des eaux non potables de la ville. La faisabilité de cette solution est donc avérée, mais arroser tout Paris n'est souhaitable ni d'un point de vue écologique ni d'un point de vue économique, sans omettre l'inutilité d'une telle opération et son impossibilité technique. L'intérêt de cette expérimentation est plutôt de montrer que l'arrosage constitue une bonne solution de rafraîchissement d'urgence pour cibler des rues très exposées en cas de canicule. Grâce à un outil d'aide à la décision tenant compte de l'ensoleillement, de la fréquentation ou encore de la présence de végétaux, une cartographie des zones à fort potentiel de rafraîchissement a été élaborée avec la Ville de Paris. Cet outil a également été utilisé dans le cadre d'un appel à projets pour les JO 2024 afin d'identifier les zones à rafraîchir dans un espace situé

à proximité du village olympique.

Enfin, l'équipe dans laquelle travaille Sophie Parison est également mobilisée sur d'autres projets, comme le projet Life Cool and Low Noise Asphalt destiné à tester des revêtements innovants permettant de réduire à la fois le bruit de roulement et la température, ou encore le projet Cours

Oasis, qui ambitionne de réaménager des cours d'école dans le but de les rafraîchir. Un dernier projet a consisté à mesurer le rafraîchissement obtenu suite au réaménagement d'un parking à Aubervilliers en un espace ouvert avec des arbres et un revêtement perméable.



Photos d'échantillons testés. De gauche à droite et de haut en bas : chaussée classique, trottoir asphalté, stabilisé, trottoir granit, pavés, peinture thermo-chromique (>29°C), peinture réfléchissante proche infrarouge, béton de laitier, béton perméable et gazon (Parison, 2020)

Temps d'échange

Quels effets aurait à grande échelle l'expérimentation que Sophie Parison a menée rue du Louvre à Paris ?

Sophie Parison n'a pas connaissance d'expérimentations similaires à grande échelle, hormis un arrosage par le sol à Lyon et l'arrosage d'une place à Toulouse. Cependant, elle a constaté dans le cadre de sa thèse qu'en divisant par deux environ la surface arrosée rue du Louvre, l'effet de l'arrosage était quasiment réduit à néant. La question de l'échelle est donc primordiale : il faut arroser suffisamment et directement les zones à rafraîchir.

Est-il possible d'avoir des précisions sur le réseau d'eau non potable de Paris ?

Sophie Parison explique que cette

particularité est un héritage de la construction des réseaux d'eau à Paris sous Haussmann. L'eau non potable est puisée dans le canal de l'Ourcq et dans la Seine. Il s'agit d'eau « brute » (non traitée), simplement grillagée pour en retirer les déchets. Cette eau est utilisée quotidiennement pour l'arrosage des espaces verts et le nettoyage de la chaussée.

L'arrosage a-t-il eu un effet positif sur les particules fines ?

Sophie Parison n'a pas étudié la qualité de l'air dans le cadre de son expérimentation. En revanche, les services de la Ville ont constaté que l'arrosage effectué rue de Louvre avait tendance à réduire la quantité de polluants présents dans les égouts.

Un participant a été responsable d'un site industriel construit dans les années 70. Toutes les toitures étaient équipées d'un système d'aspersion, lequel fonctionnait très bien en cas de grosse chaleur. De même, l'équipe logistique avait pour habitude d'arroser les quais de livraison.

Quelle est la réduction de température obtenue par l'ombrage d'arbres, qui coûte bien moins cher que l'arrosage ?

Sophie Parison indique que tout dépend du lieu et du moment de la journée. En ordre de grandeur, le passage à l'ombre se traduit par un gain en stress thermique pouvant aller de 5 à 10°C pour un piéton, à nuancer selon le site, la météo, l'heure de la journée et le type de solution déployée, évidemment.

QUALITÉ DE L'AIR ET BÂTIMENT

L'INTERVENANT



Dominique
ROBIN

Dominique Robin remercie EnvirobatBDM de l'avoir invité pour la clôture du colloque BâtiFRAIS. Il présente tout d'abord AtmoSud : il s'agit d'une association créée en 1972 et agréée par l'État. Elle rassemble 135 membres répartis en quatre collèges (l'État, les collectivités territoriales, les acteurs économiques et les associations et personnes qualifiées).

La qualité de l'air représente un enjeu important en matière de santé. Dès 2008, l'Union européenne a fixé des normes contraignantes sur la qualité de l'air, mais les seuils ne sont toujours pas respectés. L'OMS vient d'édicter de nouvelles recommandations sur la qualité de l'air extérieur :

- pour le NO₂, la ligne directrice est abaissée de 40 à 10 µg/m³ et concerne désormais 80 % de la population de la région
- pour les particules PM10, la ligne directrice est abaissée de 20 à 15 µg/m³, ainsi 80 % de la population de la région est concernée
- pour les particules PM2,5, la ligne directrice est abaissée de 10 à 5 µg/m³ et concerne toute la population de la région.

Le traitement du sujet de la qualité de l'air a évolué ces 15 dernières années, passant d'une logique technocratique avec la production de mesures et de simulations à une demande sociétale sur la santé et l'action locale. Dans ce contexte, AtmoSud est amené à revoir ses priorités afin de mieux accompagner l'action locale. L'association a ainsi formalisé depuis deux ans une mission visant à favoriser l'engagement et revendiquer un rôle dans l'amélioration de la qualité de l'air.

Dominique Robin explique que l'évaluation de la qualité de l'air est une question complexe, car il existe des centaines de milliers

de molécules différentes, se présentant sous des phases différentes. Beaucoup de molécules agissent en synergie et avec d'autres paramètres (effet cocktail). Or à l'heure actuelle, l'impact du mélange de molécules dans l'atmosphère sur la santé reste difficile à appréhender. Le sujet des particules ultra fines (0,1 micron) devient aujourd'hui prégnant, car ces particules pénètrent dans tout le corps et dans le sang, et peuvent impacter le système cognitif.

AtmoSud réalise des mesures, des simulations avec des cartes à très haute résolution sur le territoire Paca. Il se connecte à des initiatives citoyennes en recueillant des informations provenant de signalements ou de micro-capteurs individuels, publie des bulletins d'information, des alertes et accompagne le faire autrement. Dominique Robin indique que les niveaux moyens de NO₂ ont baissé de 22 % entre 2000 et 2017 à l'échelle de la région Paca (-30 % au niveau national). Cependant, cette baisse n'est pas homogène sur le territoire et les dynamiques varient en fonction des lieux. En ville, la rugosité urbaine et l'orographie jouent un rôle plus ou moins favorable sur la dispersion et la dilution de l'air, mais la plupart du temps, les individus sont pollués sans s'en rendre compte. L'air est finalement le monde de la non-perception.

Dominique Robin aborde ensuite l'air intérieur. Celui-ci provient de l'extérieur et est plus ou moins filtré, canalisé. L'histoire du sol, les matériaux de construction et les occupants ont également un impact sur la qualité de l'air intérieur. L'air intérieur est souvent plus pollué que l'air extérieur, se pose alors le sujet du renouvellement de l'air et des conditions dans lesquelles l'entrée d'air peut se faire.

Considérant que la qualité de l'air est essentielle dans les écoles à la fois pour la santé des enfants et pour l'égalité des chances, AtmoSud s'est engagé dans des actions de sensibilisation auprès des enfants (programme L'Air et moi) et incite les élus à être ambitieux sur la question de l'aménagement autour des écoles en associant les enfants, les enseignants, les parents d'élèves dans une démarche convergente.



Temps d'échange

Des évolutions des niveaux de pollution ont-elles été observées pendant le confinement ?

Dominique Robin répond que la baisse des niveaux de pollution due au transport routier et aérien a été drastique, de l'ordre de -70 à -80 %. En revanche, les baisses ont été moins significatives dans l'industrie. Des images satellites ont montré les baisses de pollution à l'oxyde d'azote à l'échelle planétaire.

Un intervenant indique que depuis 11 ans d'existence du programme L'Air et moi,

un million d'enfants ont été sensibilisés. Il a constaté, lors de ses interventions dans les écoles, une augmentation du nombre d'enfants asthmatiques ou allergiques ces 20 dernières années.

La physique des couches basses est-elle connue ? Est-il possible de donner des ratios en site urbain des taux de pollution selon la hauteur ?

Dominique Robin répond qu'AtmoSud sait faire ce type de mesure. Deux paramètres jouent sur le niveau de pollution :

la localisation des voitures par rapport au bâtiment et la couche de mélange qui est assez haute, à une centaine de mètres. Le sujet est à traiter au niveau de la rue, de l'environnement immédiat du bâtiment.

Pouvons-nous progresser en matière de qualité de l'air, sans remettre en question nos modes de vie, nos usages ?

Pour Dominique Robin, il faut effectivement une liberté plus grande, questionner les usages, sortir du cadre et s'engager.

TABLE RONDE : RETOURS SUR LE COLLOQUE

La table ronde est animée par Virginie Sancho, responsable communication d'EnvirobotBDM.

Clément Gaillard note que certaines techniques sont actuellement redécouvertes, comme les techniques d'évaporation pour le rafraîchissement urbain qui avaient été précédemment abandonnées à cause de leur trop grande consommation d'eau. La puissance des outils actuels et la modélisation Soleneos sont, en revanche, nouvelles et apportent une finesse de compréhension des phénomènes microclimatiques. Les choix actuels en matière de bioclimatisme mettent en exergue l'identité et la richesse d'un territoire.

Anastasia Crestani note, quant à elle, que les ateliers ont abordé un certain nombre de pratiques connues (inertie, ventilation, rafraîchissement, etc.). Ces différentes pratiques renvoient au territoire, à sa géomorphologie, à la connaissance du climat, aux besoins des usagers. Elle retient que le confort thermique fait partie intégrante du confort global, qui intègre des paramètres psycho-émotionnels. Les projets architecturaux qui réintroduisent l'humain dans le corps des territoires, à l'intermédiaire de l'édifice sont particulièrement inspirants. Ils restaurent le lien avec la matière géosourcée, permettent de vivre avec les saisons, donnent plus de liberté aux usagers en leur rendant l'accès à des biens

communs, et constituent des lieux de gouvernance locale. Ils questionnent la relation entre l'urbanité et le vivant.

Khedidja Mamou souligne l'importance de la terminologie, pour comprendre ce qui se passe. Elle s'est particulièrement attachée au couple de mots visible/invisible, la fraîcheur/la chaleur, la technique et le reste, les mots et le sens, les usagers/les habitants. Elle a aussi listé ce qui empêche, ce qui rend difficile les solutions techniques, en distinguant les éléments visibles (le bruit, le vol, la sécurité incendie, les rongeurs, les moustiques, les oiseaux, l'ABF, les copropriétaires, les comportements, les normes thermiques) et les éléments invisibles (les habitudes, le culturel). Il est important d'aller voir ce qui est invisible depuis un métier, une fonction et d'agir ensemble.

Anne-Sophie Gouyen partage le questionnement sur la possibilité de concevoir des espaces sans dégrader les confort et sans exiger des adaptations comportementales compliquées. Pour elle, il faudrait réfléchir collectivement à la manière de modifier les habitudes.

Robert Célaire estime que le penser high tech doit être au service du low tech. Il souligne, en outre, l'importance de la

liberté de l'usager. Il faut oser transpercer les murs des méconnaissances et de l'invisible, aller vers plus de transversalité, car les réalités sont complexes.

Parfois, ouvrir la fenêtre ne suffit pas, il faut aussi ouvrir les cœurs, les intelligences, l'esprit, développer le respect et son attention à ce qui se passe autour.

LES INTERVENANTS



Clément
GAILLARD



Anne-Sophie
GOUYEN



Anastasia
CRESTANI



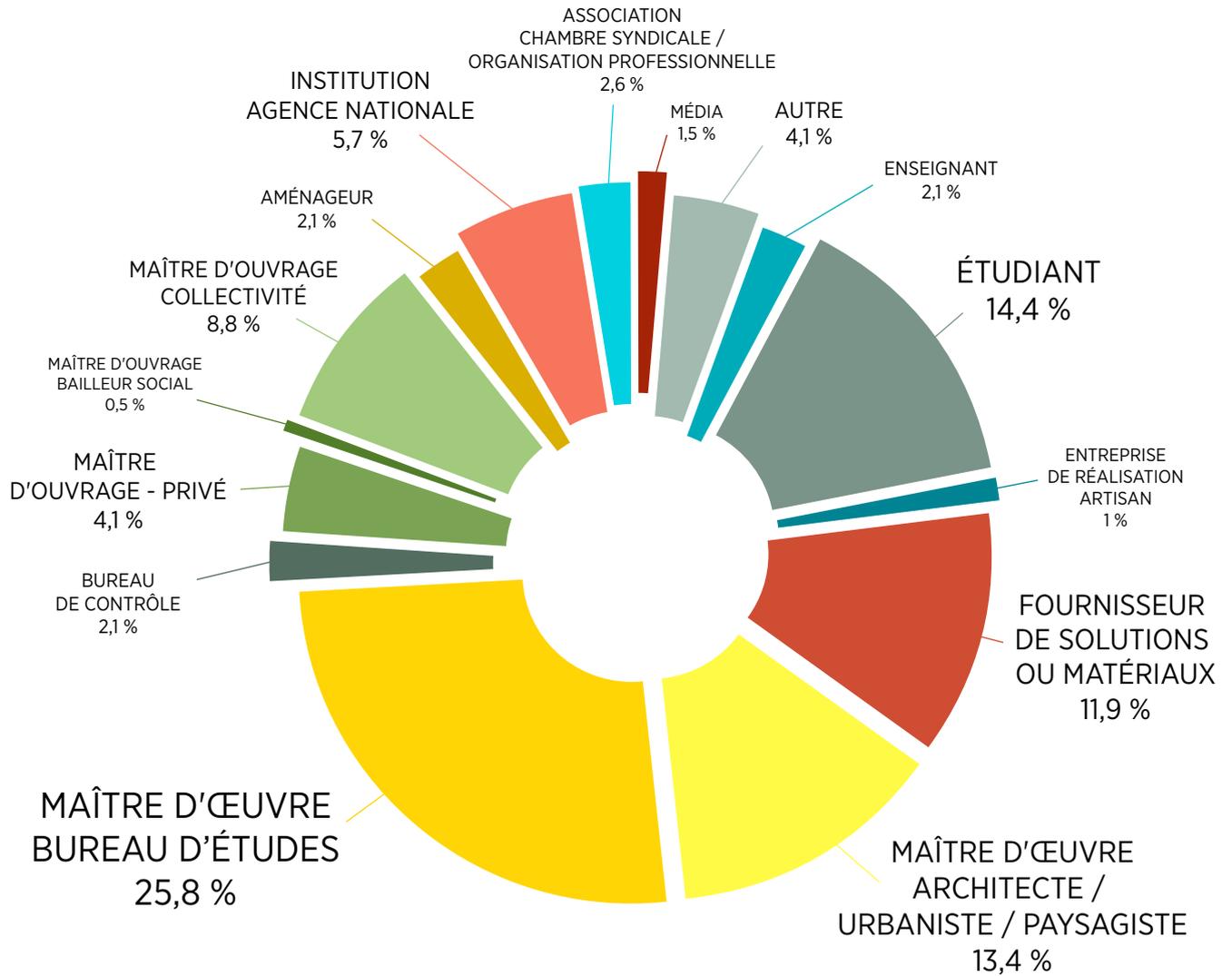
Khedidja
MAMOU



Robert
CÉLAIRE



CHIFFRES DE LA PARTICIPATION





Yves PERRET
Architecte - Poète
L'Entrelacs - Architectes



Robert CÉLAIRE
Ingénieur maître
de conférences à l'ENSA
Montpellier
Robert Célaire Consultant



Stéphanie GAUCHER
Consultante urbanisme
durable
Iddigo



André POUGET
Grand-père jardinier,
et accessoirement thermicien
ex. POUGET Consultants



Viviane HAMON
Consultante
Viviane Hamon Conseil



Gabrielle RAYNAL
Géographe
environnementaliste et AMO
programmiste
Domene Scop



David LEBANNIER
Responsable de l'activité
conseil - construction neuve
POUGET Consultants



Marine MORAIN
Architecte + Ingénieure
ADMINIMA architecture



Philippe CADORET
Paysagiste
Agence NEMIS



Bijan AZMAYESH
Architecte
Atelier OSTRAKA



Isabelle LE VANNIER
Directrice de la Transition
Énergétique et Écologique
**Montpellier Méditerranée
Métropole**



Sophie PARISON
Post-doctorante
en rafraîchissement urbain
Université de Paris



**Fabienne BOYER
MARCOUX**
Architecte
Meiôsis



Sylvie MAHOT
Directrice de l'Aménagement
et du Renouvellement Urbain
**Montpellier Méditerranée
Métropole**



Dominique ROBIN
Directeur général
AtmoSud



Jean-Pierre JEANNE
Adjoint Sécurité-
Environnement-Foncier
**Mairie de
Saint-Marc-Jaumegarde**



Jérôme ALBERGE
Responsable des services
Énergie et Télécoms
**Montpellier Méditerranée
Métropole**



Anastasia CRESTANI
Architecte DE (mention
recherche)
ENSA Marseille



Sophie GENTIL
Ingénieur INSA
SOWATT



Benjamin MORILLE
Fondateur
SOLENEOS



**Anne-Sophie
GOUYEN**
Diplômée d'architecture
ENSA Montpellier



Loïc FRAYSSINET
Ingénieur d'études



Guillaume PERRIN
Chef adjoint du département énergie
et Coordinateur national du programme ACTEE
**Fédération Nationale des Collectivités
Concédantes et Régies (FNCCR)**



Khedidja MAMOU
Sociologue et Architecte
ENSA Montpellier / LIFAM



Nicolas BECK
Responsable des bâtiments,
énergie et déchets
**Tour du Valat - Institut de recherche
pour la conservation des zones
humides méditerranéennes**



Clément GAILLARD
Designer, doctorant en
urbanisme
**Université Paris 1 Panthéon-
Sorbonne/ENS
Paris-Saclay**



Jean JALBERT
Directeur général
**Tour du Valat - Institut de recherche
pour la conservation des zones
humides méditerranéennes**

+ d'informations
sur les
intervenants :



BÂTI' FRAIS

2021

www.batifrais.eu

envirobatbdm

EnvirobatBDM est l'association des acteurs interprofessionnels du bâtiment et de l'aménagement durables en région Provence Alpes-Côte d'Azur. Elle accompagne l'intégration des exigences du développement durable dans l'acte de bâtir, rénover et aménager grâce à son centre de ressources, de formation et à l'animation de réseaux professionnels tels que Fibraterra et les économies de flux. L'association est créatrice et porteuse des labels collaboratifs Bâtiments et Quartiers durables méditerranéens (BDM et QDM).

EnvirobatBDM
 Résidence Le Phocéan, bâtiment C
 32 rue de Crimée - 13003 Marseille
 04 95 04 30 44 - contact@envirobatbdm.eu
www.envirobatbdm.eu

Partenaires du colloque



Partenaires d'EnvirobatBDM

