

# - SYNTHÈSES -

**vendredi  
6 juillet  
2018**



**LES SOLUTIONS  
CONCRÈTES  
POUR MIEUX  
CONSTRUIRE  
EN CLIMAT  
MÉDITERRANÉEN**

Un événement organisé par



Avec le soutien de



En partenariat avec



Cette synthèse est réalisée dans le cadre de BÂTI'FRAIS - colloque dédié au confort d'été.

BÂTI'FRAIS c'est :

- un recensement des moyens concrets pour adapter nos espaces aux nouvelles conditions du climat,
- des retours d'expériences prouvés et vérifiables,
- des témoignages des régions françaises les plus exposées ainsi que des territoires d'outre-mer,
- des invités étrangers originaires d'une région chaude.

Rejoignez-nous sur notre site internet :

<http://www.envirobatbdm.eu>

<http://www.batifrais.eu>

Réalisation : La Sud Compagnie - janvier 2019

Crédits photos :

Page de couverture et page 24 : ©Istockphoto - Pages 4, 22 : ©Yann BOUVIER/EnvirobatBDM - Page 8 : @OASIIS/Jean-Michel Gomez Architecte/Marie Parente Architecte - Page 9 : @DOMENE SCOP/ Joseph Frassanito Architecte/André Berthier Architecte Page 10 : @INEX - Page 13 : @INES - Page 14 : @INES, @AQC/CAUE La Réunion - Page 16 : @A4 Architecture - Page 17 : @LABEN/Jamal Diouri Architecte - Page 19 : @Archibionik -

# SOMMAIRE

## ■ L'ouverture

Florence ROSA, présidente - EnvirobatBDM  
Fanny VIOT, directrice adjointe - ADEME PACA  
Rémi COSTANTINO, secrétaire général - Euroméditerranée  
Daniel FAURÉ, animateur du Colloque

3

## ■ Changement climatique en région PACA : du régional au local

Elodie BRICHE, Groupe d'experts sur le climat en PACA (GREC PACA) - INTI Urban Climate

4

## ■ Opérations d'habitat collectif neuf de plus de 2 ans : le rôle indispensable des STD dans l'adaptation climatique

Frédéric BŒUF, SURYA & Ecole des Mines

5

## ■ ATELIER 1 : « Confort d'été et bâtiments tertiaires »

Retour d'expérience PPP Département du Var - EIFFAGE Construction - 3 collèges du Var (La Seyne-sur-Mer, Carcès et Saint-Raphaël) par José COELHO, Bureau d'études OASIIS  
■ Démarche qualité environnementale : bilan de 2 années de fonctionnement - Collège 400 de Païamboué à Koné (Nouvelle-Calédonie) par Gabrielle RAYNAL, Bureau d'études DOMENE  
■ Rénovation, au niveau BEPOS, d'un bâtiment de bureaux de 1972 - Nouveau siège social d'INEX à Montreuil (Seine-Saint-Denis - 93) par Eric HUTTER, INEX

6

## ■ ATELIER 2 : « Confort d'été et ventilation »

Surventilation sur 5 opérations livrées entre 2004 et 2015 - Projet réalisé par ALLIE'AIR/EGE, bureaux d'études aérauliques & acoustiques et financé par l'ADEME par Nicolas PIOT, SEGE Montpellier  
■ Bâtiment tertiaire livré en 2013 - Siège de l'INES et laboratoires de recherche (Chambéry - 73) par Mohamed ABDESSELAM, Institut National de l'Energie Solaire (INES), Eric FRANÇOIS, CEA CADARACHE/LITEN - Department of solar energy et Frédéric NICOLAS, Architecte  
■ Le projet PACTE sur la ventilation naturelle par Catherine MOREL, CAUE de La Réunion

8

## ■ ATELIER 3 : « Confort d'été et habitat »

Logements sociaux rénovés à Digne-les-Bains par Jean-Marie COURTOIS, Bureau d'études COURTOIS ENERGIE CONSEIL  
■ Logements Fal El Hanaa au Maroc - Projet démonstrateur pilote soutenu par l'AMEE et l'ADEME par Zakaria SADIK, Bureau d'études ALTO EKO  
■ 2 maisons individuelles sans climatisation à moins de 25° C durant l'été à Aix-en-Provence et Luyes (13) par Pascale BIROTTEAU, A4 ARCHITECTURE

12

## ■ INVITES - Le bâtiment durable au Maroc

Rénovation bioclimatique d'une maison dans la Médina de Rabat et logements Fal El Hanaa  
Myriam SOUSSAN & Laurent MOULIN, ARCHIBIONIC et Zakaria SADIK, Bureau d'études ALTO EKO

14

## ■ 141 bâtiments démonstrateurs à basse consommation : enseignements sur le confort thermique

Jean-Alain BOUCHET, CEREMA

16

## ■ Le rafraîchissement des villes : de quelles connaissances avons-nous besoin ? Etude de l'ADEME 2017

Karine LAPRAY, Bureau d'études TRIBU

17

## ■ Synthèse de la journée et clôture

Florence ROSA, présidente - EnvirobatBDM  
Daniel FAURÉ, animateur du Colloque

18



EMD École de Management





**Fanny VIOT**

Directrice adjointe  
ADEME PACA



**Rémi COSTANTINO**

Secrétaire général  
EUROMÉDITERRANÉE



**Florence ROSA**

Présidente  
EnvirobatBDM



**Daniel FAURE**

Ingénieur et membre fondateur  
EnvirobatBDM

Pour la 4<sup>ème</sup> année consécutive, le colloque Confort d'été Bâti'Frais partage des expériences et des solutions concrètes à l'échelle régionale, nationale et même internationale a indiqué en préambule **Florence Rosa, Présidente d'EnvirobatBDM**. Cette nouvelle édition se tient d'ailleurs en juillet afin de s'articuler davantage avec les enjeux de construction durable et d'élévation des températures estivales.

Afin d'anticiper le réchauffement climatique et lutter contre les risques induits sur le confort et la santé dans le domaine du bâtiment, EnvirobatBDM a mis en place des commissions d'évaluation et des groupes d'intelligence collective dont les travaux trouvent leur point d'orgue lors de cette journée de rencontres et d'échanges. L'objectif est ici de coopérer davantage ensemble entre partenaires institutionnels, industriels et associatifs, à travers l'analyse de réussites mais aussi des dysfonctionnements et des revers pour progresser. En effet, le travail collégial est le ciment de la réussite et de l'évolution d'un réseau de valorisation du bâtiment durable. Toujours dans le cadre de la mobilisation de l'intelligence collective pour mieux bâtir, EnvirobatBDM nouera un partenariat avec plusieurs homologues régionaux en 2019.

Considérant que la notion de confort d'été faisait écho au défi majeur de l'adaptation au changement climatique, **Fanny Viot, Directrice Adjointe de l'ADEME PACA**, a souligné que, par leur emplacement dans le bassin méditerranéen, Marseille et sa région constituent l'un des 25 hot spots du changement climatique. Selon les dernières projections, le climat marseillais pourrait se rapprocher de l'actuel climat des Pouilles à l'horizon 2100, avec une augmentation de +5°C et des effets d'autant plus prégnants dans les zones urbaines. Or 91% de la population de la région Sud vit en milieu urbain. Il est donc impératif de connaître les vulnérabilités de ce tissu, d'identifier les risques et de s'adapter.

A cet égard, l'Agence Internationale de l'Energie (AIE) a publié en mai 2018 un rapport sur les enjeux énergétiques liés au développement de la climatisation, qui représente déjà 10% de la consommation énergétique mondiale. En effet, le parc de 1,6 milliard de climatiseurs actuellement en service devrait être multiplié par trois à l'horizon 2030 en l'absence d'effort significatif au niveau de la construction. Or, alors que le bâti méditerranéen s'inscrit dans une tradition d'adaptation aux particularités climatiques régionales, l'évolution des modes de vie a relégué une partie de ce génie du bâtiment au second plan. Les réponses

à apporter aux enjeux d'adaptation au changement climatique doivent donc intégrer les spécificités territoriales. C'est la raison pour laquelle l'ADEME soutient les expérimentations d'efficacité énergétique en prise avec un territoire, notamment les projets de bâtiments neufs s'inscrivant dans le référentiel E+/C- qui préfigure la future réglementation environnementale. Outre cet accompagnement, l'agence valorise la prise en compte de l'usager et de son action dans la performance du bâti. L'ADEME est ainsi prête à soutenir et à proposer son expertise aux porteurs de projets et d'expériences qui participent à cette 4<sup>ème</sup> édition du colloque Bâti'Frais.

Pour **Euroméditerranée, Rémi Costantino, Secrétaire général**, a présenté la démarche mise en œuvre par l'établissement public labellisé EcoCité depuis 2009. Articulé autour de la notion de ville durable méditerranéenne, ce projet de rénovation urbaine est conçu comme un laboratoire de recherche appliquée au sein duquel se développent des opérations à haut niveau de performance et de valeur ajoutée. Il a également vocation à placer les habitants et les Marseillais au cœur de ce nouvel espace urbain et du parc résidentiel associé, car l'implication de l'usager dans son confort quotidien est essentielle pour la réussite des politiques de performance du bâti. Une telle démarche territoriale a donc fait naître un besoin d'accompagnement, auquel a répondu EnvirobatBDM qui a également apporté son expertise lors des échanges avec les porteurs de projets. Un partenariat a ainsi été conclu en 2014 autour de quatre axes :

- l'action, avec 15 opérations et 80 000 m<sup>2</sup> labellisés Bâtiments Durables Méditerranéens à ce jour,
- la capacité à réfléchir et à prendre du recul, la réflexion s'articulant autour des enjeux de confort et de maîtrise des coûts,
- l'innovation, par la multiplicité des expérimentations et la mise en œuvre du « permis d'innover » spécifique aux opérations d'intérêt national qui permet de s'affranchir de la réglementation actuelle,
- la capacité de diffusion et d'entraînement.

Rémi Costantino a salué l'intelligence collective portée par EnvirobatBDM et l'initiative du colloque Bâti'Frais, qui constitue une formidable occasion de se rapprocher et d'agir ensemble.

# CHANGEMENT CLIMATIQUE EN RÉGION PACA : DU RÉGIONAL AU LOCAL

L'évolution des températures globales se caractérise par une hausse statistiquement significative, avec un décrochage à partir des années 1980 a rappelé **Elodie Briche du Groupe d'experts sur le climat en PACA (GREC PACA)**. La dernière décennie est d'ailleurs la plus chaude enregistrée depuis le milieu du XIX<sup>ème</sup> siècle, avec l'enchaînement de périodes de canicule de plus en plus intenses et sévères.

En termes de tendances à l'échelle régionale, une augmentation significative des températures est attendue jusqu'à la fin du siècle, assortie néanmoins de variabilités spatiales et temporelles. Oscillant de 1,9 à 4,6°C en moyenne annuelle selon l'endroit et le scénario d'émission de gaz à effet de serre, cette hausse sera plus marquée l'été, en particulier sur les minimales avec une augmentation significative de ce que l'on appelle les nuits tropicales. Cela limite les possibilités de refroidissement nocturne avec toutes les conséquences possibles sur le confort thermique.

Inversement, le nombre de jours de gel diminuerait de moitié, ce qui aurait un impact non négligeable sur certaines espèces végétales.

S'agissant des précipitations, la tendance est à la baisse, avec des périodes de sécheresse plus longues et des complications induites sur l'approvisionnement en eau. Cependant, les épisodes méditerranéens s'annoncent potentiellement plus intenses à la fin du XXI<sup>ème</sup> siècle, avec un risque accru d'inondations urbaines dues au ruissellement sur des surfaces de plus en plus imperméabilisées.

Les résultats des différents modèles apparaissent parfois contradictoires, mais ils s'accordent sur une hausse des précipitations en cumul annuel sur les massifs du Queyras et de l'Ubaye, une baisse sur la Haute Provence et, de manière globale, une diminution des précipitations estivales sur une grande partie de la région Sud. En tout état de cause, les précipitations se caractériseront par une variabilité interannuelle et des différences d'évolution selon les territoires.

Dans le cadre de l'intensification des températures estivales, les valeurs normales se rapprocheront des pics observés en 2003, avec des journées supérieures à 35°C et des vagues de chaleur au-dessus de 40°C selon le scénario le plus pessimiste, sans politique climatique. Les conséquences seraient alors non seulement économiques, mais aussi sanitaires, avec une amplification des îlots de chaleur urbains et de la pollution de l'air. A cet égard, les vagues de chaleur évolueront vers des épisodes plus chauds et plus longs, de pair avec le nombre de nuits tropicales où les températures dépasseront les 20°C. *In fine*, les villes méditerranéennes créeront leur propre climat du fait d'une forte densité urbaine, d'un milieu fragilisé par les constructions en bordure littorale et d'un recours accru à la climatisation.

Elles constituent ainsi des laboratoires d'analyse du changement climatique, tout l'enjeu consistant à pouvoir quantifier les effets des îlots de chaleur urbains pour tendre vers la ville durable en termes de morphologie, de politique énergétique, d'usage des matériaux, d'agencement des espaces verts, etc.

Dans le droit fil de ces recherches, Elodie Briche et ses associés ont fondé la start-up INTI Urban Climate afin de créer un prototype sur Marseille d'alerte précoce pour faire face au risque de canicule en ville et à ses impacts sanitaires, économiques, sociétaux et environnementaux. Grâce à la mise en place d'une plateforme regroupant plusieurs couches d'informations, une prévision météorologique sur plusieurs jours, l'intégration de la morphologie urbaine, ainsi que des informations sociales et sanitaires, INTI est en capacité de répondre à tous les enjeux liés à la canicule en milieu urbain à fine échelle.



**Elodie BRICHE**  
Groupe d'experts  
sur le climat  
en PACA  
(GREC PACA)  
- INTI Urban  
Climate

# OPÉRATIONS D'HABITAT COLLECTIF NEUF DE PLUS DE 2 ANS

LE RÔLE INDISPENSABLE DES STD DANS L'ADAPTATION CLIMATIQUE

« Le confort thermique représente un enjeu fort pour le secteur du bâtiment dans les années à venir. » a souligné **Frédéric Bœuf, ingénieur conseil et fondateur de Surya Consultants**. En effet, l'absence de prise en compte de cet élément et de l'occupant dès la phase de conception conduit à réaliser des bâtiments certes, techniquement et économiquement performants en phase d'étude, mais générateurs de dérives au niveau des consommations énergétiques en exploitation (modification de la température de consigne, ajout de climatiseurs individuels ou bas de gamme, ajout de radiateurs individuels mobiles, etc.). Le « performance gap » est ainsi susceptible de varier d'un facteur de 2 à 10 selon le comportement de l'usager. « Si nous oublions le confort, la performance d'exploitation ne sera pas au rendez-vous. » a insisté Frédéric Bœuf.

C'est la raison pour laquelle les outils de Simulation Thermique Dynamique (STD) ont été développés. Ils sont de plus en plus performants et permettent de s'approcher des conditions d'utilisations réelles dès lors qu'ils s'appuient sur des hypothèses cohérentes avec la réalité. En permettant de modéliser à la fois les questions énergétiques et de confort, ils aident à définir les meilleurs compromis de conception. Cela étant, les outils de conception n'ont pas vocation à (et ne doivent pas) remplacer le concepteur, dont la réflexion doit guider les simulations.

Le recours aux STD intervient dès la phase APS pour :

- définir l'enveloppe, les objectifs et contraintes du projet,
- qualifier la qualité bioclimatique de la conception,
- évaluer le confort intérieur estival et hivernal,
- optimiser les solutions techniques et architecturales,
- évaluer les besoins du bâtiment et estimer les consommations des équipements techniques (CVC éclairage, etc.).

Ce travail de modélisation en amont permet d'apporter aux architectes les informations nécessaires à la juste conception afin que le confort et la performance énergétique atteignent les résultats escomptés.

Afin d'illustrer l'apport des outils de STD dans la conception de bâtiments confortables en été, Frédéric Bœuf a présenté deux retours d'expériences de bâtiments livrés et exploités dans le cadre de la démarche BDM : le MasCobado à Montpellier et le Château d'eau à Miramas. En termes de méthodologie, le bureau d'études a été missionné dès l'APS jusqu'à l'EXE pour le premier, alors que la simulation thermique dynamique a été opérée en APD pour le second pour des principes constructifs quasi équivalents. Les hypothèses des deux projets ont été élaborées selon une approche proche de celle de la réglementation thermique, sur la base d'une occupation variable et différenciée par pièce, et d'apports internes importants. Par ailleurs, la densité d'occupation est bien inférieure à l'hypothèse du label passif, reconnu pour la qualité de ses hypothèses et son approche plus centrée sur la physique. Les hypothèses de ventilation sont supérieures à la réglementation, avec une surventilation de l'ordre de 2 à 5 vol/h selon les projets, mais difficile à quantifier en l'état de développement des outils. Les différentes simulations n'ayant pas intégré d'épisode caniculaire, il serait intéressant d'intégrer ce paramètre afin

de vérifier la réponse des bâtiments face à cette contrainte et définir les éventuelles stratégies correctives à mettre en place.

En termes de résultats, l'ensemble des logements du MasCobado atteint des objectifs de confort estival intéressants (moins de 60 heures à plus de 28°C), à l'exception d'un logement qui cumule 225 heures d'inconfort. Néanmoins, ce risque avait été identifié en conception principalement en raison de l'orientation du bâtiment, de l'absence de protection solaire et de l'impossibilité de surventiler correctement (logement mono-orienté).

Pour le Château d'eau, aucun objectif n'a été défini, mais le confort des occupants a fait l'objet d'une réflexion. De grandes différences de valeurs ont été observées lors des journées d'inconfort, selon le type de volets installé.

A l'issue d'une année d'exploitation, les prévisions du bureau d'études se sont concrétisées au MasCobado. Dans le cas de Château d'eau, le rafraîchissement par surventilation nocturne s'est avéré moins efficace que prévu. En outre, l'hypothèse de surventilation a été surestimée pour les deux projets, l'usage réel des ouvertures n'étant pas celui, idéal, pris en études.

Par ailleurs, alors que MasCobado affiche de bons résultats en étude et en conception, le retour de confort des usagers est globalement chaud, même s'ils déclarent avoir moins chaud que dans les logements occupés précédemment. Il en est de même pour Château d'eau.

Au niveau des relations entre les acteurs, les alertes des bureaux d'études n'ont pas pu être prises en compte, ce qui a donné lieu à des travaux correctifs dans l'un des logements de MasCobado. De plus, les deux projets ayant été étudiés après validation globale des architectes, les bureaux d'études n'ont pu prendre part que de façon limitée à la conception globale de l'enveloppe, au dimensionnement des protections solaires, etc. Ces constats soulèvent quelques interrogations sur la place de ces interlocuteurs et de l'outil STD dans la conception, leur intégration plus en amont dans les projets, la co-conception des formes architecturales et de la façade, etc.

En conclusion, Frédéric Bœuf a fait valoir que la STD est un outil incontournable d'analyse du confort, bien qu'il soit toujours difficile de qualifier le débit de surventilation nocturne et les vitesses d'air. En tout état de cause, elle requiert un cahier des charges commun et des hypothèses réalistes et partagées, ainsi qu'un meilleur partage et une valorisation accrue de ses résultats.



**Frédéric  
BŒUF**  
Surya &  
Ecole des  
Mines

# ATELIER 1: confort d'été et bâtiments tertiaires

**José Coelho, chef de Projets, bureau d'études Oasiis,** a présenté un premier retour sur le confort d'été de trois collèges situés dans le Var, réalisés dans le cadre d'un partenariat public/privé. Ces trois projets ont porté des ambitions environnementales fortes tant au niveau du confort (thermique, visuel et de qualité d'air intérieur) que de la maîtrise de l'énergie ou de l'usage de matériaux biosourcés. Cette volonté a ainsi été récompensée par des distinctions BDM, Effinergie+ et BBC Effinergie Rénovation.

Livré en février 2018, le collège L'Herminier de La-Seyne-sur-Mer reprend, tant pour les bâtiments rénovés que pour les extensions, les principes de base de la conception bioclimatique tels que l'isolation thermique par l'extérieur, des casquettes, des protections solaires verticales complétées par des stores intérieurs, etc. Le confort thermique d'été est assuré pour sa part par une CTA double flux, avec rafraîchissement adiabatique pour l'administration, et des ouvrants de ventilation naturelle asservis à des sondes thermiques qui mettent à profit les vents d'orientation E/O. Un système de GTB a été mis en place pour piloter les différentes fonctionnalités des bâtiments. Consolidée par la STD, la stratégie mise en œuvre pour le confort d'été privilégie les principes passifs et s'appuie par ailleurs sur le comportement des utilisateurs, qui ont été sensibilisés au besoin de ventilation. Les autres points forts du collège sont le recours aux énergies renouvelables, le confort visuel, la qualité d'air intérieur, le recours au bois, un planning et un budget maîtrisés, ainsi qu'un suivi d'exploitation sur 25 ans.



Ouvrage neuf livré en février 2018, le collège de l'Estérel à Saint-Raphaël présente une isolation thermique par l'extérieur en fibre de bois et des protections solaires adaptées aux orientations des différentes façades (verticales, casquettes et films solaires). La stratégie pour le confort



thermique d'été est également pilotée par GTB. Elle s'articule autour d'une CTA double flux avec rafraîchissement adiabatique pour l'administration, d'ouvrants de ventilation naturelle débouchant sur des cheminées thermiques et de brasseurs d'air pour les bureaux. La STD et la modélisation aérodynamique CFD consolident ces choix. A l'instar du collège L'Herminier, le collège de l'Estérel compte parmi ses autres points forts le recours aux énergies renouvelables, le confort visuel, un suivi d'exploitation, etc. mais surtout un effort particulier de communication en direction des élèves et du personnel.



Le collège Geneviève De Gaulle-Anthonioz à Carcès, livré en juillet 2017, applique les mêmes principes bioclimatiques que ceux précédemment présentés (isolation thermique extérieure, protections solaires adaptées aux orientations, etc.). Le confort thermique d'été est assuré notamment par une CTA double flux et des ouvrants de ventilation naturelle asservis pour les verrières du bâtiment d'enseignement général et du gymnase, ainsi que par un système de « geocooling ».

Dans l'attente des résultats des collèges de La Seyne et de Saint-Raphaël en 2019, les premiers retours des mesures réalisées entre mars et juin 2018 sur le collège Geneviève De Gaulle-Anthonioz sont prometteurs. Aucune problématique d'inconfort de mi-saison et d'été n'a été remontée à ce stade pour le bâtiment d'enseignement général grâce aux protections solaires. Les températures sont restées inférieures à 26°C au RDC et en R+1, alors que la STD prévoyait plus de 100 h au-dessus de ce seuil. En R+2, les brise-soleil ont été efficaces et l'ouverture des verrières a permis d'évacuer l'air chaud. Le recours au « geocooling » ne s'est pas avéré nécessaire, ce qui a permis de conserver plus longtemps les frigories captées durant l'hiver.

En conclusion, il est à noter le travail d'équipe entre les différents acteurs dès l'esquisse, incluant les entreprises d'exécution et le mainteneur, qui ont adopté une approche environnementale durable au-delà du seul confort d'été. Les projets ont mis en œuvre des solutions efficaces et passives, centrées sur une approche bioclimatique, avec une consolidation par des simulations thermiques dynamiques et aérodynamiques. Enfin, ces trois opérations de qualité ont été menées de front, avec un budget et un planning maîtrisés.

## ÉCHANGES AVEC LA SALLE

En réponse à une question sur l'intérêt du PPP comme vecteur du travail en équipe, José Coelho a davantage valorisé la volonté de réunir autour d'une même table des équipes de conception, d'exécution et de maintenance afin d'apporter davantage d'intelligence au projet, peu importe le cadre contractuel.

Concernant les consommations, José Coelho a confirmé l'existence d'un suivi, qu'il n'a pas encore eu l'occasion d'analyser.

Sur le taux de CO<sub>2</sub>, José Coelho a indiqué que cet indicateur n'était pas spécifiquement suivi. Cela étant, une attention particulière a été accordée à la qualité de l'air : renouvellement d'air à hauteur de 25 m<sup>3</sup>/h (au-delà du seuil minimum réglementaire fixé à 18 m<sup>3</sup>/h) ; choix de revêtements intérieurs et mobiliers à faibles émissions de COV et formaldéhydes, confirmées par des mesures à la livraison de chacun des collèges.



Collège 400 de Païamboué  
(Koné, Nouvelle-Calédonie)

Toujours dans le champ du tertiaire public et éducatif, **Gabrielle Raynal, gérante et chef de projets, bureau d'études DOMENE**, a présenté le REX du collège 400 à Koné, en Nouvelle-Calédonie. Situé dans un talweg, cet établissement bénéficie d'une approche bioclimatique et énergétique inspirée des prescriptions Ecolac. Il s'inscrit dans le cadre d'une démarche qualité environnementale en terre kanak, avec une architecture mélanésienne qui valorise des matériaux locaux écologiques et innovants (bois, terre crue, etc.).

Compte-tenu du profil environnemental demandé et du contexte climatique (climat tropical océanique), il a été décidé d'opter pour une implantation en partie haute des versants du talweg et parallèle à l'écoulement des eaux, avec des bâtiments reliés par des passerelles. Le projet a fait l'objet d'une réflexion poussée sur l'isolation des bâtiments et la ventilation naturelle. L'orientation a été travaillée en fonction de la dominante des alizés.

Pour l'orientation NO-SE, le choix s'est porté sur des ouvrages en pisé stabilisé qui accueillent des espaces clos avec trois types de gestion du confort (climatisation, brasseurs d'air ou espaces 100 % traversant).

Pour l'orientation E-O, le bois constitue la composante majeure des bâtiments. La gestion du confort est assurée par des stores intérieurs et des brasseurs d'air. Les salles de classe, distribuées par des coursives, sont traversantes.

S'agissant des retours usagers, il est à noter :

- une forme architecturale qui interpelle, car les collèges publics

présentent des architectures variées, rarement bioclimatiques, le plus souvent en béton,

- une architecture qui laisse une possibilité d'appropriation aux utilisateurs (installation de toiles dans la cour en sus des préaux, etc.),
- une défiance vis-à-vis de l'ouvrage architectural et à la passerelle, trop longue selon les enseignants et certains élèves,
- l'éloignement de l'infirmerie par rapport aux salles de classe.

En termes de consommation énergétique, le profil de consommations électriques prévu par les études STD était de 16 kWh/m<sup>2</sup> par an, soit une estimation en-deçà des usages réels qui se sont élevés à 29 kWh/m<sup>2</sup> par an. Les consommations électriques augmentent nettement en saison chaude, ce qui marque l'influence de la climatisation et des brasseurs d'air dans les consommations.

Les différences observées entre les prévisions de consommations énergétiques et les données mesurées s'expliquent notamment par :

- l'absence de prise en compte des postes cuisine et bureautique dans les calculs,
- des masques solaires (arbres) en nombre insuffisant, notamment au niveau des murs en pisé qui reçoivent un rayonnement solaire direct constant,
- la raréfaction des alizés durant la période d'évaluation liée au dérèglement climatique et les occultations dans les salles de classe qui ont pesé sur la ventilation naturelle tout en augmentant les besoins d'éclairage,
- l'absence de toitures sur plots qui augmente l'exposition au rayonnement solaire de la cinquième façade, en compensation de l'abandon des toitures végétalisées,
- une GTB inutilisée par manque de moyens techniques et financiers, alors que cet outil permettrait de détecter les consommations anormales et les postes énergivores afin d'y remédier.

Enfin, une enquête menée auprès des utilisateurs a identifié une ambiance de travail légèrement trop chaude corroborée par une modification significative du climat local (baisse des alizés, augmentation des températures moyennes par rapport aux normales saisonnières).

## ÉCHANGES AVEC LA SALLE

Sur la performance des bâtiments en pisé par rapport aux ouvrages en ossature bois, Gabrielle Raynal a confirmé l'intérêt de ce matériau dès lors qu'une protection solaire des façades et de la toiture, de préférence végétale, y est associée.

Concernant l'enveloppe budgétaire, Gabrielle Raynal a fait part de surcoûts liés au recours au pisé qui est un matériau atypique, mais le budget a été maîtrisé. Par ailleurs, la reconnaissance de ce projet au TERRA Award a permis de demander à la maîtrise d'ouvrage locale le lancement d'une mission de suivi de fonctionnement qui a bénéficié au REX.

Sur l'application de la démarche Ecolac à un bâtiment tertiaire, Gabrielle Raynal a précisé que certains matériaux prévus n'ont pas été utilisés.

A l'issue d'une brève présentation du bureau d'études et du bâtiment d'origine retenu, **Eric Hutter, directeur d'INEX**, a indiqué que l'objectif consistait à concevoir un bâtiment à l'image de l'entreprise et à faible impact environnemental, qui fasse office de « laboratoire » d'idées et de solutions. Ce projet a ainsi obtenu le 1<sup>er</sup> prix du 4<sup>ème</sup> plan de Rénovation Durable Bâtiment tertiaire en Île-de-France.

Face à une esthétique discutable et un bilan défavorable de 450 kWhep/m<sup>2</sup> par an, la réponse architecturale a consisté à ajouter deux niveaux supplémentaires à l'existant et à revoir intégralement les façades, avec une isolation naturelle en laine de bois et l'installation de protections solaires. Au niveau du confort, l'enjeu a consisté à organiser une réponse adaptée pour les quelques semaines froides et chaudes observées au cours d'une année. A cet égard, il a été décidé de ne pas installer de climatisation et de privilégier le « free cooling », les brasseurs d'air et le rafraîchissement adiabatique. Il s'agit ici de prévenir le réchauffement du bâtiment, ce qui suppose l'implication des occupants.

La ventilation mécanique est assurée par deux CTA (hiver et été) double flux à récupération d'énergie et moteurs basse consommation, avec des débits adaptés à l'occupation du bâtiment. Au niveau de la ventilation naturelle, les occupants peuvent ouvrir les fenêtres en fonction des besoins. Grâce aux plateaux traversants, le balayage de l'espace est efficace et permet de contrer les inconforts de mi-saison. Les brasseurs d'air installés au-dessus de chaque poste de travail sont activés en

fonction de l'échauffement de la journée.

Le bâtiment est équipé de nombreux appareils de mesure, dont les résultats sont affichés sur un tableau de bord qui permet à chacun de contrôler la consommation des locaux. En cas d'anomalie, il est possible de repérer rapidement un problème et d'y remédier depuis un poste de travail.

Par ailleurs, afin d'obtenir le label BEPOS, des panneaux photovoltaïques de 100 m<sup>2</sup> ont été installés, ainsi qu'une pergola en panneaux bi-verre. Un stockage intersaisonnier est également en place. Cette solution hybride est dimensionnée pour couvrir jusqu'à 20 % des besoins. La végétalisation et la valorisation des ressources disponibles, notamment l'eau pluviale, complètent ce dispositif.

Les retours des occupants recueillis dans le cadre d'une enquête interne sont positifs, 92 % des participants étant satisfaits du confort thermique estival. 12 % d'entre eux conservent même des vêtements « chauds ». En période d'occupation, la température oscille en effet entre 24,5 et 28,0°C selon les niveaux. Lors de l'enclenchement de la CTA estivale, les températures intérieures arrêtent d'évoluer et stagnent. Enfin, lorsque les locaux sont vides, l'ouverture des fenêtres permet de redescendre à 20°C. Avec une énergie consommée de 43,7 kWhep/m<sup>2</sup> par an pour une énergie produite de 46,8 kWhep/m<sup>2</sup> par an, les conditions fixées par le label BEPOS ont été respectées. A l'instar de l'exercice 2017, le bilan RT2012 devrait être positif en 2018.





## ÉCHANGES AVEC LA SALLE

En réponse à une question sur un éventuel recours au « free cooling » complété par la CTA estivale la nuit, Eric Hutter a précisé que seul le premier outil était utilisé, hormis durant la période caniculaire de 2016 où l'adiabatique a également fonctionné en période d'inoccupation.

Sur le risque d'effraction, Eric Hutter a indiqué que les équipements oscillo-battants sont positionnés en partie haute et préviennent toute intrusion.

Concernant le coût du projet de rénovation, Eric Hutter a précisé que celui-ci était de l'ordre de 2 500 €/m<sup>2</sup>, mobilier compris. La Région et l'ADEME ont subventionné le projet à hauteur de 140 €/m<sup>2</sup>.

Sur l'utilisation de la GTB et l'automatisation des ouvrants, Eric Hutter n'a pas douté de l'efficacité de ce système, mais a mis en avant les problématiques de coût et d'entretien associées, en particulier dans les établissements scolaires où les budgets de maintenance s'avèrent de plus en plus contraints. Tout l'enjeu consiste à faire en sorte que l'utilisateur s'implique dans le confort thermique.

Toujours sur le confort et le recours à l'automatisation dans les établissements scolaires, un intervenant a souligné l'existence d'un besoin au regard des disparités d'usage constatées, parfois au sein même d'un bâtiment. Un autre intervenant a fait valoir la nécessité d'accompagnement, voire l'effort de pédagogie à consentir, afin que l'utilisateur prenne conscience de l'impact de son comportement. Enfin, un dernier intervenant a souligné que l'automatisation n'implique pas pour autant la subordination des occupants, qui dispose toujours d'une possibilité de dérogation. En tout état de cause, l'information de l'utilisateur est incontournable et indispensable.

Pour sa part, Hervé Carloz a considéré que la réussite d'un projet tient au savant dosage entre l'autonomie de l'utilisateur et la correction de ses défaillances. Il s'agit d'humaniser la GTB et d'associer l'utilisateur à son bon fonctionnement, ce qu'a confirmé Eric Hutter.



**José COELHO**

Bureau d'études  
Oasiis



**Gabrielle RAYNAL**

Bureau d'études  
DOMENE



**Eric HUTTER**

INEX



**Daniel FAURE**

Animateur

## ATELIER 2 : confort d'été et ventilation

« Dans le contexte du confort d'été, dès lors qu'on parle de ventilation, on s'intéresse en fait à la partie émergée de l'iceberg. » a affirmé en préambule **Robert Célaire, ingénieur énergie & environnement**. Certes, la ventilation est essentielle, mais le confort d'été doit faire l'objet d'une démarche globale qui comprend bien d'autres éléments et problématiques conceptuelles telles que la maîtrise de l'ICU (îlot de chaleur urbain), la conception des espaces extérieurs, notamment la végétalisation, la mise en œuvre d'une stratégie globale de protection solaire, la conception de l'inertie, la maîtrise des apports thermiques internes au bâtiment, et l'usage de technologies de rafraîchissement à faible consommation, ce travail devant être conduit en utilisant des outils de simulation adaptés.

Le comportement de l'utilisateur, l'appropriation qu'il fait de son bâtiment et la réponse à ses attentes en matière de confort global sont également fondamentaux. A titre d'exemple, à la livraison du bâtiment entièrement bioclimatique du siège du Parc National de Guadeloupe, le fait d'avoir informé au préalable, en phase APD, les occupants qu'ils vivraient, selon les simulations dynamiques faites à la conception, un léger inconfort thermique entre 12 % et 15 % du temps passé dans les locaux, mais que le fait de ne pas installer de climatisation permettrait de financer des prestations qualitatives (construction en bois, végétalisation, fontaine intérieure,...) a conduit, *a posteriori*, à un taux de satisfaction (observé par une enquête) extrêmement élevé après un an de vie dans le bâtiment. A cet égard, il importe de travailler sur le confort global (visuel, olfactif, acoustique etc.) qui permet de contrebalancer partiellement le léger inconfort thermique et de favoriser le recours à des aménagements davantage respectueux sur le plan environnemental.

Enfin, Robert Célaire a incité à développer, dans les projets, une approche bioclimatique soucieuse d'équité pour l'ensemble des usagers en matière de confort global.

**Nicolas Piot, responsable du secteur CVC, SEGE Montpellier**, a présenté un retour d'expérience sur la surventilation dans le cadre du projet Freevent, financé par l'ADEME, qui a donné lieu à l'édition d'un guide de conception.

Afin de garantir autant que possible le confort d'été en se passant de la climatisation, notamment dans les bâtiments neufs ou rénovés, la surventilation - notamment la surventilation nocturne - constitue une stratégie de confort d'été à valoriser par son potentiel de déstockage de l'énergie thermique accumulée pendant la journée. L'efficacité de cette stratégie a ainsi été évaluée sur plusieurs opérations.

■ Pour les bureaux situés à Labège (31), la surventilation par ouvrants motorisés la nuit permet de décharger de 2°C, conformément aux études de conception initiale (hypothèse pessimiste). Cette performance, obtenue au terme de deux ans de réglages, donne satisfaction aux utilisateurs, sachant que les températures dépassent rarement les 26°C en fin de journée dans ce bâtiment bioclimatique à forte inertie.

■ Pour les bureaux situés à Valence (26), la surventilation s'appuie sur un extracteur fonctionnant de 22h à 7h du matin, et il est demandé aux occupants d'ouvrir les fenêtres à leur départ. Le système est efficace mais peut générer un inconfort froid, et les utilisateurs n'ouvrent donc plus leur fenêtre. Les gains potentiels ne sont donc pas réalisés à cause de ces fenêtres fermées. L'ajout de sondes de température est donc préconisé afin de stopper la surventilation lorsque la température souhaitée est atteinte, ainsi qu'une sensibilisation des usagers à l'importance de l'ouverture des fenêtres.

■ Pour une crèche située à Vitrolles, du fait de la sous-estimation par les concepteurs des apports solaires et internes en journée dans la conception du bâtiment, et d'un potentiel de ventilation naturelle insuffisant, le potentiel de décharge nocturne n'est pas valorisé. Une climatisation a donc été installée en sus, alors qu'il aurait été plus judicieux de compléter le dispositif avec des ventilateurs ECM et d'améliorer la protection solaire.

■ Pour un dojo situé dans l'Ain, non conçu initialement pour de la surventilation, plusieurs interventions ont été nécessaires afin de tenter de créer une surventilation avec le matériel existant, son débit et sa régulation. L'amélioration du confort a été obtenue au détriment de l'EER. Ces résultats mettent en évidence l'importance d'un bon dimensionnement initial.

■ Pour une maison individuelle en Haute-Garonne, malgré un excellent EER, le rafraîchissement fourni par la ventilation double flux est insuffisant. Un débit de surventilation nettement supérieur serait donc nécessaire, particulièrement dans les chambres.

Le bilan général de ces retours d'expérience montre que la surventilation doit être prévue dès l'origine du projet, et qu'en général, elle ne palliera pas les manquements dans l'optimisation bioclimatique du bâti. En climat méditerranéen, elle ne sera une solution viable que sur des bâtiments qui sont réellement bioclimatiques, où ont été optimisées les charges externes et internes.

Un cycle de conférences réalisé dans le cadre de ce projet Freevent a également permis de prendre connaissance de retours de professionnels sur la surventilation.

**Mohamed Abdesselam, directeur du bureau d'études SOLENER, Frédéric Nicolas, architecte, et Eric François, ingénieur chercheur, CEA Cadarache/LITEN** ont présenté le retour d'expérience du siège de l'INES, fruit d'un véritable travail d'équipe. Objet d'un concours européen d'architecture lancé en 2007, Helios est un bâtiment tertiaire emblématique, zéro énergie fossile, zéro émission de CO2 et zéro fluide frigorigène. De conception bioclimatique, il présente une architecture compacte, héliotropique, avec des façades différenciées et dynamiques ainsi qu'un atrium central qui est le poumon thermique du bâtiment. Incliné à 30° sur l'horizontale, la grande aile orientée plein sud est équipée de capteurs thermiques.





Il s'agit d'un bâtiment technique comportant de nombreux laboratoires et locaux à fortes charges internes, ce qui nécessite en conséquence une ventilation et un rafraîchissement. Pour ce faire, les concepteurs se sont appuyés sur les exigences énergétiques imposées, à savoir des consommations annuelles inférieures à 27 kWhEP/m<sup>2</sup>/an et l'utilisation de l'énergie solaire afin de couvrir *a minima* 40 % des besoins. Les parois sont donc fortement isolées et les apports sont optimisés grâce à la différenciation des façades, qui jouent un rôle de filtre entre les climats extérieur et intérieur. Au nord, la façade d'accès à l'édifice est composée de locaux techniques que recouvre le plus grand cadran solaire à réflexion du monde. A l'ouest, la façade réagit selon l'heure de la journée. Le dispositif de protection en verre sérigraphié qui joue le rôle de brise-soleil est motorisé et relié à une horloge pour que les lames soient toujours orientées face au soleil. La façade sud présente un grand débord de toiture. Enfin, la façade est pourvue d'un système d'étagères à lumière. Chaque baie est pourvue de stores, manœuvrables à souhait.

L'atrium central, lieu de convivialité et de rencontres, maximise l'éclairage naturel, réduit les déperditions et favorise la ventilation naturelle avec un bardage bois/métal.

Le rafraîchissement est ainsi assuré par une ventilation naturelle avec une surventilation nocturne. Des ouvrants ont été positionnés en façade, entre les bureaux et les circulations intérieures, ainsi qu'avec l'atrium. En sus du système de GTC (gestion technique centralisée) en charge des ventelles, il est possible pour les utilisateurs de manipuler les ouvrants dans les bureaux. Enfin, le bâtiment dispose d'une forte inertie thermique permettant d'absorber les pics de chaleur en période estivale.

Les mesures réalisées au niveau de l'atrium ont confirmé un gain de l'ordre de 5 à 6°C entre la température extérieure et la température intérieure en été en partie basse, de 4 à 5°C en partie médiane. Il en est globalement de même dans les bureaux, y compris en période caniculaire. Le taux de renouvellement de l'air est supérieur à 30 ACH (*air changes per hour*) dans l'atrium, dès lors que tout est ouvert. En tout état de cause, le fonctionnement du bâtiment et son pilotage donnent satisfaction.

**Catherine Morel, directrice du CAUE de la Réunion**, a présenté le travail mené en collaboration avec l'Agence Qualité Construction (AQC) relatif à des retours d'expériences collectés grâce au dispositif

« REX Bâtiments performants » conçu et développé par l'AQC, au sujet de la ventilation naturelle à la Réunion. Le but de cette étude était de faire ressortir 12 enseignements majeurs concernant la ventilation naturelle, afin d'en identifier les freins et bonnes pratiques, que ce soit au niveau de la conception, de la réalisation ou de l'utilisation par les usagers auxquels ces bâtiments sont destinés. « Qu'est-ce qui fait que l'utilisateur va ouvrir ses fenêtres pour être en situation de confort » ?

Les enseignements de cette étude sont multiples depuis la question de la densité qui peut générer un réel inconfort (vis-à-vis, intimité, bruit, insécurité, etc.) relevant de l'adéquation commande/conception, jusqu'aux points de réalisation qui peuvent sembler anodins mais sont essentiels comme l'accessibilité des manœuvres d'ouverture. Les simulations thermiques dynamiques (STD), pour donner lieu à des résultats tangibles, doivent absolument être assorties d'une information continue et efficace des usagers.

Les retours d'expériences ont été collectés sur 46 bâtiments exemplaires et performants au travers d'audits et d'entretiens avec les acteurs clés et les usagers. Ils ont permis d'identifier 12 enseignements phares destinés à favoriser la ventilation naturelle.

- Prendre en compte le risque d'intrusion dès la conception, en privilégiant les dispositifs de protection qui autorisent la circulation d'air.



- Prévoir des menuiseries et des volets d'utilisation aisée, au dimensionnement adapté.
- Concevoir en tenant compte des besoins d'intimité des occupants avec, par exemple, des dispositifs architecturaux en façade de types persiennes coulissantes.
- Prendre en compte le risque d'intrusion dès la conception, en privilégiant les dispositifs de protection barreaudés qui autorisent la circulation d'air.
- Prévoir des menuiseries et des volets d'utilisation aisée, au dimensionnement adapté.
- Concevoir en tenant compte des besoins d'intimité des occupants avec, par exemple, des dispositifs architecturaux en façade de types persiennes coulissantes.
- Intégrer les problématiques d'acoustique spécifiques aux coursives, en optant pour des circulations qui desservent un ou deux logements ou en utilisant des matériaux à faible résonance au niveau des paliers.

- Intégrer les problématiques d'acoustique générales liées à l'environnement extérieur en installant des espaces tampons.
- Veiller au bon emplacement des brasseurs d'air en respectant les hauteurs sous pales.
- Choisir des brasseurs d'air de qualité, adaptés au logement et équipés d'une commande à variateur de vitesse.
- Prévoir l'accessibilité et l'entretien des espaces végétalisés.
- Choisir le type de végétation en fonction de l'environnement, en privilégiant notamment les plantes endémiques.
- Concilier protection contre la pluie et ventilation naturelle.
- Tenir compte de la nature et de la couleur des matériaux proches des ouvertures pour éviter qu'ils ne réchauffent l'air de ventilation.
- Sensibiliser régulièrement les occupants pour garantir le bon fonctionnement de la ventilation naturelle.

« *A bâtiment passif, occupant actif* » est le slogan à répéter régulièrement a conclu Robert Célaire.



## ÉCHANGES AVEC LA SALLE

Sur la gestion de l'acoustique entre les bureaux et les circulations dans le bâtiment Helios, Frédéric Nicolas a précisé que la grille de ventilation était doublée d'un volet permettant d'affaiblir la résonance.

En réponse à une question sur la légère variation de l'implantation du bâtiment par rapport à l'orientation N/S, Frédéric Nicolas a fait valoir qu'il s'était appuyé sur un optimal entre les exigences urbanistiques d'alignement et un héliotropisme optimal, sans incidence significative sur le plan énergétique et sur le plan du confort thermique.

En réponse à une question sur le pilotage de l'atrium, Frédéric Nicolas a mis en avant les possibilités d'aération installées au nord et au sud de la verrière, complétées par des ombrières. Ces équipements sont activés en fonction des retours des sondes de température et du rayonnement solaire mesuré. Il est à souligner également l'efficacité de la végétation, qui participe à l'ambiance, au rafraîchissement de l'air et à la sensation de bien-être global.



**Robert CELAIRE**  
Animateur



**Nicolas PIOT**  
SEGE Montpellier



**Mohamed ABDESSELAM**  
Bureau d'études SOLENER



**Frédéric NICOLAS**  
Architecte



**Eric FRANÇOIS**  
CEA Cadarache/LITEN



**Catherine MOREL**  
CAUE de La Réunion

## ATELIER 3 : confort d'été et habitat

Préalablement à la présentation du retour d'expérience de deux maisons individuelles sans climatisation à moins de 25°C durant l'été, **Pascale Biotteau, A4 Architecture**, a souligné le travail de sensibilisation des occupants qui se sont ainsi véritablement approprié les bâtiments et leur conception passive.

■ Dotée d'une ossature bois, d'un plancher béton et d'une isolation en laine de bois, la première maison, située à Luynes, dispose d'une ventilation double flux, d'un chauffe-eau à ballon thermodynamique et d'un poêle à bois. Tout un travail a été conduit sur les protections solaires (volets roulants à lames orientables) avec les habitants, qui les utilisent à bon escient et qui souhaitent les automatiser afin d'orienter les lames en fonction de l'ensoleillement. Coût annuel tous fluides confondus y compris granulés 960 € TTC.

■ La seconde maison, située à Aix-en-Provence, bénéficie quant à elle d'une isolation en paille de lavande broyée pour les murs extérieurs et le toit. Hormis un poêle, à peine utilisé, l'intégralité des installations est électrique. Grâce à son inertie, ce bâtiment joue favorablement sur les consommations énergétiques. La ventilation s'appuie sur un système simple flux avec récupération pour ECS, le chauffage est de type PAC air-air. Coût annuel tous fluides confondus y compris gaz pour cuisson <= 1000 € TTC.



Maison individuelle  
(Aix-en-Provence,  
Bouches-du-Rhône)

Courtois Energie Conseil développe des applications de « monitoring » pour les bâtiments, qui intègrent différentes technologies de mesures adaptées à la configuration locale, avec un accompagnement personnalisé du client a indiqué **Jean-Marie Courtois, fondateur du bureau d'études Courtois Energies Conseil**. A travers l'application « Spectr@ solutions », qui comprend l'installation de compteurs d'énergie, de sondes, d'outils de suivi en temps réel, etc., l'objectif commun est la réduction des consommations d'énergie tout en permettant l'amélioration du confort des habitants.

Dans le cadre de sa stratégie d'amélioration de la performance énergétique et de contribution au développement durable, le bailleur social UNICIL a donc fait appel au Bureau Courtois Energie Conseil afin d'assurer le suivi d'une opération de rénovation à Digne-les-Bains. Celle-ci a concerné le lotissement Champourcin comprenant 44 villas de type T4 et T5, qui ont bénéficié de travaux d'isolation thermique par l'extérieur et d'isolation des combles, d'installations de portes et fenêtres double vitrage en PVC, installation de pompes à chaleur individuelles air-eau, de VMC hygro-réglables de type B, etc. Les villas ont été équipées de 6 comptages d'électricité et 2 comptages d'énergie thermique.

Concernant le bilan de l'instrumentation, un premier suivi des températures intérieures vs températures extérieures est en place. Les données d'énergie thermique relative au chauffage doivent être validées précisément. Il reste à décliner le suivi du COP des pompes à chaleur, caractériser l'influence de l'hygrométrie et à mettre en œuvre un suivi au plus près des températures extérieures adapté au lotissement. Il conviendra ensuite de caractériser la performance en examinant la consommation en kWh, hors eau chaude sanitaire, par rapport à l'évolution du DJU en hiver, ce qui permettra de définir les alertes d'anomalies de fonctionnement.

Le montant total des travaux de rénovation s'est élevé à 2 M € HT pour l'ensemble du lotissement, dont 1 M € pour l'isolation thermique par l'extérieur. Ils ont permis une diminution de la facture d'électricité d'environ 25 % pour chaque villa, ainsi qu'une amélioration du confort d'hiver et d'été, surtout en partie étagée grâce à l'isolation des combles. Le DPE (diagnostic de performance énergétique) après rénovation a fait état d'une performance par logement de 96 Kwh en énergie primaire par m<sup>2</sup> et par an. Ce projet a donc donné toute satisfaction aux habitants, et ce sans augmentation de loyer.



### ÉCHANGES AVEC LA SALLE

Revenant sur l'utilisation de la paille, Pascale Biotteau a précisé que la structure interne des murs était croisée afin que l'isolation soit optimale, l'inconvénient étant le poids. Le surcoût de ce matériau s'est élevé à 30 000 €.

Sur la gestion de la maison, l'occupant étant non-voyant, la domotique a été simplifiée au maximum a expliqué Pascale Biotteau. Le propriétaire s'est également adapté à l'utilisation des brise-soleil orientables et la protection solaire a toujours été efficace.

Concernant le vide sanitaire de la première maison, Pascale Biotteau a évoqué une isolation en surface.

Sur le chauffage de chacune des maisons, Pascale Biotteau a indiqué que les besoins étaient relativement faibles, sachant que les apports solaires passifs suffisent largement. L'objectif consistait à récupérer la chaleur et à la redistribuer au mieux. La double flux distribue l'air chaud complété par la production des deux chauffe-serviettes à régler à 21°C.

## ÉCHANGES AVEC LA SALLE

S'agissant de la régulation des températures, Jean-Marie Courtois a précisé que chaque villa compte des thermostats qui communiquent en bluetooth à l'intérieur.

Sur le chauffage des villas, Jean-Marie Courtois a souligné qu'il est nécessaire de conduire un travail complémentaire afin d'analyser précisément les données thermiques recueillies. Par ailleurs, outre le DPE, il a préconisé la mise en œuvre d'un suivi précis de la performance et des consommations électriques à caractériser par rapport au DJU local.

Concernant l'interaction avec les usagers, Jean-Marie Courtois a indiqué qu'à terme, chaque occupant aura accès aux données de sa villa et il conviendra alors de les sensibiliser sur les bons comportements à adopter. Un intervenant a d'ailleurs considéré que ce point devrait faire l'objet d'une politique de communication à définir avec le bailleur et à valider avec les locataires.

Afin d'identifier les atouts et les contraintes de la nouvelle réglementation thermique de construction au Maroc, un appel à projets a été lancé dans le cadre de l'appui financier de l'Union Européenne au Programme National d'Efficacité Énergétique dans les bâtiments. Neuf projets ont été retenus, dont le projet pilote de logements Fal El Hanaa auquel a participé **Zakaria Sadik, pilote du bureau d'études Alto Eko**. Soutenue par l'Agence Marocaine pour l'Efficacité Énergétique (AMEE) et l'ADEME, cette opération a été subventionnée à hauteur de 80 % du surcoût de l'investissement dans les solutions d'efficacité énergétique. Elle présente également une forte connotation sociale car elle a permis de reloger plus de 400 familles vivant auparavant dans des bidonvilles.

L'architecture bioclimatique retenue pour le programme participe à la réduction des besoins énergétiques pour le chauffage, la climatisation et l'éclairage. Différents types d'isolation ont été retenus, associés à des doubles vitrages, pour un surcoût de l'ordre de 10 €/m<sup>2</sup>. La production d'eau chaude est assurée par des panneaux solaires, ce qui neutralise le coût des calories produites pour les locataires.

Un suivi a été opéré afin d'identifier les retours d'expérience en termes de confort thermique d'hiver et d'été, de difficultés, de contraintes, de gains en exploitation, etc. A ce titre, pour une température extérieure de 38°C, les températures intérieures demeurent inférieures à 28°C, hormis pour les pièces situées en façade ouest.

Sur les 77 immeubles de l'ensemble immobilier, 32 comptent des installations de climatisation, du fait de leur construction antérieure au versement de la subvention en faveur de l'efficacité énergétique. En outre, par les usages et les pratiques en vigueur au Maroc, les ménages ont tendance à installer dès leur arrivée un climatiseur. Leur sensibilisation apparaît donc essentielle pour garantir une utilisation optimale des logements, mais aussi influencer sur l'esthétique urbaine et lutter contre les ICU.

La facture énergétique s'est également réduite de 60 %, soit un montant de l'ordre de 18 €/mois pour un appartement de 65 m<sup>2</sup> environ.



## ÉCHANGES AVEC LA SALLE

Sur la conformité des opérations immobilières à la nouvelle réglementation thermique marocaine, Zakaria Sadik a expliqué que l'AMEE s'appuie sur un logiciel de calcul pour délivrer une attestation de conformité et autoriser toute construction. Néanmoins, le suivi sur site fait encore défaut.

Sur l'utilisation des isolants, Zakaria Sadik a indiqué que le Maroc est l'un des producteurs de liège. Cependant, les contrôles en vigueur en limitent l'usage.

En réponse à une question sur l'existence de mesures incitatives d'accélération de la rénovation, Zakaria Sadik a évoqué plusieurs programmes en faveur de l'installation de panneaux solaires, de réhabilitation de bâtiments administratifs ou liés au contrat de performance énergétique.



**Pascale BIROTTEAU**  
A4 Architecture



**Jean-Marie COURTOIS**  
Courtois Energie Conseil



**Zakaria SADIQ**  
Bureau d'études Alto Eko



**Sophie GENTIL**  
Animatrice

# LE BÂTIMENT DURABLE AU MAROC

## RÉNOVATION BIOCLIMATIQUE D'UNE MAISON DANS LA MÉDINA DE RABAT ET LOGEMENTS FAL EL HANAA

La dernière décennie a été celle des grands chantiers d'infrastructures et d'habitat au Maroc a indiqué **Zakaria Sadik, pilote du bureau d'études Alto Eko**. En parallèle, le Royaume s'est engagé dans une politique d'efficacité énergétique et dans la promotion des énergies renouvelables dans la droite lignée de la COP22. Face à la dépense énergétique du pays, une démarche d'efficacité énergétique s'impose pour réduire à la source les consommations, notamment dans les secteurs de l'industrie et du bâtiment. Dans ce cadre, la loi n°47-09 a pour objet d'augmenter l'efficacité énergétique dans l'utilisation des sources d'énergie, d'éviter le gaspillage, de contribuer au développement durable, etc. Sa mise en œuvre repose principalement sur des exigences d'efficacité énergétique avec l'intégration de la conception bioclimatique, des études d'impact énergétique, des audits obligatoires et des contrôles techniques.

Le Règlement Thermique de Construction au Maroc prévoit donc pour les nouveaux programmes les caractéristiques des différentes composantes de l'enveloppe à atteindre selon les zones climatiques et le taux de baies vitrées.

Sa mise en œuvre s'est appuyée sur des projets démonstrateurs soutenus par l'Union Européenne et l'AMEE, avec une subvention totale ou partielle du surcoût des mesures d'efficacité énergétique appliquées aux bâtiments pilotes. Parmi ces projets, l'ensemble de bâtiments résidentiels Fal El Hana, qui bénéficie d'un accompagnement de l'ADEME, entend diviser par 2, voire 3, les besoins énergétiques d'un logement, en recourant notamment :

- à l'isolation de la toiture (polystyrène extrudé),
- à l'isolation des murs (perlite, laine de verre),
- au double vitrage (menuiseries coulissantes PVC),
- aux chauffe-eaux solaires (semi collectifs et collectifs thermodynamiques).

Au niveau du confort d'été, pour une température extérieure de 38°C, les températures intérieures varient de 26°C dans les chambres à 27,2°C dans le salon, selon les orientations. Il est ainsi possible de se passer de la climatisation pour se contenter de la ventilation naturelle. Malheureusement, tel n'est pas le cas pour les premières tranches du projet qui n'ont pu bénéficier de subventions.

Enfin, Zakaria Sadik a considéré que « *la réglementation marocaine reste insuffisante au regard des objectifs de réduction de la dépendance énergétique et de confort, qu'elle n'aborde pas encore.* ». Cela étant, la mise en œuvre concrète de cette stratégie d'efficacité énergétique contribue à diminuer l'impact des apports externes, donc à améliorer le confort intérieur. La ventilation naturelle, le tirage thermique et des couleurs de façades adaptées sont des axes à développer pour un projet bioclimatique tendant vers le zéro climatisation au Maroc.

**Myriam Soussan et Laurent Moulin, Archibionic**, ont présenté en vidéo le projet de rénovation d'un Riad dans la médina de Rabat. Transformé en loft triplex modulable 100 % autonome de 207 m<sup>2</sup>, ce logement s'inscrit dans une

démarche de développement durable innovante qui a permis de concevoir un habitat urbain indépendant des réseaux. Dès l'entrée dans les lieux, il est possible de percevoir le volume entier de la maison avec ses différents niveaux. Les occupants peuvent circuler dans plusieurs espaces ouverts les uns aux autres et capables de se refermer, de se transformer et de changer d'affectation. Au niveau supérieur, toutes les pièces sont transformables et reliées par des passerelles. La terrasse aménagée accueille les panneaux photovoltaïques qui font également office d'auvent au coin repas. Sur tous les pourtours se répartissent un potager et des pots pour les arbres fruitiers. Le jardin accueille le système de traitement des eaux grises ainsi que les accès au puits et à la citerne de récupération des eaux de pluie.

Parmi les procédés bioclimatiques assurant l'autonomie du Riad, il est à noter deux verrières en double vitrage, des murs à très forte inertie thermique (terre/pierre), une alimentation électrique photovoltaïque, une isolation de toiture en liège, le double vitrage, un système de filtration des eaux grises, etc.

En termes de confort thermique, les deux grandes verrières amovibles en double vitrage permettent un chauffage naturel l'hiver grâce à l'effet de serre lorsqu'elles sont fermées. Ouvertes, elles redonnent fonction aux patios avec une ventilation naturelle. En été, les températures intérieures sont de l'ordre de 25°C. L'usage de stores combiné à la végétation et à l'ouverture nocturne des baies, qui crée une ventilation efficace, permet de se passer de climatisation artificielle. En cas de forte canicule, le comportement inertiel du bâtiment est exploité au maximum, ce qui permet de maintenir une ambiance aux alentours de 27°C contre 40 à 45°C à l'extérieur durant 4 à 5 jours.



## ÉCHANGES AVEC LA SALLE

Concernant le coût des équipements du Riad, Bernard Cornut, ADEME, a précisé que celui-ci s'élevait à 20 000 € environ pour une autonomie complète.

En réponse à une question sur une éventuelle canicule prolongée, Laurent Moulin a répondu qu'il ne serait pas opportun de dimensionner un habitat pour ce type de risque, relativement exceptionnel, au Maroc. Les solutions passives existantes ont démontré leur efficacité sur quelques jours. La problématique concernerait davantage l'Asie et les zones saturées en air.

Sur la réglementation thermique marocaine, un intervenant a souligné les imperfections d'un texte qui s'inspire d'anciennes dispositions tunisiennes et françaises. A titre d'exemple, le RTCM ne prend pas en compte les problématiques de condensation et d'inertie thermique. Pour sa part, Zakaria Sadik a souhaité que les exigences d'efficacité énergétique valorisent davantage des solutions locales et adaptées au Maroc, telles que l'usage du liège.



**Zakaria SADIK**  
Bureau d'études Alto Eko



**Myriam SOUSSAN**  
Archibionic



**Laurent MOULIN**  
Archibionic

# 141 BÂTIMENTS DÉMONSTRATEURS À BASSE CONSOMMATION

ENSEIGNEMENTS SUR LE CONFORT THERMIQUE

Après une brève présentation du programme PREBAT « bâtiments démonstrateurs », **Jean-Alain Bouchet, chef de projet, CEREMA**, est revenu sur l'évaluation du confort thermique d'été pour rappeler que celui-ci « ne se mesure pas, mais s'évalue à travers des indicateurs tels que le nombre d'heures où la température est supérieure à 28°C ou le niveau de confort selon la norme EN NF 15251 relative au confort adaptatif ». Le confort thermique dépend également de la zone climatique et de la rigueur de la saison d'été. La perception de l'utilisateur est par ailleurs fonction de son activité, de son habillement, de son vécu, de ses habitudes, etc.

Au regard du nombre d'heures où la température est supérieure à 28°C, il s'avère que la moitié des bâtiments à basse consommation ne dépasse pas ce seuil. Néanmoins, 20 % des opérations sont confrontées à de réelles difficultés, plus souvent en habitat collectif qu'en maison individuelle. Selon la norme EN NF 15251, qui permet une évaluation plus fine du confort thermique en saison chaude, il ressort que l'inconfort n'est pas spécifiquement corrélé à la zone climatique.

Pour sa part, l'indicateur DIES, qui pondère l'intensité de l'inconfort par rapport à la satisfaction des occupants, ne fait apparaître que les situations d'inconfort marquées, relativement peu nombreuses.

En parallèle, des enquêtes ont été conduites auprès des occupants sur le confort d'été. Il en ressort qu'un quart des occupants ne sont pas satisfaits, en lien avec les mesures réalisées. Les insatisfactions portent sur la difficulté de gestion des apports solaires, des ouvrants et des occultants. Celles-ci s'expliquent par des systèmes inadaptés au contexte d'utilisation future, des interventions non souhaitées des occupants ou l'absence de coopération active, un manque de prise en compte du contexte externe (intrusion, intimité), etc.

Jean-Alain Bouchet a fait valoir que les bâtiments à basse consommation sont plus sensibles à la qualité de la gestion thermique d'été. Conçus de manière à capter les apports solaires en hiver et à les confiner avec les apports internes, ils requièrent une implication des occupants. Les pratiques de gestion thermique sont plus lourdes de conséquences que dans des bâtiments traditionnels. Elles nécessitent des compétences techniques et des connaissances culturelles, même si certaines pratiques sont ancrées en zone méditerranéenne (fermeture des fenêtres en journée, ventilation nocturne, etc.). A ce titre, l'ouverture des baies durant la nuit assure une ventilation naturelle particulièrement efficace et indispensable pour contrecarrer le confinement thermique. Toutefois, se posent des problèmes de surface effective d'ouverture des baies (manœuvrabilité, porosité des fermetures, etc.), de bruit extérieur, de sûreté, de risque météo, etc. Le guide de conception **Freevent**, fruit d'un projet multipartenarial, recense donc tout un ensemble de recommandations afin de concevoir et mettre en œuvre des systèmes de surventilation efficaces dans les bâtiments neufs et rénovés.

En conclusion, Jean-Alain Bouchet a insisté sur le fait que la gestion thermique d'été, par son essence socio-culturelle, doit être généralisée à l'ensemble du territoire.



## ÉCHANGES AVEC LA SALLE

Sur le bon usage des bâtiments basse consommation, un intervenant a appelé à une simplification des recommandations et de l'évaluation, tant pour les professionnels de la construction que pour les occupants. Jean-Alain Bouchet a souscrit à ce point de vue, tout en rappelant que les textes en vigueur ne réglementent pas l'usage d'un bâtiment. Pour sa part, un second intervenant a rappelé qu'en l'état actuel des choses, la réglementation et les prescriptions associées étaient pour le moins difficiles à appliquer, sinon inapplicables. Les bâtiments passifs étant plus délicats à piloter, ils nécessitent des occupants actifs a soutenu Jean-Alain Bouchet.

S'agissant de la complexité de l'indicateur DIES, Jean-Alain Bouchet a reconnu que son mode de calcul impactait sa compréhension.

Un intervenant a rappelé le caractère subjectif du confort d'été, qu'il conviendrait d'associer à la précision des évaluations et des simulations. L'essence de l'architecture bioclimatique est bien la prise en compte des sensibilités au moyen d'outils et de calculs de qualité.

Robert Célaire a invité à penser en termes de confort global, au-delà du seul confort thermique (« le bonheur existe en dessous de 19°C et au delà de 28°C »), qui permet par la même occasion de proposer des réponses performantes sur le plan énergétique car si cela peut coûter très cher financièrement et écologiquement de gagner quelques degrés, créer un environnement apaisé sur le plan acoustique, olfactif, visuel, psychologique (etc.) améliorera considérablement le confort global de manière durable. Il serait intéressant de croiser et de mobiliser des compétences diverses et variées dans le colloque 2019.



**Jean-Alain BOUCHET**  
CEREMA

# LE RAFRAÎCHISSEMENT DES VILLES : DE QUELLES CONNAISSANCES AVONS-NOUS BESOIN ?

ÉTUDE DE L'ADEME 2017

**Karine Lapray, co-gérante du bureau d'études Tribu**, a présenté le Plan Paysage Environnement (PPE) de Villeurbanne, fruit d'une large réflexion sur le rafraîchissement des villes.

Voté en 2012, le PPE de la Ville de Villeurbanne vise à favoriser la trame paysagère et la nature en ville. Il se compose de quatre orientations majeures, d'un plan guide pour chaque entité paysagère et de huit programmes d'actions prioritaires, qui ont été cartographiées en 2013. Une étude conduite en 2015-2016 a ensuite permis d'évaluer ce plan au regard de la climatologie urbaine.

Afin de travailler sur le rafraîchissement des villes et définir des plans d'actions, il convient de différencier les notions de surchauffe urbaine et d'îlot de chaleur urbain (ICU). La première est une problématique multiple, qui s'exprime de jour comme de nuit, avec des répercussions à l'échelle des villes comme à l'échelle du vécu d'un habitant, dans les espaces extérieurs et les bâtiments. Il s'agit aussi d'un enjeu de santé en période de canicule.

Pour sa part, l'ICU résulte d'une élévation localisée des températures, particulièrement des températures maximales nocturnes, enregistrées en milieu urbain par rapport aux zones rurales ou forestières voisines.

Dans ce cadre, les leviers d'action à disposition des communes concernent les paramètres surfaciques (évaporation, stockage de chaleur, etc.), anthropiques (pollution, émission de chaleur, etc.) et morphologiques (rugosité aux vents, piégeage du rayonnement, etc.). A partir d'un travail de croisement de données, Tribu a élaboré une cartographie de la contribution des tissus à la surchauffe urbaine. Sur cette base, le bureau d'études et la Ville ont défini les outils à mobiliser pour améliorer le climat et le microclimat urbain, notamment le PLU-H, les projets urbains, la gestion des espaces publics et les incitations/partenariats avec les autres acteurs de la ville (industriels, bailleurs sociaux, etc.).

Une seconde étude conduite en 2017-2018 consiste à approfondir ces outils et à les décliner en cinq axes majeurs : projets d'aménagement exemplaires, volet climatique du PPE, croisement des enjeux surchauffe urbaine/qualité de l'air, PLU-H (modifications futures) et aménagement des espaces publics. Le projet de la Ville de Villeurbanne s'est alors organisé autour d'un comité de pilotage, suivi par deux élus de référence, et d'un comité technique associant tous les services municipaux en vue de la mise en œuvre de solutions de rafraîchissement vertes et bleues (végétation arborée, végétation basse, façades végétalisées, plans d'eau, fontaines, etc.).

Pour évaluer les actions du PPE, Karine Lapray et son équipe se sont appuyés sur les indicateurs de surchauffe urbaine et de température ressentie, qui ont permis de comparer l'efficacité des différentes solutions vertes et bleues, ainsi que leur impact à travers une cartographie des corridors de fraîcheur. Il est ainsi possible de visualiser la contribution

des initiatives municipales au rafraîchissement urbain au fil des mandats et de fixer des objectifs pour les années à venir.

En parallèle, un travail a également été accompli sur le rapport bénéfice/coût des différentes techniques de rafraîchissement, ainsi que sur les co-bénéfices environnementaux (amélioration de la biodiversité, qualité de l'air, etc.).

A partir de là et en continuité du PPE, un plan d'actions environnementales a été défini, avec des actions transversales (plan « arbre », plan « ombre » et plan « eau ») et des actions ponctuelles par usage, type d'espace, etc. Des fiches pédagogiques ont également été rédigées en support à destination des services techniques.

Au titre des perspectives, Karine Lapray a évoqué l'élaboration d'un plan « équipements communaux », la définition d'une trame fraîcheur dans les espaces privés avec un enjeu fort dans les secteurs économiques et les actions de communication relative aux oasis de fraîcheur.



## ÉCHANGES AVEC LA SALLE

Sur la mobilisation des acteurs et la levée des résistances, Karine Lapray a mis en avant l'engagement des élus et des services municipaux. Un travail préalable d'explication et d'acquisition du vocabulaire a également été réalisé en amont.

Revenant sur le partenariat avec la Ville de Villeurbanne, Karine Lapray a précisé que la méthode s'est construite au fur et à mesure, parallèlement avec l'élaboration du PPE.

Sur le coût de l'étude, Karine Lapray a fait part d'un ordre de grandeur de 25 000 €, sachant qu'un travail d'accompagnement est indispensable.

Sur la possibilité de transfert thermique via le Rhône, Karine Lapray a évoqué un comportement divergent du fleuve, qui rafraîchit le jour mais réchauffe la nuit.



**Karine LAPRAY**  
Bureau  
d'études  
Tribu

# SYNTHÈSE DE LA JOURNÉE & CLÔTURE

L'édition 2018 de Bâti'Frais a invité ses participants à étudier les initiatives mises en œuvre de part et d'autre de la Méditerranée a rappelé Daniel Fauré. L'année 2019 sera celle de l'ouverture à d'autres territoires, mais aussi à d'autres notions telles que le dérèglement climatique ou à d'autres professionnels comme les assureurs et les réassureurs.

Florence Rosa s'est félicitée de la richesse des présentations et des retours d'expérience, qui ont confirmé tout l'intérêt et toute la pertinence de l'approche bioclimatique valorisée par EnvirobatBDM. Il en ressort la nécessité d'un travail sur les facteurs sociologiques et culturels. « *Il s'agit de mieux faire comprendre pour mieux transmettre les solutions existantes et à venir.* ». Il importe donc de poursuivre cette démarche de partage et de mobilisation de l'intelligence collective, car la réponse doit être globale.



**RENDEZ-VOUS**  
**LE 4 JUILLET 2019 À MARSEILLE**  
**POUR LA 5<sup>ÈME</sup> ÉDITION**  
**DE BÂTI'FRAIS**



## BAROMÈTRE DE SATISFACTION



### Vous avez apprécié...

- « Les retours d'expérience pour concevoir intelligemment dès les premières phases d'un projet »
- « La découverte de bâtiments de référence »
- « La haute qualité des interventions »
- « Les acteurs présents qui constituent un réseau précieux »

## GLOSSAIRE

- APD** : Avant-Projet Détaillé
- CFD** : Computational Fluid Dynamic ou modélisation dynamique du fluide
- CTA** : Centrale de traitement d'air
- COV** : Composé Organique Volatile
- CVC** : Chauffage, ventilation et climatisation
- EER** : Energy Efficiency Ratio ou coefficient d'efficacité frigorifique
- GTB** : Gestion technique du Bâtiment
- PPE** : Plan Paysage Environnement
- STD** : Simulation thermique dynamique



2018  
**BÂTI'FRAIS** Marseille  
 4<sup>ÈME</sup> COLLOQUE CONFORT D'ÉTÉ

Un événement organisé par  
**envirobat** *bcm*

En partenariat avec



Sponsors



Partenaires industriels



Partenaires presse



LES ACTEURS SUIVANTS ONT PARTICIPÉ AUX PROJETS PRÉSENTÉS À L'OCCASION DU COLLOQUE BÂTI'FRAIS (LISTE NON EXHAUSTIVE) ADEME - DRIF ■ ALTERNATIVES CONSTRUCTION ■ ANDRÉ BERTHIER ■ APAVE ■ ASCOMED ■ A4 ARCHITECTURE ■ BBG ARCHITECTES ■ BÉATRICE ET PASCAL LEPISSIER ■ BETREC ■ CABINET KLEIN ■ CEA ■ CFO/CFA ■ CMF ■ CNRS ■ COLOGEN (FILIALE D'EIFFAGE) ■ CONSEIL GENERAL DE LA SAVOIE ■ CONSEIL RÉGIONALE ILE DE FRANCE ■ CRATERRE - ENSA GRENOBLE ■ CRYSTAL ■ CVCD ■ C&E INGÉNIERIE ■ DÉPARTEMENT DU VAR ■ DOMENESCOPI ■ EIFFAGE CONSTRUCTION ■ EIFFAGE ENERGIE ■ EIFFAGE ROUTE ■ EIFFAGE SERVICES ■ ENVIE ■ EUROP'AIR ■ FAMIBAT ■ FREDERIC NICOLAS ■ GO ■ IDÉAM ■ INES ■ INEX ■ JOSEPH FRASSANITO ■ KAD'H ■ MARIE PARENTE ARCHITECTE ■ MASCHERPA ARCHITECTES ■ MICHEL REMON ■ MOHAMED MARJANE ■ MYRIAM SOUSSAN ET LAURENT MOULIN ■ OASIIS ■ PROVINCE NORD DE NOUVELLE-CALÉDONIE ■ RAMR ■ SAEML VKP ■ SBIE ■ SOLENER ■ SORANE ■ STAR RÉNOVATION ■ TECHNIP TPS ■ TECSOL ■ THERMOLAVANDE ■ UNIVERSITÉ DE SAVOIE ■ VERITAS ■ WILLER INGÉNIERIE ■ WSP