

jeudi  
4 juillet  
2019



2019

**BATI' FRAIS** Marseille

COLLOQUE CONFORT D'ÉTÉ

**CONSTRUIRE EN CLIMAT  
MÉDITERRANÉEN**  
100% retours d'expériences  
locales & internationales

Villes invitées :

Milan avec les tours « forêts verticales »  
par le Studio Boeri

et les cœurs d'îlot de Cordoue

Focus sur la végétalisation des bâtiments

« Bosco Verticale », architecte Stefano Boeri, Milan.

**SYNTHÈSES**

**CITY CENTER Vieux-Port**  
2, Rue Henri Barbusse - MARSEILLE 1<sup>er</sup>



Un évènement organisé par

envirobatbcm

En partenariat avec



Les partenaires médias



# PROGRAMME

## 8h30 ACCUEIL CAFÉ & VISITE DES STANDS

## 9h00 DISCOURS D'OUVERTURE

Christiane MARS, Présidente, EnvirobatBDM  
Représentant de la Région SUD  
Fanny VIOT, Directrice adjointe, ADEME PACA  
Rémi COSTANTINO, Secrétaire général Euroméditerranée  
Fabrice ALIM, Président du Club Immobilier Marseille Provence

## 9h15 CONFÉRENCE PLÉNIÈRE

9h15 - 10h00 **Intervention 1 : L'arbre comme environnement de L'architecture**  
Ernst ZÜRCHER, ingénieur forestier (grand témoin)

10h00 - 10h45 **Intervention 2 : Les tours «forêts verticales» de Milan**  
Anastasia KUCHEROVA, architecte Studio Boeri

## 10h45 PAUSE CAFÉ & VISITE DES STANDS

## 11h00-13h00 3 ATELIERS AU CHOIX

### ATELIER 1 : LE VÉGÉTAL ET LE BÂTIMENT

Animé par Sophie GENTIL

> Introduction : « La climatisation symbiotique : quels espoirs pour le confort thermique ? »  
Par Cédric GENTIL, ingénieur Polytech

> Retour d'expérience sur la mise en œuvre d'une toiture végétalisée réussie  
Par la Chambre Syndicale Régionale de l'Étanchéité

> Expérimentation sur 3 complexes de toitures végétales et 1 toiture témoin  
Par Remy BOURNIQUE, INSA LYON

> Conception de «Bosco Verticale» à Milan, les tours «forêts verticales» :  
technique d'intégration du végétal dans l'habitat collectif.  
Par Anastasia KUCHEROVA, architecte Studio Boeri

### ATELIER 2 : BÂTIMENTS PUBLICS DURABLES

Animé par Robert CÉLAIRE et Bijan AZMAYESH

> Réhabilitation de l'hôpital Hoche pour l'Université de Nîmes  
Projet nommé à l'Équerre d'Argent (prix d'architecture décerné par AMC, Le moniteur)  
Par Jean-Luc LAURIOL, architecte Agence Traverses

> Construction du gymnase du Lycée de Costebelle pour la Région Sud  
Par Thierry LOMBARDI, architecte (Architecture 54) et Gabrielle RAYNAL,  
bureau d'étude (AMO QEB Domene, accompagnatrice BDM). Projet reconnu BDM Or

> Construction de l'école Jean Carrière à Nîmes  
Projet reconnu BDM Or  
Par Stéphane GOASMAT, architecte GIA l'Atelier Méditerranéen

### ATELIER 3 : LE RAFRAÎCHISSEMENT LOW TECH

Animé par Daniel FAURÉ

Retours d'expérience sur 3 bâtiments : analyse des systèmes techniques les plus efficaces  
en matière de confort d'été, de végétalisation et de bâti.  
Par Thierry RIESER, ingénieur de l'École Centrale de Paris et gérant de la Scop Eneritech.

> Le siège social d'Eneritech, un bâtiment BEPOS Effinergie, BBKA et  
certifié E4/C2

> L'École des Ponts et Chaussées, un bâtiment labellisé Haute Performance  
Énergétique.

> Eco-quartier de la ZAC de Bonne, 850 logements, des commerces, une  
résidence étudiante... Un projet d'écoquartier français parmi les plus avancés  
dans les phases opérationnelles.

## 13h00 DÉJEUNER

## 14h00 CONFÉRENCE PLÉNIÈRE

14h30 - 15h00 **Intervention 1 :**  
**Retours d'expérience sur les projets BDM : confort & végétal**  
Par Carlos VAZQUEZ, architecte / EnvirobatBDM et Nicolas GUIGNARD,  
Pilote pôle ressources EnvirobatBDM

15h00 - 15h30 **Intervention 2 :**  
**Morphologie des cœurs d'îlot & régulation climatique par les plantes**  
Par Francisco CACERES CLAVERO et Juan José GUERRERO ALVAREZ  
du Gouvernement régional Andalou, Ville de Cordoue

15h30 - 16h00 **Intervention 3 :**  
**Rénovation paysagère des cœurs d'îlot**  
Par Mathieu GONTIER, responsable du site de Marseille à  
l'École Nationale Supérieure de Paysage (ENSP) Versailles - Marseille

16h00 - 16h30 **Intervention 4 :**  
**Économie des terres**  
Par Corinne VEZZONI, architecte Corinne Vezzoni et Associés

## 16h00-18h00 ATELIER EXPERT, Réservé aux collectivités (NOUVEAUTÉ 2019)

### > 16h00 - 16h15

Consolider des plans de rénovation patrimoniaux vertueux en économies d'énergie et  
environnement - Présentation d'outils récents d'aide à la décision par EnvirobatBDM

### > 16h15 - 17h00

Aide à la rédaction de cahier des charges pour construire ou rénover des bâtiments durables -  
Intervention du cabinet d'avocats Alcy Conseil sur les clauses juridiques des marchés publics.

### > 17h00 - 17h15

Accompagner un projet avec les démarches Bâtiments et Quartiers Durables Méditerranéens (BDM  
et QDM) - EnvirobatBDM

### > 17h15 - 17h30

Témoignage d'un maître d'ouvrage public sur un projet de groupe scolaire en démarche BDM -  
M. Thierry OCCELLI, Maire de la ville d'Opio

### > 17h30 - 18h00

Dispositifs relatifs à la rénovation énergétique du patrimoine public et autres appels d'offres pour  
construire durablement votre territoire - M. Yannick SCHIMPF, Directeur régional délégué en charge  
de l'investissement, Caisse des Dépôts et Consignations et intervention de la Région SUD Provence-  
Alpes-Côte d'Azur

## 16h00-18h00 ATELIER EXPERT, Réservé aux collectivités (NOUVEAUTÉ 2019)

## 16h30 SYNTHÈSE DE LA JOURNÉE

Florence ROSA, directrice - déléguée générale, EnvirobatBDM

## 17h30 SIGNATURE DE LA CONVENTION EnvirobatBDM - GRDF

En présence d'Olivier CLARAC, responsable d'agence PACA, GRDF

## 18h15 SOIRÉE REMISE DES TROPHÉES BDM (NOUVEAUTÉ 2019)

À la Poste Colbert

## & TOUTE LA JOURNÉE

> Des **exposants** qui viennent présenter leurs solutions

> Les **rencontres d'affaires B2Build**, pour des rendez-vous ciblés et privilégiés d'une durée de 20min !

# CONFÉRENCE PLÈNIÈRE D'OUVERTURE

## OUVERTURE PAR :

- > **Chantal LARROUTURE**, Présidente, EnvirobatBDM
- > **Fanny VIOT**, Directrice adjointe, ADEME PACA
- > **Rémi COSTANTINO**, Secrétaire général Euroméditerranée
- > **Fabrice ALIM**, Président du Club Immobilier Marseille Provence
- > **Anne CLAUDIUS-PETIT**, Région Provence Alpes-Côtes d'Azur
- > **Jean-Philippe BANZÉ**, Directeur du Développement de GRDF Sud-Est

## LES INTERVENANTS :



**Ernst ZÜRCHER**  
ingénieur forestier  
(grand témoin)



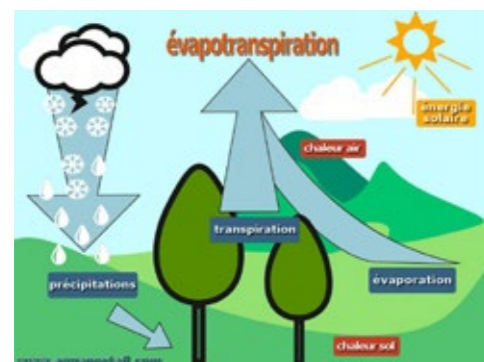
**Anastasia KUCHEROVA**  
architecte Stefano Boeri Architetti

## I. L'ARBRE COMME ENVIRONNEMENT DE L'ARCHITECTURE, par ERNST ZÜRCHER

Ernst ZÜRCHER remercie les organisateurs d'avoir invité les arbres à ce colloque sur le confort de l'habitat, le confort des villes. Il va essayer d'être l'ambassadeur des villes, qui ont beaucoup à enseigner et à faire comprendre aux hommes. Les hommes ne perçoivent pas à quel point les messages et les interfaces avec les arbres sont multifacettes.

La démarche proposée vise à concevoir l'arbre comme l'environnement de l'architecture. Cette présentation met en avant les sens, ceux connus tels l'ouïe ou l'odorat, mais aussi l'équilibre, le tonus, le sens du temps qui passe, le moi intérieur, l'harmonie, l'esthétique, la pleine conscience et la beauté.

Pour illustrer ses propos, Ernst ZÜRCHER projette un très beau tableau de Michel-Ange, *La Sibylle de Delphes*.



Illustration

Ernst ZÜRCHER définit la différence entre un arbre et une plante annuelle. Au lieu de produire uniquement des graines qui vont retourner à la terre, l'arbre génère des bourgeons, qui donnent lieu à des colonies végétales. Les arbres se rassemblent pour créer des forêts, lieux de biodiversité. Certains arbres mesurent plus de cent mètres, d'autres sont âgés de 5 000 ans.

L'apport des arbres pour le cycle de l'eau est aujourd'hui bien connu, aussi bien au niveau local - le petit cycle de l'eau - qu'entre les océans et les continents - le grand cycle de l'eau. Les arbres ne consomment pas l'eau qui serait utile à d'autres espèces. Les forêts absorbent les précipitations et la rejettent par évapotranspiration. Les forêts sont l'enveloppe de la Terre, elles peuvent aussi être celles des villes. En Allemagne, 45 % des précipitations sont ainsi renvoyées. Les arbres sont donc très intéressants sur le plan hydrique. La nature place des arbres dans toutes les zones possibles, dès que le sol et le climat s'y prêtent. L'homme a pris ces terres pour les cultiver.

### Exemple 2: Myers Street, Haymarket Carpark

Time:	5:00pm	Date:	24 February 2015	Ambient Temperature:	31 degrees Celsius
-------	--------	-------	------------------	----------------------	--------------------

Asphalt shaded by trees is 19 degrees Celsius cooler than unshaded asphalt.



Illustration

Ernst ZÜRCHER insiste sur le rôle très important joué par les forêts. Des forêts sont présentes sur l'axe équateur, notamment l'Amazonie, qui absorbe l'énergie solaire et restitue les précipitations par évapotranspiration. Ces cycles se reproduisent, permettant la création de rivières et rendant le continent nord-américain plus viable. Le climat sud-américain est humide grâce aux arbres. Si la déforestation continue, ces zones se transformeront en désert. La forêt doit être perçue comme une ceinture de protection de la Terre : elle est le cœur climatique de la Terre. Le climat local est également impacté positivement par la présence des forêts. Les arbres doivent être aussi nombreux que possible dans les villes.

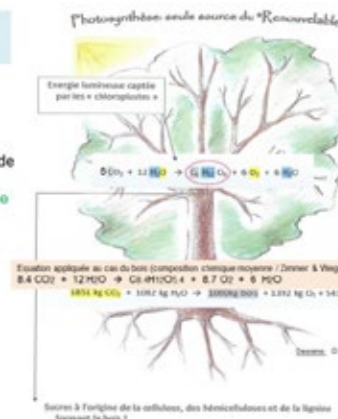
Une étude réalisée en Australie a mesuré la température de l'asphalte exposée au soleil, sous une température de 31 degrés, et celle de l'asphalte à l'ombre des arbres. La différence est de 19 degrés.

L'ombre des parasols n'est pas aussi efficace que celle générée par un arbre.

Les toits constituent des collecteurs gratuits des eaux de pluie qui doivent être optimisées. Il s'agit d'une ressource précieuse. La gestion de l'eau est une manière efficace de contrer le réchauffement climatique. Les arbres sont aussi capables de capter le dioxyde de carbone et de l'intégrer dans leur biomasse. Chaque tonne de bois représente ainsi 1 851 kilos de dioxyde de carbone capturés. La biomasse organique produit de l'eau et de l'oxygène.

### La particularité des arbres (ligneux)

Une masse de **1851 kg** de CO<sub>2</sub> atmosphérique est absorbée pour la formation de **1000 kg** de bois, à laquelle s'ajoutent **1392 kg** d'oxygène et **541 kg** d'eau nouvelle.



Illustration

Ernst ZÜRCHER projette des éléments en lien avec la vue, les jeux d'ombre et de lumière, les palettes de couleur. Les jeux d'ombre et de lumière favorisent la germination. Certaines couleurs sont facteurs de bien-être et permettent même de soigner des maladies. Les arbres démultiplient les espaces, embellissent les rues. Les arbres ne sont jamais seuls. Accompagnés par les insectes et les oiseaux, ils contribuent à la biodiversité. Le chant des oiseaux et la stridulation des insectes favorisent la croissance des arbres, avec un effet sur la physiologie végétale.

Ernst ZÜRCHER détaille les effets sur l'ouïe générés par les arbres, les fréquences vibratoires et électromagnétiques ressenties par les organismes. Les antennes de téléphonie mobile ont des effets négatifs sur la croissance des arbres. La G5, avec des impacts d'ondes courtes, engendrerait des risques plus élevés, avérés par des publications scientifiques. Le canton de Vaud, en Suisse, a interdit la G et demande à l'Organisation mondiale de la santé de piloter des études indépendantes. Le principe de précaution doit s'appliquer. Ernst ZÜRCHER évoque les odeurs générées par les arbres, le tilleul au mois de juin. L'odorat est le cerveau archaïque, les madeines de Proust. La qualité de l'air constitue un élément primordial. Les arbres augmentent l'ionisation négative de l'air, ce qui s'avère positif pour la santé.

Le goût est également concerné, avec des vergers urbains et le développement de cycles courts. Les arbres permettent de découvrir différentes saveurs. Les consommateurs ont un pouvoir à utiliser pour favoriser la terre crue et le bois.

Les arbres favorisent aussi le toucher. Pendant des siècles, les hommes étaient en contact avec la nature, ils se déplaçaient pieds nus. La remise à plat du corps humain et les relations avec les arbres permettent de réduire les états inflammatoires.

La vue sur les arbres est apaisante et favorise l'équilibre. Les écoles et les hôpitaux devraient tous s'ouvrir sur les arbres. Il est important de laisser les enfants jouer autour des arbres, grimper sur leurs branches. L'Homme doit retrouver un rythme, or les arbres apportent un rythme, y compris axé sur les phases lunaires.

Capturs et émetteurs de fréquences, les arbres favorisent la méditation et la pleine conscience, par phénomène de mise en phase. Tous ces éléments expliquent pourquoi l'Homme éprouve tant le besoin de se reconnecter aux arbres.

Les arbres sont aussi porteurs d'esthétisme. La spirale végétale apporte sa perfection géométrique. Les plantes recèlent le nombre d'or dans leur construction. C'est aussi le cas de l'Homme, comme en atteste l'homme de Vitruve de Léonard de Vinci, mais aussi de la distance entre la Terre et la Lune.



Ernst ZÜRCHER conclut que les arbres sont beaucoup plus proches de l'Homme que nous ne l'imaginons.

## II. LES TOURS « FORÊTS VERTICALES » DE MILAN - EL BOSCO VERTICALE par ANASTASIA KUCHEROVA

Anastasia KUCHEROVA se réjouit de participer à BâtiFRAIS, considérant que la France se préoccupe de plus en plus de l'environnement. La ville de Milan a aussi pris conscience de l'importance d'introduire du végétal dans le tissu urbain. Le Studio Boeri est connu internationalement pour ses tours végétales, comme le Bosco Verticale de Milan.

Anastasia KUCHEROVA diffuse une présentation illustrant l'impact urbain au niveau planétaire. L'emprise des villes est de plus en plus conséquente. Les zones urbaines ne cessent de s'étendre. La forêt est un allié pour éviter les impacts négatifs liés aux villes. La ceinture verte est développée aux environs de Milan, mais elle est trop éloignée de la ville pour avoir un impact.

Les villes sont aujourd'hui les principales responsables du réchauffement climatique, mais aussi les victimes. Il est possible de trouver un remède au sein même des zones urbaines, en reboisant les centres des villes. C'est en ce sens qu'agit le Studio Boeri, dans différents endroits du monde.

Le Bosco Verticale est constitué d'une forêt verticale très dense. Ce bâtiment devient un véritable écosystème engendrant des impacts positifs sur l'abaissement de la température, la réduction du dioxyde de carbone et le renforcement de la biodiversité. Vingt-cinq projets comme celui-ci apporteraient les mêmes bénéfices que Central Park à New York. Aujourd'hui, l'emprise urbaine ne permet plus de créer des grands parcs, ce qui renforce l'intérêt des forêts verticales.



Crédit Illustration

L'histoire du Bosco Verticale commence en 2007, lorsqu'un promoteur rachète une zone de Milan en friche avec l'objectif de construire deux tours. Au regard des enjeux environnementaux, la décision est prise de concevoir celles-ci en mettant l'accent sur le végétal. Le projet rassemble de nombreux métiers : botanistes, paysagistes, ingénieurs, architectes, etc.

En 2007, il s'agit d'un projet très novateur. Les impacts des arbres sur la structure ont été étudiés de façon très précise. La réflexion a aussi porté sur la gestion de l'eau. L'eau de pluie, les eaux utilisées par les appartements et les eaux souterraines sont utilisées, de façon automatisée. Les modalités d'entretien des espèces ont été intégrées dès la conception. Le choix des végétaux s'est avéré essentiel, car ce sont eux qui dessinent la façade. Les études ont aussi porté sur leur orientation et leur hauteur. Le Bosco Verticale comprend ainsi quarante espèces différentes, rigoureusement sélectionnées. Ce projet contraste avec l'environnement très urbain. La biodiversité a été renforcée, avec des nidifications d'oiseaux et la présence de nombreux insectes. L'entretien est réalisé par des jardiniers volants. Tous les habitants se sentent détenteurs d'un bien commun, ce qui est important pour la pérennité du projet.

Crédit Illustration

Le Studio Boeri a été assailli de demandes du monde entier, après la construction du Bosco Verticale. Six projets sont en chantier, d'autres sont à l'étude. Le Bosco Verticale est haut de gamme, d'autres projets s'avèrent moins onéreux. Les spécificités locales sont systématiquement prises en compte durant la phase de conception.

géral doit aussi être prise en compte dans la conception des villes nouvelles, intégrant des transports durables.

Anastasia KUCHEROVA souligne que le Bosco Verticale, qui séduit par son caractère novateur, a été présenté comme un projet emblématique lors de la COP 21 de Paris.

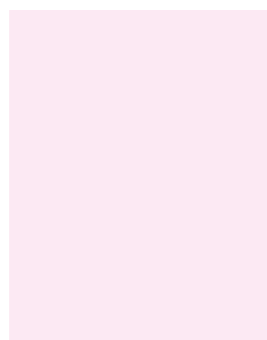
Anastasia KUCHEROVA présente des projets de forêts verticales sur différents continents, notamment en Chine, un pays dans lequel les grandes villes sont particulièrement polluées. La présence du vé-

# ATELIER 1 : LE VÉGÉTAL ET LE BÂTIMENT

## LES INTERVENANTS :



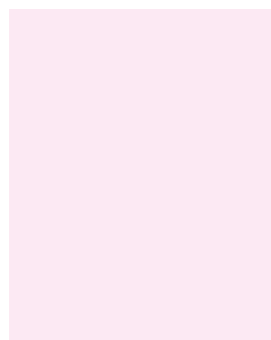
**Cédric GENTIL**  
ingénieur INSA  
Toulouse, bureau  
d'études SOWATT



**Florent GUILABERT**  
président d'Etphobat,  
CSRE & ADIVET



**Rémy BOURNIQUE**  
ingénieur d'études INSA  
Lyon, Le Prieuré végétal



**Jean-Christophe GRIMARD**  
directeur R&D  
du Prieuré végétal



**Anastasia KUCHEROVA**  
architecte Studio Boeri

Animé par Sophie GENTIL,  
bureau d'études SOWATT

Sophie GENTIL remercie les participants pour leur présence. Elle explique que ce premier atelier s'inscrit dans la continuité de la conférence plénière. BâtiFRAIS a pour principal objectif de mettre en lumière des actions réalisées, afin qu'elles puissent être dupliquées, mais également d'explicitier des axes de recherche.

## I. LA CLIMATISATION VÉGÉTALE SYMBIOTIQUE : QUELS ESPOIRS POUR LE CONFORT ? par Cédric GENTIL

Cédric GENTIL, qui est également ingénieur de l'INSA de Toulouse, explique que le projet qu'il décrit a été réalisé à l'école Polytech de Sofia Antipolis, avec le Génie de l'Eau et les étudiants. La démarche est partie de questions que se posaient les différents intervenants. Ceux-ci se sont par exemple demandé comment prendre en compte le fait que les climatisations génèrent à elles seules 30 % des besoins en climatisation. Les potentialités des eaux grises ont également été interrogées. L'étude a également souhaité apporter des éléments analytiques, afin de mettre en avant les atouts de la biodiversité dans le végétal. Les

étudiants ont étudié le phénomène d'évapotranspiration, les surfaces et les essences pertinentes pour la biovégétalisation. Les besoins en eau des plantes ont été corrélés avec la disponibilité des eaux grises du bâtiment à climatiser.

Le modèle retenu est un cercle symbiotique dans lequel chacun se rend service. L'eau grise humaine nourrit la plante, qui participe à la climatisation et ainsi à la qualité de vie. Il s'agit d'un outil itératif qui part des conditions météo, du sol. Ces éléments permettent d'obtenir les besoins en eau et la puissance de rafraî-

chissement horaire. Ces données sont alors corrélées avec la disponibilité des eaux grises et la surface à végétaliser disponible. La composition de l'espace végétal peut ainsi être déterminée. L'objectif est alors de mettre en place un système de climatisation adapté à un bâtiment qui met à disposition des eaux grises.

Dans le cadre de cette étude, le coefficient de culture ou Kc a été évalué, afin de déterminer le besoin en eau de la plante. Le profil de consommation horaire par essence d'arbre sur une durée de 24 heures a également été pris en compte. Dans tous les projets menés sur la zone méditerranéenne, les espèces retenues consomment peu d'eau, mais elles contribuent moins au rafraîchissement. Le rayonnement solaire global a aussi été intégré. Toutes ces données ont été intégrées dans un modèle mathématique conçu spécifiquement. L'étude comparative menée sur un conifère et un noyer prouve que le conifère s'avère beaucoup moins intéressant. Attendu qu'il consomme quatre fois moins d'eau, il va donc quatre fois moins absorber de chaleur et donc quatre fois moins rafraîchir le bâtiment. Globalement, les espèces retenues pour la végétalisation des bâtiments ne sont pas assez optimisées.

L'équipe projet espère maintenant obtenir des financements afin de réaliser des mesures, le modèle théorique nécessitant un recalage expérimental. Les flux de sève pourront notamment être corrélés avec la capacité d'évaporation de la plante. La consommation d'eau sera étudiée en fonction de la phase de croissance de la plante. Les Kc devront être affinés en fonction des spécificités régionales. A l'heure actuelle, l'effet multistrates n'a pas encore été pris en compte.

Sophie GENTIL explique que l'idée ultime consisterait à favoriser le travail des équipes effectuant de la simulation thermique-dynamique en concertation avec des développeurs, afin de valoriser l'impact réel du végétal sur le bâtiment.

Une participante demande si le caractère allergisant des espèces a été pris en compte.

Cédric GENTIL répond que cet aspect n'a pas été pris en compte dans le cadre de cette étude, bien que ce volet soit intéressant.

Sophie GENTIL explique que Cédric Gentil est à la recherche de partenaires pour poursuivre ses études.

## II. UNE MISE EN ŒUVRE DE TOITURE VÉGÉTALISÉE RÉUSSIE par Florent GUILABERT

Florent GUILABERT définit les différents types de toitures végétalisées.

Les toitures terrasses jardins, accessibles, possèdent une forte épaisseur de substrat ou de terre végétale. Soumises à de fortes charges, elles sont entretenues par des paysagistes.

Les toitures végétalisées semi-intensives et extensives, qui comptent un substrat inférieur à douze centimètres, sont encadrées par des règles très strictes.

Florent GUILABERT présente la réalisation d'une crèche municipale construite en 2012 dans les Bouches-du-Rhône. Ce bâtiment, accompagné en démarche BDM, a obtenu le niveau argent en phase de conception, réalisation et usage. Dans le cadre d'une démarche innovante, la mairie a mis à disposition son toit afin de tester plusieurs types de sedum pendant plus d'un an. La technique d'arrosage utilisée est la subirrigation - sous le substrat - qui permet de réaliser 60 d'économies d'eau.

Florent GUILABERT projette un plan de la toiture. Il s'agit d'un bâtiment en ossature bois, avec une importante isolation en laine de roche, organisé autour de trois patios et d'une terrasse technique. Le bâtiment a été livré en 2013. La quantité de sedum varie fortement en fonction des saisons et des années. A l'été 2016, il n'y en a presque plus. La toiture végétalisée pourrait être perçue comme un échec, elle est pourtant mentionnée dans de nombreuses publications comme une référence. Au printemps, les sedums croissent de façon assez importante.



Crédit Illustration



Crédit Illustration



Crédit Illustration

Florent GUILABERT explique que, depuis avril 2002, la profession s'est dotée de règles professionnelles relatives à la végétalisation des toitures terrasses. En septembre 2010, une notice d'utilisation à l'attention du maître d'ouvrage a été éditée. La disparition des sedums sur la toiture terrasse de cette crèche s'explique par le non-respect de ces règles. Ainsi, le système d'irrigation a été rapidement coupé dès l'été 2013, en raison d'une surconsommation. Par ailleurs, la mairie n'a pas souhaité conclure un contrat d'entretien des espèces végétales et n'a pas confié cette tâche à son personnel municipal pour des questions de sécurité. Il n'y a pas eu de pression populaire sur la mairie, attendu que cette terrasse n'était visible que de quelques logements sociaux. La visibilité d'un toit-terrasse végétalisé améliore généralement son entretien et donc sa pérennité.

Florent GUILABERT résume les critères qui garantissent la réussite d'un toit-terrasse végétalisé :

- Une volonté profonde du maître d'ouvrage ;
- Une étude préalable, le plus en amont possible dans la conception du projet ;
- Le respect des règles professionnelles (application, irrigation, entretien) ;
- Des travaux réalisés sous la responsabilité d'une entreprise d'étanchéité qualifiée.

Depuis 2014, il existe une nouvelle qualification de QUALIBAT, la 3292, qui garantit le professionnalisme des entreprises.

Florent GUILABERT met en avant les atouts de l'agriculture urbaine en toiture, qui pourrait constituer l'avenir des toits-terrasses végétalisés. Des recommandations professionnelles ont été rédigées et diffusées récemment par l'Association des toitures et façades végétalisées : l'ADIVET. Elles sont téléchargeables sur [www.adivet.net](http://www.adivet.net)

Sophie GENTIL souligne l'intérêt de présenter ce projet de toit-terrasse de crèche, car cette expérience non maîtrisée est riche d'enseignements.

Sophie GENTIL présente des retours d'expérience réussis : la toiture du lycée de la montagne Valdeblorre en pleine terre, qui requiert peu d'entretien, et celle du lycée Matisse à Vence, entretenue et arrosée par l'établissement.

Un participant indique qu'il a beaucoup appris grâce à la présentation de cet « échec » du toit-toiture de la crèche.

Un participant insiste sur l'importance du lien entre les paysagistes, les étancheurs et les maîtres d'œuvre pour assurer la réussite d'un projet.



BF2019\_Atelier1\_Toiture\_lycee\_Matisse\_Vence



BF2019\_Atelier1\_Toiture\_lycee\_montagne\_Valdeblorre

### III. EVALUATION DU COMPORTEMENT THERMIQUE DE TROIS SYSTÈMES VÉGÉTALISÉS EN TOITURE par Rémy BOURNIQUE et Jean-Christophe GRIMARD

René BOURNIQUE représente l'INSA de Lyon, et plus particulièrement le laboratoire DEEP, Déchets, Eau, Environnement et Pollution. L'INSA a développé avec le Prieuré le projet Gepeto, un complexe innovant de gestion des eaux pluviales en toiture.

Jean-Christophe GRIMARD, Directeur R&D du Prieuré, explique que Le Prieuré est une PME qui réalise depuis plus de trente ans des toitures végétalisées dans toute la France et à l'étranger. La société s'appuie sur l'expertise de l'INSA de Lyon pour valider des nouveaux modèles. La présentation aborde des aspects techniques, objectifs à partir de mesures sur des toits végétalisés ou non.

Comme chacun sait, l'urbanisation est galopante. Les villes sont de plus en plus minérales et imperméables, en raison du développement des sols artificiels. Le changement climatique s'additionne à ces phénomènes, engendrant une spirale négative. Le cycle de l'eau se modifie, avec des ruissellements de surface, engendrant de dégâts urbains, l'engorgement des réseaux et des risques d'inondations, de plus en plus violentes. Les polluants sont entraînés jusqu'aux points bas des villes. La pluie est vécue comme un adversaire, alors qu'elle devrait être perçue comme une ressource.

Les experts de l'urbanisme et de l'eau préconisent la conception de villes de plus en plus perméables, poreuses, permettant à la pluie de s'infiltrer dans les sols. Le végétal permet de dissiper la pluie par le haut, en misant sur l'évaporation. Ces phénomènes contribuent à faire respirer les villes.

Les toitures végétalisées requièrent un entretien adapté. Elles permettent d'exploiter la pluie en mode vertical, retenant environ 50 % de la pluie. Cependant, leur capacité d'absorption est limitée. Le débit d'évacuation et le stockage de l'eau ne peuvent pas être optimisés.

A partir de ce constat, Le Prieuré a développé un nouveau concept de toiture végétalisée stockante et régulante, testé avec l'INSA de Lyon. L'étude a consisté à comparer des toitures végétalisées conventionnelles au nouveau système. Celui-ci inclut, sous le bac pré-cultivé, un bac de stockage d'eau qui récupère l'eau évacuée dans les périodes de saturation. Des mèches de capillarité permettent de remonter l'eau aux plantes. Un régulateur permet d'éviter les débordements.

Remy BOURNIQUE détaille les expérimentations. Le laboratoire DEEP s'est concentré sur la mesure des performances hydrologiques des toitures végétalisées, à savoir les quantités d'eau rejetées dans les réseaux et les débits. Dans un second temps, des mesures thermiques ont été réalisées afin de déterminer l'impact des solutions du Prieuré sur le bâtiment et son environ-

nement. Un site expérimental a été déployé à Nyons, en banlieue de Lyon, instrumenté avec une station météo. Il comptait quatre modules, trois végétalisés avec la solution standard et la solution innovante.



BF2019\_Atelier1\_Experimentation\_3\_systemes\_toiture

Les résultats prouvent que la toiture végétalisée retient 60 % de l'eau de pluie sur la première année, la toiture avec la solution innovante 80 %. La toiture nue génère des débits très importants, 180 litres/seconde par hectare contre 30 litres/seconde pour la toiture innovante. Aucun débordement n'a été identifié au niveau de celle-ci. Toutes ces observations permettent de déterminer un schéma hydrologique efficient. En moyenne, la végétation apporte quatre degrés de fraîcheur supplémentaire, et jusqu'à neuf degrés avec la toiture innovante. L'été, l'inertie technique réduit l'amplitude thermique sur 24 heures de 60 degrés à 23 degrés.

Rémy BOURNIQUE précise que l'expérimentation thermique présente des limites, qui ne permettent pas une extrapolation sur l'intérêt global des solutions mises en œuvre.

Jean-Christophe GRIMARD souligne que la combinaison de la toiture végétalisée et de la gestion des eaux pluviales génère un îlot de fraîcheur avéré sur le bâtiment et une valorisation de la pluie. Un tel système engendre des bénéfices induits, avec la réduction de l'arrosage, l'augmentation de la biodiversité en ville, la valorisation du bâtiment et l'augmentation du bien-être des résidents.

Sophie GENTIL met en exergue la synergie qui s'opère entre les entreprises et les chercheurs.

Sophie GENTIL note que l'eau constitue une problématique importante, qui pourrait constituer l'un des sujets d'un prochain BâtiFRAIS.

## IV. CONCEPTION DE « BOSCO VERTICALE » À MILAN, LES TOURS « FORÊT VERTICALES », TECHNIQUE D'INTÉGRATION DU VÉGÉTAL DANS L'HABITAT COLLECTIF

par Anastasia KUCHEROVA

Anastasia KUCHEROVA présente le projet des tours du « Bosco Verticale », qui compte 800 arbres, 480 habitants, 650 oiseaux et 2 000 plantes. Il a été guidé par la volonté de vivre en harmonie avec la nature. Un arbre a été proposé comme résident de la ville de Milan. Le projet s'inspire aussi des cabanes dans les arbres, dans lesquelles chacun a eu envie de vivre durant son enfance. Un film avec des témoignages est diffusé.

Anastasia KUCHEROVA explique que « Bosco Verticale » est constitué d'immeubles très haut de gamme. Vivre dans un habitat aussi dense est un choix pour ces personnes dont les revenus leur permettraient de résider dans une maison à la campagne. Cette opération est totalement connectée à la ville de Milan, près de toutes les commodités.

L'aménagement intérieur a été géré par les habitants, de façons différentes. La source du projet réside dans le rêve, y compris au niveau technique. Sans cet aspect onirique, « Bosco Verticale » n'aurait certainement pas vu le jour, car l'effort technique était très élevé. Les espèces choisies sont très diverses, afin de permettre une végétalisation durant les douze mois de l'année, offrant toute une palette de couleurs. Les autres critères de choix sont la dimension non allergène des plantes, la tolérance aux conditions urbaines et l'absence de fruits trop volumineux, afin d'éviter leur chute. L'orientation et la hauteur de chaque plante ont été étudiées avec précision. La biodiversité adaptée permet de protéger les plantes, sans utiliser de pesticides.

En quatre ans, le volume de la verdure a doublé. La double-peau végétale permet de diminuer la température et donc de réduire l'utilisation de la climatisation l'été. Les plantes protègent du vent et atténuent les bruits. La première année, 1 000 coccinelles ont été déposées ; elles sont devenues des habitantes du « Bosco Verticale ».

Quatre jardiniers-volants parcourent les façades et entretiennent les végétaux deux fois par an, sans passer par les appartements. Le coût de la maintenance s'élève à 60 euros par an et par mètre carré. Des grues télescopiques sont positionnées à demeure sur le toit, pour les opérations de maintenance courante, mais aussi les interventions plus exceptionnelles. L'irrigation est assurée par un système de goutte-à-goutte. Ces bâtiments sont très visités par des personnalités du monde politique ou culturel. Des élus américains ont déjà fait connaître leur intérêt pour de tels projets. Le studio Boeri a partagé, au moyen d'un guide, toutes les connaissances accumulées depuis 2014, afin de favoriser le développement de tels projets, qui préfigurent le futur. Anastasia KUCHEROVA se réjouit que le végétal soit de plus en plus présent dans le bâtiment.



BF2019\_Atelier1\_Bosco\_Verticale

## ATELIER 2 : BÂTIMENTS PUBLICS DURABLES

LES INTERVENANTS :



**Jean-Luc LAURIOL**  
architecte Agence Traverses



**Thierry LOMBARDI**  
architecte, Architecture 54



**Gabrielle RAYNAL**  
bureau d'étude AMO QEB Domene, ac-compagnatrice BDM)



**Stéphane GOASMAT**  
architecte GIA, l'Atelier Méditerranéen

Animé par Robert CELAIRE, Ingénieur enseignant à l'ENSA Montpellier, et Bijan AZMAYESH de l'atelier Ostraka

Robert CELAIRE souligne que la Terre paie les actions de quelques générations. Les personnes réclament de la climatisation. Il voit dans cette situation un aveuglement regrettable et sûrement un peu « hexagonocentré », si l'on prend comme références les températures supérieures à 50 degrés que subit l'Afrique. Sur ce continent, le réchauffement climatique rend l'accès à l'eau encore plus difficile.

Le réchauffement urbain est particulièrement exacerbé. La climatisation à tout-va n'est pas la solution. Les fluides frigorigènes contribuent à la destruction de la couche d'ozone. L'installation de climatiseurs dénature l'architecture. Ils sont souvent assemblés par des femmes ou des enfants surexploités. Ces conséquences sociales et humaines doivent être prises en considération.

Robert CELAIRE considère que, dans des bâtiments bien conçus, il est possible d'éviter la climatisation dans 90 % des cas. Différentes réponses architecturales existent.

Il y a aussi des réponses adaptatives, par exemple en proposant de suspendre le travail des usagers lorsque la température dépasse les trente degrés dans un bâtiment. Le triathlon marseillais « sieste, pétanque, apéro » pourrait ainsi constituer une réponse au réchauffement climatique.

Robert CELAIRE insiste sur les potentialités que génèrent les arbres, au regard des climatiseurs, qui ne présentent pas d'autres atouts que la génération de froid. Les arbres favorisent notamment la biodiversité.

Bijan AZMAYESH met en exergue la nécessité de se souvenir qu'il est normal d'avoir chaud l'été et froid l'hiver. Il présente un cas concret, celui de l'Iran, un pays semi-désertique où l'eau est peu présente. Cette eau est valorisée dans des espaces maîtrisés et contrôlés en vue d'apporter de la fraîcheur dans un cheminement urbain. Au sein de l'habitat, un espace frais fait l'objet d'adaptations spécifiques. L'architecture de tels pays est source d'inspiration.

## I. RÉHABILITATION DE L'HÔPITAL HOCHÉ POUR L'UNIVERSITÉ DE NÎMES par Jean-Luc LAURIOL

Robert CELAIRE indique que le projet de réhabilitation de l'hôpital Hoche a été nommé à l'Équerre d'Argent.

Jean-Luc LAURIOL présente le projet de transformation de l'ancien hospice de Nîmes du XIXe siècle en pôle universitaire. Ce projet a été mené dans une optique bioclimatique, en vue d'apporter du confort à la communauté universitaire. L'avenir de l'architecture bioclimatique est bien l'architecture, avec les mises en proportion, doublé d'une culture constructive architecturale.

Jean-Luc LAURIOL diffuse des photos illustrant l'état de l'hospice avant le chantier et les ajouts au fil du temps.



BF2019\_Atelier2\_Hospices\_Nimes1

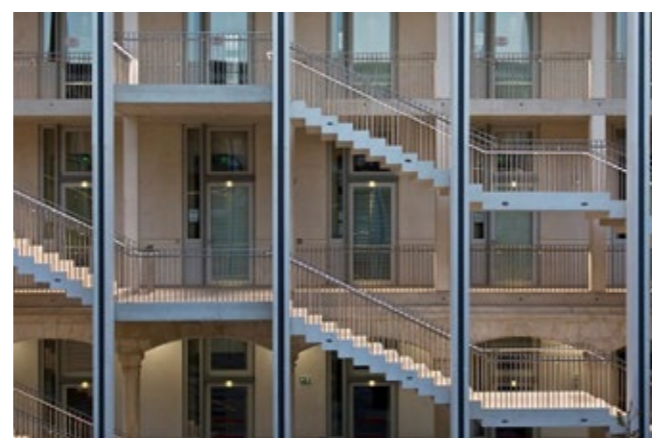
Cette typologie se prête à beaucoup d'usages et est donc inspirante. Des systèmes de récupération d'eau existaient déjà.

L'hôpital de Nîmes n'est pas classé, ni même inscrit aux bâtiments historiques, cependant, les acteurs du projet souhaitent conserver sa richesse patrimoniale et notamment sa façade extérieure. À l'intérieur, les façades ont été doublées afin de renforcer l'isolation. Un travail a été réalisé sur les surfaces, sur les profondeurs et sur la minéralité.



BF2019\_Atelier2\_Hospices\_Nimes2

Le confort thermique a été étudié en tenant compte de l'inertie et de l'ombre, conférée par un grand péristyle. Les persiennes ont été optimisées afin de favoriser la lumière, tout en évitant que le soleil ne pénètre directement dans les bâtiments. La ventilation constitue également un axe essentiel. Le programme technique imposait une ventilation double-flux, pour laquelle le retour sur investissement s'avère particulièrement long. Les coursives périphériques seront utilisées pour insuffler de l'air rafraîchi. Des brasseurs d'air ont été ajoutés dans les salles de classe. Quatre tilleuls ont été plantés dans la cour.



BF2019\_Atelier2\_Hospices\_Nimes3

Robert CELAIRE, qui connaît bien ce bâtiment, souligne que celui-ci est très agréable, y compris en période d'usage, tout en s'appuyant sur une vraie architecture.

## II. CONSTRUCTION DU GYMNASE DU LYCÉE DE COSTEBELLE POUR LA RÉGION SUD par Gabrielle RAYNAL et Thierry LOMBARDI

Gabrielle RAYNAL explique que le projet de construction du gymnase du lycée de Costebelle a été lancé en 2006. Le projet a mis du temps à émerger en raison de tergiversations politiques sur la répartition parcellaire et l'organisation du site, qui compte le vélodrome de la métropole de Toulon, un stade de foot de la ville de Hyères et le lycée adossé qui avait besoin d'un gymnase. Le projet confié à un maître d'œuvre ne portait que sur l'enceinte, avec une bande périphérique de deux mètres.

Le site est positionné sur la commune de Hyères, à 800 mètres de la mer, derrière une jolie colline. Des vents récurrents balaient le plateau. Le projet visait à minimiser l'emploi des énergies fossiles, à valoriser la construction bois et à assurer le confort des utilisateurs durant l'été.

Le programme a été lancé en 2008, le concours en 2009. Le maître d'œuvre a été sélectionné en 2010, le chantier a démarré en 2014 pour une livraison en 2016. Cette présentation inclut donc le retour d'expérience sur trois années de fonctionnement. Le bâtiment a entrepris une démarche BDM : il a obtenu BDM Argent à la conception, BDM Or pour la phase réalisation et l'or en phase de fonctionnement.



BF2019\_Atelier2\_Costebelle\_gymnase2.jpg

Thierry LOMBARDI explique que la construction du gymnase du lycée de Costebelle est un projet particulièrement important pour son cabinet d'architecte. Son équipe a pris énormément de plaisir, aussi bien en phase de conception, de réalisation que de partage d'expérience. L'opération s'est extrêmement bien déroulée. Lorsque Architecture 54 a répondu à l'appel d'offres de la région en 2009, c'était un petit cabinet, qui s'est appuyé sur des bureaux d'études. C'est la cohérence de l'équipe qui a permis de parvenir à répondre aux attentes très précises du maître d'ouvrage.

L'emprise au sol du bâtiment était très contrainte, en raison de la présence d'un vestige romain, d'une pinède exceptionnelle et d'autres équipements. Les vo-

lumes sont donc aussi compacts que possible. La région Provence-Alpes-Côte d'Azur a mis l'accent sur la valorisation de la filière bois sur le plan énergétique. Architecture 54 a fait le choix de construire un bâtiment totalement en structure bois massif. La luminosité naturelle a été privilégiée, ce qui a conduit à vitrer l'ossature, tout en protégeant les vitrages du soleil. La façade rentre en vibration grâce à trois remplissages différents : des panneaux bois de teinte blanche, des panneaux bois lasurés gris et des vitrages, ce qui génère un effet camouflage. L'essence retenue pour le projet est du pin laricio. Le vieillissement du bois a particulièrement été anticipé, avec une pré-patine grise. Les matériaux sélectionnés sont les plus sobres possibles. L'étanchéité a été travaillée avec le bureau d'étude. La surventilation nocturne permet de réduire les températures au sein du gymnase.

Thierry LOMBARDI insiste sur le fait que ce projet, très technologique, conserve une écriture architecturale très soignée. Le premier des comforts est le confort psychologique, qui permet de mieux accepter les contraintes thermiques. L'ensemble est homogène et très apprécié par les utilisateurs. Aucune dégradation n'a été constatée.



BF2019\_Atelier2\_Costebelle\_gymnase.jpg

Gabrielle RAYNAL dresse le bilan des trois années de fonctionnement. Sur le plan architectural, ce bâtiment remplit ses objectifs, en dépit du fait que les utilisateurs oublient d'éteindre la lumière durant la journée. L'éclairage constitue le principal poste de consommation d'énergie. Deux phases de suivi ont été réalisées, sur des périodes chaudes. Durant la semaine la plus chaude enregistrée en juin 2017, même sans ventilation nocturne, le bâtiment réagit d'une manière assez progressive au fil du temps, pour atteindre une pointe de 29 degrés. La ventilation nocturne n'est pas assez exploitée, car elle est manuelle et non automatisée.

De nouvelles mesures ont été réalisées début juillet 2019. Les températures à l'intérieur étaient de 31 degrés, alors que 48 degrés ont été enregistrés à l'extérieur.



### III. CONSTRUCTION DE L'ÉCOLE JEAN CARRIÈRE À NÎMES par Stéphane GOASMAT



BF2019\_Atelier2\_platanettes1

Robert CELAIRE indique que l'école Jean Carrière de Nîmes est fréquemment visitée avec les étudiants des écoles d'architecture.

Stéphane GOASMAT, architecte au sein d'un atelier collectif, explique qu'il fait partie d'un groupement d'agences d'architecture et de paysage, qui inclut également l'ingénierie intégrée. Le groupement dispose ainsi de toutes les compétences en interne pour répondre à des appels d'offres comme celui de l'école Jean Carrière. Cette intelligence collective constitue l'un des principaux changements au niveau de la conception même de l'architecture.

La ville de Nîmes est la plus chaude de France. La construction de cette école a servi de test sur plusieurs points, permettant de monter d'un niveau supplémentaire dans la performance des bâtiments publics. Il s'agit du premier bâtiment qui a suivi une démarche BD hors région Provence-Alpes-Côte d'Azur : il constituait donc un pilote pour la Région Occitanie. Le projet a obtenu le niveau Or en conception, en réalisation et en maintenance. Ce bâtiment présente une faible inertie, ce qui a imposé d'apporter des réponses différenciées.

Le projet a démarré en 1988, pour une livraison en 1992. L'école qui s'appelait les Platanettes, comptait des préfabriqués et des platanes cinquantenaires qui ont été conservés pour apporter de la fraîcheur et du bien-être. Le programme stipulait que tous les locaux scolaires devaient être situés à l'étage en raison des risques d'inondation. Les enfants ont le sentiment d'être « dans les arbres ». Les platanes deviennent des supports pédagogiques.

La luminosité est élevée, grâce aux vues sur l'extérieur et la décomposition des façades avec trois niveaux de fenêtres. L'éclairage artificiel circadien se modifie au fur et à mesure de la journée, avec deux tubes de couleurs différentes, bleu et jaune.

Le retour d'expérience s'avère extrêmement positif. L'école a été construite dans un quartier périphérique relativement difficile, avec une très grande mixité sociale. Tous les enseignants soulignent que le temps de concentration des enfants a énormément augmenté. Le calme est plus grand. Les enfants chuchotent comme dans un musée.

Les enveloppes thermiques sont très performantes, avec une étanchéité à l'air. Les murs en ossature bois sont surisolés à l'extérieur grâce à la fibre de bois. La conception intègre des solives. La pierre monolithique du pont du Gard constitue un matériau économique. Le confort hydrothermique a également été travaillé, générant un confort physique. La lisibilité des surfaces spatiales est appréciée par les usagers, notamment les enfants de trois ou quatre ans.



BF2019\_atelier2\_platanettes2

La maintenance a été intégrée dès la conception du projet. Un livret d'accueil a été constitué pour les usagers, mais il n'est pas utilisé. La pompe à chaleur est située au niveau de la nappe à 16 degrés sur laquelle repose une grande partie de la ville de Nîmes. Le plancher chauffant/rafraîchissant sert de base. L'autre forage est utilisé sous forme de by-pass, ce qui suffit pour garantir la fraîcheur durant l'été. Trois protections climatiques cohabitent : l'arbre, les brise-soleil métalliques puis les brise-soleil orientables. Les problématiques sont surtout identifiées aux mi-saisons, lorsque le plancher chauffant demeure activé et que le soleil rayonne fortement.

L'exploitation constitue également une problématique. L'exploitant, qui a la charge de 150 bâtiments sur la ville de Nîmes, les gère tous de façon identique, avec les mêmes consignes, que le bâtiment soit ou non performant.

#### Conclusion

Robert CELAIRE souligne que les trois projets présentés dans le cadre de cet atelier s'avèrent très pédagogiques. Leur point commun réside dans le travail réalisé par les architectes, qui demeurent les chefs d'orchestre, vers lesquels convergent les autres corps de métier. Les architectes doivent s'investir tout en s'appuyant sur une équipe comprenant des ingénieurs ingénieux.

Le confort d'été donne lieu aussi bien à des points consensuels et à des points polémiques. Les points forts résident notamment dans la stratégie conceptuelle, les protections solaires, la ventilation et l'inertie. Les éléments sociaux, dont la situation des occupants, doivent également être pris en compte. Les aspects conceptuels, mais surtout la stratégie de protection solaire, constituent les fondations du confort d'été. La protection solaire végétale fait aujourd'hui l'objet d'un consensus, d'autant que les impacts positifs sont nombreux.

Robert CELAIRE remercie tous les intervenants qui ont fait partager leur engagement.

Un participant demande comment convaincre les maîtres d'ouvrage de l'intérêt de ces projets bioclimatiques.

Thierry LOMBARDI répond qu'il convient de mettre en avant les atouts d'un tel projet sur le plan environnemental, mais aussi sociétal. Il est cependant logique que le maître d'ouvrage se préoccupe aussi du coût économique.

Gabrielle RAYNAL souligne que le coût de construction du gymnase n'a pas atteint le budget prévisionnel, parce que les projets bois étaient à l'époque moins onéreux. Il convient de s'interroger sur la durabilité des bâtiments publics. Elle estime que, pour convaincre les maîtres d'ouvrage, il faut les inviter à quitter leurs bureaux et à rencontrer ceux qui ont fait des choix en faveur de l'environnement.

Robert CELAIRE juge que le thème de la maintenance des systèmes énergétiques doit également être pris en compte. Le biodiversifiant, qui suppose de travailler avec des paysagistes et des écologues, constitue aussi une problématique actuelle.

Robert CELAIRE propose deux thématiques pour la prochaine édition de BâtiFRAIS : les bâtiments durables et la biodiversité, ainsi que les bâtiments durables et le coût global.

# ATELIER 3 : LE RAFRAÎCHISSEMENT LOW-TECH

LES INTERVENANTS :



**Emile LIEVREMONT**  
gérant de la SCOP ExeBois



**Thierry RIESER**  
gérant de la SCOP Enertech, ingénieur de l'Ecole Centrale de Paris

L'atelier est animé par Daniel FAURÉ

Daniel FAURÉ indique que cet atelier est parrainé par la Fédération des SCOP du BTP. Les entreprises sont fondamentales pour la concrétisation des projets de bâtiment, qui, sans elles, demeureraient des images.

## I. LES SCOP, UN SCHÉMA ADAPTÉ AU BTP ; RETOURS D'EXPÉRIENCE par Emile LIEVREMONT

Emile LIEVREMONT présente la Fédération des SCOP du BTP. Dans les SCOP, chaque homme et chaque femme compte pour une voix. Tout le monde a donc la possibilité de s'exprimer et d'être entendu. L'humain et le social sont au centre de la démarche. Au moins la moitié des capitaux est détenue par les salariés. Tous les individus s'impliquent ainsi dans leur aventure professionnelle, du plus bas au plus haut niveau de l'échelle hiérarchique de la structure. A l'échelle nationale, de nombreuses SCOP existent dans le secteur du Bâtiment.

Emile LIEVREMONT explique que la SCOP dont il fait partie, ExeBois, cherche à utiliser les matériaux les plus écologiques et les plus naturels, avec la filière la plus locale. Il s'agit notamment de la paille, utilisée depuis des siècles, de la balle de riz produite en Camargue et du béton de chanvre, associé à des ossatures bois plus légères pour renforcer le confort d'été.

Emile LIEVREMONT présente des retours d'expérience. Le premier est une maison construite à Vidauban, avec du chanvre. Le rez-de-chaussée affichait seulement 27 degrés la semaine précédente, alors même que la canicule sévissait. La seconde construction a été réalisée avec de la balle de riz. A l'intérieur de la maison, il fait 28 degrés en plein été.

## II. RETOUR D'EXPÉRIENCE SUR DIFFÉRENTS PROJETS AUTOUR DU CONFORT D'ÉTÉ par Thierry RIESER

Thierry RIESER explique qu'Enertech est un bureau d'études fondé dans les années 80, par Olivier Sidler, qui effectue de la maîtrise d'œuvre, conçoit des bâtiments, effectue des campagnes de mesures conséquentes et des études de R&D et propose de la formation pour les artisans à la rénovation performante des maisons individuelles.

### Bureaux d'Enertech

Thierry RIESER souhaite présenter les bureaux d'Enertech, qui illustrent bien sa philosophie. Lors du passage en SCOP il y a quatre ans, celle-ci a déménagé, passant d'un village drômois de 60 habitants à un village voisin de 600 habitants, de l'autre côté de la colline. La SCOP comptait alors vingt salariés. Le projet visait à créer un bâtiment innovant, sans chauffage, low-tech, conjugué de faibles impacts, le recours à des entreprises locales, une énergie positive pour tous les usages et des coûts peu élevés. Le critère de 1 200 euros au mètre carré avait été fixé, la réalisation est même inférieure à ces prévisions.

Thierry RIESER explique que le travail a été réalisé en équipe. Il met en exergue l'importance de la co-construction, de la co-conception pour parvenir à réaliser un programme low tech à coût maîtrisé.



BF2019\_Atelier3\_LowCal\_Enertech

Thierry RIESER détaille les matériaux utilisés. La dalle est uniquement portée par l'isolant placé en dessous, ce qui permet d'obtenir une très bonne rupture thermique. Les murs enterrés bénéficient d'une double isolation, intérieur/extérieur. L'élévation est réalisée à partir de caissons en paille préfabriqués, avec une isolation en laine de bois. Le bâtiment possède des triple-vitrages en bois, avec des oscillo-battants et des brise-soleil orientables.

Thierry RIESER explique que, après deux années d'utilisation, la température n'a jamais dépassé 28,5 degrés dans le bâtiment, au cœur de l'été, alors même que les températures extérieures ont atteint 45 degrés la semaine précédente. La campagne de mesures a été cofinancée par l'ADEME dans le cadre d'un appel à projets recherche.

La construction du siège d'Enertech s'est avérée être un succès pour les raisons suivantes :

- Des brise-soleil orientables ;
- Des apports internes très maîtrisés, avec un travail sur l'informatique et sur l'éclairage ;
- L'inertie terre crue ;
- L'aération matinale.

Le pari du bâtiment à énergie positive est réussi, puisqu'il produit six à sept fois plus d'énergie qu'il n'en consomme. La consommation d'électricité s'établit à 7 kilowattheures par mètre carré, tous usages confondus. Le bâtiment est classé E4C2, ce qui s'avère très performant selon la réglementation 2020, et labellisé BBCA Excellence. La qualité de l'air intérieur est très bonne, pour le dioxyde de carbone et pour les particules fines, en revanche, les composés organiques volatils sont un peu plus élevés que prévu, car le bois émet également des COV.

Thierry RIESER indique qu'Enertech a le souhait de dupliquer ce type de bâtiment.

### Lycée

Thierry RIESER présente la réalisation d'un lycée en zone urbaine. Le ratio de surfaces vitrées est comparable à celui du siège d'Enertech, avec 17 % de menuiseries. Le rafraîchissement nocturne est assuré par la centrale de traitement d'air. Ce bâtiment a également tenu les 28 degrés, à l'exception de quelques heures, ce qui prouve le bon fonctionnement de la centrale de traitement d'air pour le refroidissement nocturne, alors que dans certains cas, l'ouverture manuelle des fenêtres peut s'avérer inefficace pour des raisons d'oubli ou de refus d'ouverture.

### Bâtiment dans le Val-de-Marne

Thierry RIESER présente l'audit énergétique réalisé dans un bâtiment du Val-de-Marne. Il s'agit d'un bâtiment très inconfortable, avec des pics dépassant 35 degrés ponctuellement. Le seuil des 28 degrés est franchi plusieurs centaines d'heures, avec jusqu'à 200 heures d'inconfort dans certaines classes. Des pistes de solutions ont été élaborées par simulation dynamique. L'inertie est satisfaisante, en revanche, le bâtiment ne compte pas suffisamment d'occultations extérieures. Les façades sont très vitrées. Les consommations d'électricité sont très élevées, même en inoccupation. Il n'est pas prévu de free cooling. Il est intéressant de s'interroger sur les raisons pour lesquelles ce bâtiment n'est pas à la hauteur des attentes.

## Logements

Thierry RIESER explique qu'il a suivi en tant qu'AMO la ZAC de Beaune à Grenoble. Des campagnes de mesure ont été réalisées sur huit bâtiments, qui se ressemblent. Pour la première fois, les confort d'été se sont avérés globalement mauvais. Un habitant a laissé ses fenêtres ouvertes nuit et jour et attesté être satisfait de son confort d'été. D'autres ouvraient seulement la nuit. Dans un bâtiment très isolé, les bonnes pratiques s'avèrent discriminantes.

Il est essentiel de se souvenir que les critères de confort des ingénieurs ne sont pas toujours ceux des habitants. Le confort passif suppose des habitants actifs.

## Bâtiment Le Coriolis

Thierry RIESER présente le bâtiment Le Coriolis, l'extension de l'Ecole nationale des Ponts et Chaussées à Marne-la-Vallée. Enertech, qui en était le maître d'œuvre, a réalisé une campagne de mesures sur deux ans. Ce bâtiment en structure béton et ossature bois possède un ratio de 18 à 20 % de surface de menuiserie, des occultations et un travail important sur l'électricité. Un système de rafraîchissement adiabatique a été mis en place afin de récupérer la fraîcheur de l'eau vaporisée, permettant un abaissement substantiel de la température d'air soufflé. Le bâtiment est chauffé par géothermie, avec des forages en U.



BF2019\_Atelier3\_Coriolis\_ENPC\_Credit\_Thierry\_Roche\_architecte

## Débat avec la salle

Un participant note que la ventilation nocturne n'est possible que lorsque les températures diminuent notablement la nuit, ce qui n'est pas le cas en période de canicule.

Thierry RIESER confirme l'intérêt d'ajouter des brasseurs d'air et des ventilateurs. Il ne considère pas que l'ouverture des fenêtres en journée s'avère pertinente. Un participant pointe les problématiques que représentent les petites écoles rurales. Modifier un bâtiment mal conçu à l'origine s'avère très onéreux. Il demande si des retours d'expérience sur ce sujet existent.

Thierry RIESER estime que la stratégie visant à effectuer les travaux tranche par tranche s'avère dangereuse, car la somme des petits pas ne mènera pas à une bonne performance finale. Il est préférable de concentrer les budgets sur un établissement, puis sur un autre. L'Intracting, dispositif promu par la Caisse des Dépôts et consignations, permet de bénéficier d'un retour sur investissement.

Une participante souhaite savoir pour quelles raisons les climatisations double-flux décentralisées ont été privilégiées.

Thierry RIESER explique que l'objectif était de permettre un pilotage bureau par bureau. Les climatisations décentralisées sont également intéressantes pour les écoles, voire pour des maisons individuelles. Le matériel s'est amélioré dernièrement.

Un participant remarque que des récents usages, par exemple la suppression des platanes dans les cours d'école pour des raisons de sécurité, nuisent au confort d'été.

Thierry RIESER explique que la terre crue présente de belles potentialités. Il a été compliqué de simuler son comportement hygrothermique, mais les modèles semblent désormais assez conformes à la réalité. La terre crue permet de lisser l'humidité intérieure, de faire un stockage/déstockage bénéfique sur la journée. La terre crue n'est cependant pas une climatisation naturelle. En effet, les niveaux d'énergie en jeu sont extrêmement faibles. L'humidité absolue est toujours plus élevée en été qu'en hiver. La terre crue chauffe donc en été et refroidit en hiver. L'inertie d'un bâtiment réside essentiellement dans ses dalles.

## Conclusion

Thierry RIESER conclut que, pour qu'il fasse frais, il est important de ne pas faire rentrer la chaleur. Les surfaces vitrées doivent donc être raisonnables et les occultations doivent être bien adaptées. La qualité de l'éclairage et du parc informatique doit également être prise en compte.

Thierry RIESER insiste sur l'importance que revêt la simulation thermique dynamique pour les concepteurs.

Thierry RIESER explique que de nombreux éléments figurent sur un guide proposé par Enertech.

Thierry RIESER insiste sur le fait que l'aboutissement de la démarche low tech réside dans le bon niveau de technologie adapté au maître d'usage et aux utilisateurs finaux du bâtiment. La conception des bâtiments doit aussi tenir compte des spécificités locales.

Une participante souligne que, en raison de l'explosion du nombre de climatisations, les besoins énergétiques au sein de l'université sont aujourd'hui plus élevés l'été que l'hiver.

Emile LIEVREMONT confirme que les bâtiments doivent désormais être conçus autant pour l'été que pour l'hiver.

# CONFÉRENCE PLÉNIÈRE DE CLÔTURE

## OUVERTURE PAR :

> **Benoît RIDEAU**, Socotec

> **Julien REMY**, Knauf Insulation

## LES INTERVENANTS :



**Nicolas GUIGNARD**  
pilote du Centre de ressources EnvirobatBDM



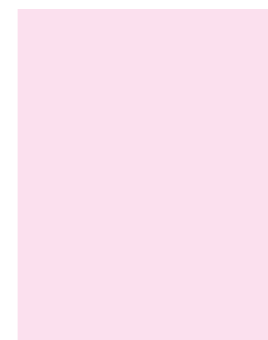
**Carlos VASQUEZ**  
architecte, Centre de ressources EnvirobatBDM



**Francisco CACERES CLAVERO**  
ingénieur agronome à l'Institut de recherche et de formation agricole et de la pêche d'Andalousie, gouvernement régional andalou



**Juan José GUER-RERO ALVAREZ**  
ingénieur forestier, agence publique pour l'environnement et l'eau, gouvernement régional andalou



**Maxime CLAUDE**  
architecte associé, Corinne Vezzoni & Associés



**Mathieu GONTIER**  
co-fondateur de l'agence du paysage Wagon Landscaping et responsable du site de Marseille à l'Ecole Nationale Supérieure du Paysage (ENSP) Versailles-Marseille

## I. RETOURS D'EXPÉRIENCE SUR LES PROJETS BDM : CONFORT & VÉGÉTAL

par Nicolas GUIGNARD et Carlos VASQUEZ

Nicolas GUIGNARD souligne que les retours d'expérience sont inscrits dans l'ADN d'EnvirobatBDM. Les professionnels se sont regroupés dans l'association notamment pour partager leur expérience et la diffuser avec des rencontres régulières et un numéro de

téléphone unique pour orienter les professionnels. Le partenariat avec l'agence Qualité Construction constitue l'un des pivots du centre de ressources pour les retours d'expérience.

Le confort d'été est une problématique centrale, qui va concerner de plus en plus de personnes. En effet, selon le rapport sénatorial, à l'horizon 2050, la moitié de la France devrait présenter un climat proche du climat méditerranéen. La démarche Bâtiments Durables Méditerranéens (BDM) était donc visionnaire. EnvirobatBDM met en place une méthode systématique de capitalisation des données sur l'ensemble des projets BDM pour alimenter les différents volets.



BF2019\_pleniere apresmidi\_CarlosVazquez3\_college Carces

Carlos VASQUEZ présente une campagne d'enquêtes menées entre février et juin 2019. Une quinzaine de bâtiments a été visitée à cette occasion, avec la volonté de relier la démarche BDM au végétal. Carlos VASQUEZ explique que le niveau de végétalisation doit prendre en considération un certain nombre de contraintes et de spécificités locales. La toiture végétale doit être considérée dans son environnement. Les possibilités d'arrosage doivent être intégrées au projet.

Carlos VASQUEZ diffuse les images de différents projets et les commente. Les toitures végétales sont particulièrement utiles pour absorber et réexploiter les épisodes de forte pluie. Les quantités d'arrosage nécessaires sont tout à fait dépendantes des conditions météorologiques. Il est essentiel de prévoir un second système d'irrigation, en cas de défaillance du premier.



BF2019\_pleniere apresmidi\_CarlosVazquez2 Roses de Provence

Carlos VASQUEZ rappelle la nécessité de prendre en compte les problématiques d'entretien et les usages. Il insiste sur l'importance de la dimension pédagogique des projets étudiés, grâce à une dimension sociale à laquelle la démarche BDM accorde une grande place.



BF2019\_pleniere apresmidi\_CarlosVazquez1 alexandra D Neel

## II. MORPHOLOGIE DES CŒURS D'ILOTS ET RÉGULATION CLIMATIQUE PAR LES PLANTES

par Francisco CACERES CLAVERO et Juan José GUERRERO ALVAREZ

Francisco CACERES CLAVERO remercie les organisateurs de BâtiFRAIS pour l'opportunité qui leur est offerte de présenter leurs actions dans le domaine de la régulation de la température par le biais de la végétation. L'un des projets consiste à mesurer, grâce à de l'ingénierie et de la technologie, le pouvoir rafraîchissant des végétaux.

Francisco CACERES CLAVERO présente le système de climatron, un auvent équipé de brumisateurs, facilement intégrable, qui permet de diminuer la température jusqu'à onze degrés durant les mois les plus chauds grâce au rafraîchissement adiabatique, un processus naturel. Il permet une faible consommation énergétique, une purification de l'air et une amélioration du confort des habitants.

Francisco CACERES CLAVERO souligne que les arbres sont nos vieux amis, qui nous offrent tous ces services. Il existe plus de 70 000 essences connues. Ils réduisent la température jusqu'à quinze degrés sur les mois les plus chauds en utilisant eux aussi le refroidissement adiabatique. Le fonctionnement des arbres s'effectue à partir d'énergie solaire et d'eau de pluie, ils améliorent le bien-être des habitants. Il s'agit d'une technologie gratuite. L'entretien est simple et peu onéreux. Les arbres se reproduisent seuls. Ils sont vraiment un outil très efficace. Et en plus, ils sont magnifiques.

Francisco CACERES CLAVERO insiste sur le fait qu'il n'est pas nécessaire de réinventer la roue. Il suffit de bien comprendre les arbres et l'utilisation du végétal pour améliorer son utilisation.

Francisco CACERES CLAVERO met en exergue l'importance vitale de l'eau, présente partout. Elle est nécessaire à l'agriculture, au tourisme, à l'industrie. L'eau a deux super pouvoirs : elle est un dissolvant universel et elle a une grande capacité à lutter contre la chaleur.

Francisco CACERES CLAVERO explique les potentialités de la chaleur latente de vaporisation, qui correspond à l'énergie nécessaire pour passer d'un stade liquide à un stade gazeux, sans augmenter sa température. Seule l'ammoniaque est plus puissante que l'eau dans ce domaine.

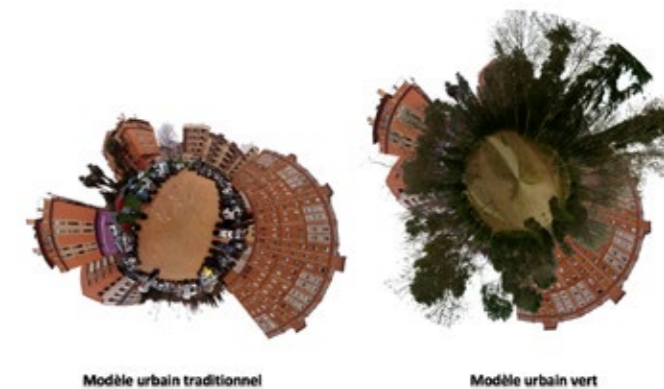
Les plantes utilisent l'eau, dans le cadre de la photosynthèse, sans doute le procédé biochimique le plus important de la planète. Ce procédé consiste à transformer le carbone inorganique en carbone organique grâce à l'énergie du soleil. Pour cela, une enzyme très puissante, la Rubisco, est nécessaire. Très sensible, celle-ci ne fonctionne qu'entre quinze et trente degrés. C'est pour cela que les plantes disposent de leur système de réfrigération afin de conserver une température idéale, leur permettant de procéder à la photosynthèse. C'est en ce sens qu'elles utilisent l'eau et la chaleur latente de vaporisation. Pour évaporer un litre d'eau à vingt degrés, la plante prélève dans l'environnement 585 kilocalories de chaleur. Un arbre correspond ainsi à l'équivalent de huit climatiseurs. Cent hectares de forêt précédant à cette évapotranspiration prélèvent la même énergie que celle que produirait la centrale thermoélectrique d'une ville comme Cordoue, qui compte 300 000 habitants.

Francisco CACERES CLAVERO aborde sa seconde idée directrice, à savoir l'efficacité énergétique. Tout le monde sait que l'ampoule à incandescence produit plus de lumière qu'une ampoule à Led. Toutefois, l'efficacité de l'ampoule à incandescence est très faible : elle ne transforme que 2,5 % de l'énergie qu'elle consomme. Le reste est transformé en chaleur et en radiation invisible. L'ampoule Led a une efficacité dix fois supérieure. Sa classification est d'ailleurs A+++ contre E pour l'ampoule à incandescence.

Francisco CACERES CLAVERO souhaite comparer de la même façon deux modèles, un modèle traditionnel et un modèle vert, par rapport au confort climatique pour les habitants.



BF2019\_pleniere apresmidi\_CaceresGuerrero2



BF2019\_pleniere apresmidi\_CaceresGuerrero1

Dans le modèle traditionnel urbain, la plus grande partie de l'énergie est transformée en chaleur sensible, celle que l'on ressent et qui réchauffe l'environnement. Dans le modèle vert, les plantes transforment 68,5 % du rayonnement du soleil en chaleur latente. Le modèle vert aurait ainsi une classification A+++ contre G pour le modèle traditionnel. Lors d'une vague de chaleur, l'écart de températures peut atteindre 14 degrés. Le modèle classique ne parvient même pas à être comparé à une ampoule à incandescence : il s'agit juste d'une bougie.

Le système traditionnel oblige à créer des bulles de fraîcheur, que ce soit dans les voitures, dans les bureaux, dans les maisons, avec un coût énergétique très élevé. Il génère ensuite une diffusion de la chaleur vers les espaces publics, réchauffant l'environnement. Dans un contexte de réchauffement climatique, toutes ces problématiques vont augmenter. Cette situation va générer de la pauvreté énergétique, pénaliser les activités en extérieur, notamment le tourisme, et contraindre les habitants à vivre enfermés.

En conclusion, le modèle traditionnel est discriminatoire, inefficace et insoutenable, non durable. Attendu que ce modèle n'est pas efficace, il est nécessaire de le changer.

Francisco CACERES CLAVERO détaille la troisième thématique, à savoir les connaissances acquises dans la ville de Cordoue, via de nombreux systèmes de mesures. L'objectif consiste à prendre en compte tous les services offerts par les plantes : l'alimentation, l'esthétique, la biomasse, l'ombre. Au cours de son histoire, l'homme a modifié l'agriculture, il parvient même à modifier génétiquement les aliments pour augmenter leur productivité. Mais très peu de connaissances ont été établies sur la thématique de la réfrigération générée par les plantes. La démarche est empirique, basée sur peu d'éléments scientifiques. Il convient de maximiser la fraîcheur apportée par les plantes. Il est nécessaire de prendre en considération le modèle de construction et les facteurs d'efficacité météorologiques tels que la convection.

Francisco CACERES CLAVERO présente le laboratoire mis en place à Cordoue. Cordoue est une ville soumise à un climat méditerranéen, en bordure de fleuve, dans le Sud de l'Espagne. L'environnement présente différents paysages avec différents comportements : la campagne, avec principalement des cultures non irriguées, la vieille ville, les berges du fleuve et de la moyenne montagne. Cordoue a battu des records de chaleur ces derniers temps, avec un maximum de 47 degrés l'année passée. Les températures sont très élevées durant l'été et l'humidité de l'air très faibles pendant les quatre à cinq mois les plus chauds. Les îlots de chaleur sont notables, notamment dans la vieille ville, dans laquelle il y a pu d'évapotranspiration. La zone montagneuse présente des températures moins élevées, plus d'humidité et de l'évapotranspiration. Les chaleurs sont donc concentrées en centre-ville. La différence est de quatre degrés en journée et de six degrés la nuit.

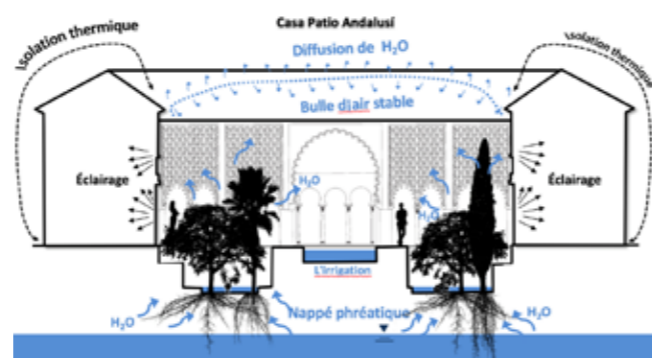
Juan José GUERRERO ALVAREZ explique que l'architecture a privilégié dans la vieille ville, les maisons organisées autour d'un patio, d'une cour intérieure. Ces constructions ont été développées durant deux grandes vagues : l'époque romaine et le Moyen-Âge, au cours de périodes durant lesquelles les températures étaient plus élevées qu'à d'autres moments. L'analyse de ces patios a été réalisée, non pas d'un point de vue esthétique, mais bien d'un point de vue thermique.



BF2019\_plenièr apresmidi caceresguerrero\_3

Ces maisons comptent peu de fenêtres, l'éclairage arrive de l'intérieur. Les parterres dans lesquels sont plantées les plantes sont profonds. L'irrigation s'effectue via des canaux qui traversent le jardin. Les arbres parviennent à faire pousser leurs racines jusqu'à la nappe phréatique de la rivière. D'un point de vue énergétique, les plantes sont capables de transpirer. Elles transforment cette eau en énergie. Les constructions fermées créent une bulle d'air stable à l'intérieur du patio. Les maisons avec patio bénéficieraient d'une classification A+++.

Des capteurs ont permis de mesurer la température à l'intérieur des maisons et à l'extérieur de celles-ci. La différence atteint 14 degrés durant les heures les plus chaudes de la journée. Le patio est moins efficace en cas de stabilité atmosphérique.



BF2019\_plenièr apresmidi caceresguerrero\_4

Cordoue constitue un laboratoire idéal pour les recherches sur le confort d'été. L'évapotranspiration peut être récupérée afin de maximiser son efficacité énergétique. Cordoue était un lieu idéal pour l'établissement de la civilisation romaine, puis du Moyen-Âge. C'est aujourd'hui un endroit parfait pour les recherches scientifiques.

La première étape a consisté à définir les facteurs importants pour la climatisation passive, les matériaux inertes, la quantité d'eau disponible et les végétaux, en pourcentage d'espace couvert. Toute la ville a été classifiée à partir de ces critères. Les stations météorologiques ont été implantées sur la base de ces éléments, en tenant compte de la station de référence, externe au laboratoire. Les dispositifs et la programmation sont faits maison. L'installation a été réalisée discrètement. Les données sont recueillies avec des systèmes mobiles, téléphones portables, tablettes...

Juan José GUERRERO ALVAREZ détaille les résultats de deux cas extrêmes, qui ne sont séparés que de 50 mètres. Les différences sont très élevées. L'analyse illustre le fait que le patio peut amortir l'îlot de chaleur

### III. RÉNOVATION PAYSAGÈRE DES CŒURS D'ÎLOT par Mathieu GONTIER

Mathieu GONTIER cite un grand maître du paysage, Michel Corajoud rappelant que « le paysage, c'est de l'herbe sous nos pieds à l'horizon lointain. » Que le travail soit réalisé sur un microsite ou sur une grande étude urbaine, des interactions s'effectuent en permanence. Ainsi, dans le cadre d'un îlot, il convient de tenir compte du bassin versant d'implantation. L'agence Wagon Landscaping essaie de ne pas se spécialiser dans du jardin ou de la cour, mais de demeurer généralistes, afin d'être un coordinateur ou un visionnaire des paysages à toutes les échelles. L'approche multi-contextuelle définit le travail des paysagistes. Wagon Landscaping aime pratiquer des allers-retours fréquents entre l'agence et le terrain, considérant que tout est toujours déjà là sur un site, avant le lancement du projet. Il faut ainsi prendre en compte le sol, la topographie, les arbres ainsi qu'un contexte social et économique. Le projet ne sera donc qu'un effet d'amélioration du site existant. Wagon Landscaping est à la fois concepteur, dessinateur, jardinier et constructeur.

Mathieu GONTIER projette des exemples de réalisation de Wagon Landscaping : des grands parcs en Russie, des petits jardins, des îlots de verdure. Les projets présentés ont vocation à passer de la vision locale à une dimension globale, afin d'associer les différentes actions mises en œuvre à de la planification urbaine.

#### Jardin en cœur d'îlot à Aubervilliers

Mathieu GONTIER présente la réalisation d'un cœur d'îlot à Aubervilliers, sur un ancien parking. Le bailleur social a voulu déplacer les voitures en-dehors de l'îlot central, de repenser celui-ci, tout en réduisant au maximum les dépenses. Le budget alloué pour 2 000 mètres carrés s'établissait à 50 000 euros, soit 35 euros du mètre carré. Aménager un jardin dans ce cœur

pendant la journée, mais pas pendant la nuit. L'heure de la sieste des végétaux, durant laquelle ils ferment leurs stomates, est perceptible, tout comme les effets de l'arrosage en fin d'après-midi. La convergence est beaucoup plus rapide dans le patio. Les mouvements de l'air à l'extérieur sont très importants pour le refroidissement passif. Toutes ces données permettent de choisir les plantes les plus efficaces. L'incidence solaire et l'irrigation sont notamment déterminantes. Les espèces hydrophiles permettent d'optimiser la fraîcheur. La hauteur des plantes doit aussi être prise en compte.

Il convient aujourd'hui de s'adapter au changement climatique. En Andalousie, les températures devraient beaucoup augmenter. Juan José GUERRERO ALVAREZ souligne que le modèle traditionnel est dangereux, dans le contexte de changement climatique. Toutefois, l'outil permettant de remédier à cette situation existe. Il faut aujourd'hui approfondir les connaissances sur ces sujets.

d'îlot au regard de ces contraintes constituait donc un défi. Le choix du sol a été particulièrement travaillé. Les paysagers ont ramené de la terre drainante pour planter sur une dalle compactée. Au total, 40 tonnes de terre et 40 tonnes de gravier ont ainsi été ajoutées. Les plantes étaient censées s'adapter à la profondeur du sol, ce qui suppose de privilégier les essences ligneuses. Un semis a été réalisé la première année, favorisant la production plus lente des vivaces. Le jardin a poussé progressivement, les plantes annuelles et bisannuelles étant remplacées par des essences pionnières, méditerranéennes et alpines. Ce jardin a été réalisé il y a trois ans, ce qui correspond à l'âge d'or d'un tel aménagement. Un contrat d'entretien a été conclu avec le gestionnaire, ce qui favorise cette maintenance. Il s'est également important de parler du projet aux habitants, et notamment aux enfants, sous forme d'atelier. Ce projet permet de penser la recomposition d'un milieu, uniquement par la composition de son sol.



BF2019\_plenièr apresmidi\_mathieugontier2

### Jardin du musée du lin à Courtrai, en Belgique

Mathieu GONTIER explique que le projet de jardin du musée du lin à Courtrai, en Belgique, repose sur la simplicité d'une forme d'aménagement, une économie de moyens, avec un budget de 80 euros par mètre carré et un entretien minimal. Il s'agissait d'un défi de taille. L'idée visait à générer le flash code du musée. La surface découpée a été concassée, le sol a été amendé. L'espèce choisie, le miscanthus, a été plantée avec des enfants, sur des terres paillées au gravier. Ce jardin a été réalisé en 2014. Le musée ne comptant pas de jardinier, sa maintenance est assurée par l'équipe de nettoyage. Le miscanthus pousse librement, requérant seulement une journée d'entretien par an lors du fauchage.

### Plan d'Aou à Saint-Antoine à Marseille

Mathieu GONTIER présente le projet réalisé sur Plan d'Aou, à Saint-Antoine, à Marseille avec les architectes Concorde, mandataires sur cette opération. Saint-Antoine est un plateau qui présente des spécificités méditerranéennes, avec un milieu essentiellement constitué de garrigues, de pinèdes, de prairies fraîches et de quelques vallons frais avec des feuillus. Knauf Insulation avait uniquement la charge du végétal. L'entreprise s'est inspirée de la garrigue et des milieux présents sur le massif, déclinée dans une version plus urbaine avec des plants forestiers générant de l'ombre et donnant lieu à des bosquets.

### Programme de rénovation urbaine dans les quartiers Nord d'Amiens

Mathieu GONTIER présente un programme de rénovation urbaine réalisé dans les quartiers Nord d'Amiens avec l'atelier Philippe Madec. Le projet incluait la rénovation de bâtiments et les espaces extérieurs, avec une vision à vingt ou trente ans. L'enjeu consistait notamment à travailler avec la ville et la métropole sur

la mobilité et avec les bailleurs sociaux sur les cœurs d'îlot. La tendance était la résidentialisation, avec une fermeture des parcelles collectives.

Le projet a été réalisé en trois étapes. La première consistait à relier le plateau agricole du Nord d'Amiens à la vallée de la Somme. La seconde visait à travailler une porosité Est-Ouest, renforçant la mobilité. La troisième consistait à affirmer la trame de proximité, avec des négociations du foncier. Une vision à trente ans a ainsi pu être définie dans un plan-guide. Ce plan-guide a été renforcé par des fiches action afin d'aider la maîtrise d'ouvrage, mais aussi d'investir les services gestionnaires de la ville d'Amiens, qui récupèrent généralement les projets deux ans après leur réalisation. La Cellule d'action paysage permet de porter la vision à long terme, avec les gestionnaires, dans une optique de préfiguration et d'entretien raisonné. Les associations d'habitants se sont également investies. Ces dynamiques se sont avérées très productives.

### Projet de Dunkerque

Mathieu GONTIER explique que le concept de Cellule d'action paysage est né sur un projet réalisé à Dunkerque. Knauf Insulation a été missionné par la ville pendant six ans pour renforcer le plan-guide du réaménagement du centre-ville. Son action visait à accompagner la vision long terme dans de l'action court terme. Des actions ont été définies sur tout un réseau de canaux, dessinant une armature de mobilités et d'espaces communs dans la ville, mais presque tous en friche. Il s'est agi d'un projet de gestion. Les interventions des gestionnaires du port ont été réduites, mais avec une nouvelle spatialité favorisant la biodiversité et la réalisation d'espaces communs. Un jardin linéaire de cent mètres a ainsi été conçu en quelques jours. Mathieu GONTIER insiste sur la nécessité de s'inscrire, en tant que paysagiste, sur une temporalité longue des projets. Les actions sur le terrain permettent de conduire des dynamiques naturelles suivies et de garantir la pérennité des végétaux.

## IV. ÉCONOMIE DES TERRES : L'EXEMPLE DU LYCÉE DE SAINTE-MITRE À MARSEILLE par Maxime CLAUDE

Maxime CLAUDE remplace Corinne Vezzoni, retenue par un jury à Venise. Celle-ci a préparé une vidéo sur le sujet d'économie des terres, diffusée en séance.

Dans cette vidéo, Corinne VEZZONI insiste sur le fait que les terres ne sont pas extensibles à l'infini. Il est donc nécessaire de les économiser. Elle présente un projet de création de lycée, pour lequel son cabinet a fait le choix d'économiser la moitié des terres octroyées, afin de conserver des espaces agricoles. Ce défi a été rendu possible en travaillant la pente, par strates successives en restanques, permettant d'éviter le ravinement des sols et de superposer les fonctions. Chaque toit de restanque possédera une fonction propre au lycée : les jardins, les cours de récréation, le parvis intérieur et le parking des voitures et des vélos. Cette organisation permet de compacter et de superposer et, par là même, d'économiser la moitié du terrain. Les parcelles restantes demeurent constructibles et pourront donc être réutilisées par la ville. Pour le moment, ces espaces demeurent naturels.

La démarche a également illustré la façon dont un bâtiment public peut apporter un complément de programme qui n'est pas demandé à l'architecte, mais qui peut constituer un plus pour le quartier. Dans le cas étudié, le quartier comptait une église, dotée d'un petit parvis, le seul espace public de ce secteur, petit village marseillais. La proposition est d'installer le gymnase au pied de cette église, son toit, au même niveau que le parvis de l'église, devenant ainsi un espace public, place du marché et place du village où les habitants pourront échanger et jouer à la pétanque. La pérennité du bâtiment, la façon dont il va survivre à l'assaut du temps, doit être appréhendée en amont.

Maxime CLAUDE diffuse des images du projet de lycée de Sainte-Mitre, baptisé le lycée Simone Veil.



BF2019\_pleniere apresmidi\_maximeclaud\_vezzoni2

Il s'agit d'une réponse à un concours de 2008, avec le bureau d'études Artelia et l'agence paysagiste Martel et Michel. Il s'agit d'un projet BDM, à l'insu du plein gré des concepteurs, attendu que la Région a envoyé une lettre au cours du concours pour indiquer que les aspects développement durable prendraient une part importante. Le lycée est situé dans les quartiers Nord de Marseille, au sein du quartier Sainte-Mitre. L'environnement est campagnard, voire bucolique, avec uniquement des pavillons. L'approche devait tenir compte à la fois du contexte et de la topographie. Il est essentiel de se raccrocher à l'existant. Les arbres étaient peu nombreux. Des toitures végétalisées ont été installées sur tous les toits, dans le prolongement des cours de récréation. L'établissement a été livré en 2017. Au pied du bâtiment, des douves permettent de stocker l'eau provenant d'une source. Le procédé de béton correspond au GTE, avec une isolation par l'extérieur et un coulage concomitant des deux voiles. Les remblais du terrassement ont été réutilisés. Des sauts-de-loup, cumuls entre des garde-corps épais et un déambulateur, ont été installés. Les cages d'escalier ont été construites avec différents matériaux. Les toitures végétalisées sont accessibles aux élèves, ce qui n'a pas généré de problème, en deux ans d'usage. Le gymnase est accolé à la colline. Sa terrasse, accessible, est dimensionnée pour devenir la place du village. La relation dedans/dehors a été travaillée. Dans le secondaire, les salles n'étant pas attribuées à un professeur en particulier, il est nécessaire que le bâtiment fonctionne de façon satisfaisante, même sur un mode passif.



BF2019\_pleniere apresmidi\_vezzoni1



BF2019\_pleniere apresmidi\_mathieugontier1

# CONCLUSION DU COLLOQUE BATIFRAIS 2019



**Florence ROSA** se félicite de cette très belle journée, riche et complète à tous les niveaux. Elle remercie tous les intervenants et tous les participants. Le colloque s'achèvera avec la signature de la convention de partenariat avec GrDF et la cérémonie des Trophées BDM, une démarche dont les adhérents d'EnvirobotBDM sont très fiers. Ces Trophées sont l'aboutissement du travail participatif mené depuis une dizaine d'années. Aujourd'hui, la démarche BD se déploie en Ile-de-France (BDF), en Occitanie (BDO) et en Nouvelle-Aquitaine (BDNA) à compter de la rentrée. BDM a également créé il y a quelques mois l'association inter-régionale Collectif des démarches.

BâtiFRAIS permet d'apprendre des retours d'expérience sur un thème particulier - le végétal pour cette édition - en vue d'atteindre les confort d'été. Deux ateliers n'étaient pas dédiés au végétal, afin de tenir compte des problématiques rencontrées.

**Daniel FAURÉ** présente les conclusions de l'atelier dédié au Low Tech. Il cite une proposition de supprimer les emballages uniques en plastique. Cette préconisation pourrait être intégrée dans le rapport annuel 2020, afin d'anticiper la loi sur ce sujet. Les participants ont

également requis encore plus d'échanges avec le public, ce qui constitue un axe d'amélioration pour les futures éditions de BâtiFRAIS. L'exposé de Thierry Rieser sur le low tech s'est avéré très intéressant. Il a illustré le fait que certains bâtiments, comme les bureaux, s'avéraient relativement faciles à rafraîchir, notamment ceux d'Enertech, dans lesquels la densité est faible. En revanche, il est plus difficile de rafraîchir les salles de classe de 50 mètres carrés avec trente élèves. Lors de la prochaine édition, il pourrait s'avérer pertinent de consacrer un atelier au rafraîchissement dans les établissements d'enseignement. La construction de salles climatisées, comme cela a été le cas dans les maisons de retraite, ne sera pas possible. Il convient donc de définir un plan d'urgence qui pourra servir aux collectivités, afin que les canicules demeurent supportables lorsqu'elles sont courtes. Dans certaines écoles, il est impossible d'ouvrir les fenêtres la nuit.

**Robert CÉLAIRE** présente les conclusions de l'atelier consacré aux bâtiments publics durables. L'acuité et la durabilité de la crise climatique ont des impacts encore plus considérables pour les pays du Sud que pour les pays du Nord, qui ont les moyens de lutter contre ces phénomènes. Dans 90 % des cas, la climatisation



*BF2019\_pleniere apresmidi\_mathieugontier1*

constitue une mauvaise solution : en effet, cette technologie engendre de lourds impacts négatifs visibles, en termes architectural, acoustique, énergétique, mais aussi des conséquences cachées, avec la production de gaz frigorigènes et des filières de fabrication problématiques sur les plans environnementaux, mais aussi sociaux. Des solutions architecturales, bioclimatiques, adaptatives, comportementales existent, notamment celles qui misent sur le végétal. Elles répondent au confort d'été, tout en apportant d'autres avantages qualitatifs écologiques. En tant que dispositifs urbains, ils constituent la solution prioritaire, car ils permettent non seulement d'impacter directement le confort dans les bâtiments. Tous ces aspects ont particulièrement été mis en valeur par les représentants de la ville de Cordoue.

**Jean-Luc LAURIOL** a présenté la réhabilitation en pôle universitaire des anciens hôpitaux de Nîmes. Dans ce projet de réhabilitation patrimoniale, le design climatique, maximisant l'usage de dispositifs passifs pour le confort thermique d'été, mais aussi pour le confort en général, a fait partie de la démarche conceptuelle architecturale et fonctionnelle globale. Les potentialités du bâtiment historique (inertie, ouverture, morphologie, forme) ont été valorisées, tout en y intégrant des super structures fonctionnelles, des composants d'enveloppe et des végétaux, qui constituent autant de machines permettant de construire un projet résolument bioclimatique, dans lequel les éléments techniques ne font que compléter une contribution à la qualité des ambiances. La climatisation avait été exclue a priori. Le résultat est un projet maîtrisé et confortable, y compris l'été, à faible consommation énergétique. Le rôle de l'architecte, au centre du processus de création, a été rappelé à cette occasion.

**Bijan AZMAYESH** aborde le projet du gymnase de Costebelle, présenté par l'architecte et le bureau d'études. Dès l'origine, ce projet reposait sur l'idée forte d'utiliser le bois massif en lui attribuant plusieurs fonctions, avec un système simple, mais très élaboré, de triangulation. La résille a été remplie en fonction des façades et des orientations. Le projet a été conçu dans le cadre d'une chaîne vertueuse, d'une intelli-

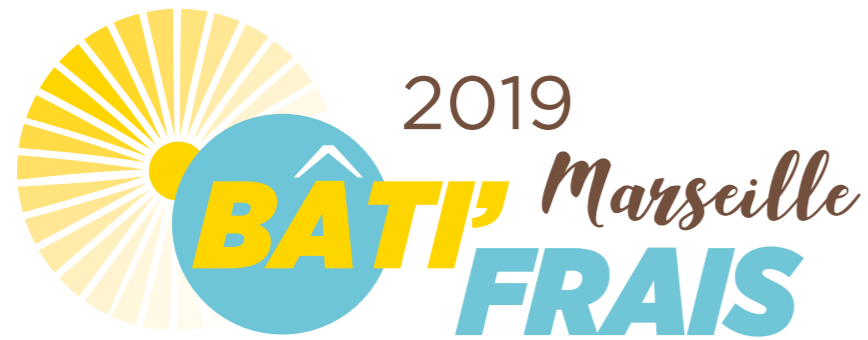
gence collective. Le retour d'expérience effectué après plusieurs années d'utilisation a permis de déterminer que les aménagements extérieurs autour du bâtiment, qui ne faisaient pas partie du projet, sont mal maîtrisés. La réalisation d'enrobés et de sols noirs classiques a apporté un inconfort devant être corrigé. La ventilation nocturne devrait également être améliorée, mais les résultats sont à la hauteur de ce qui a été programmé et calculé.

Le dernier projet, l'école Jean Carrière, a été construit en zone inondable. Il a eu pour ligne directrice la lumière naturelle et les interactions avec les arbres conservés sur le site, permettant de nouer des relations entre les enfants et la canopée. Des séquences ont été définies selon les usages. A l'usage, les résultats sont excellents, en dépit de quelques problématiques identifiées sur les intersaisons. Le confort visuel et lumineux est essentiel. Les enfants et les enseignants ont le sentiment de travailler dans une sorte de musée, ce qui a un impact positif sur l'ambiance. La concentration a augmenté.

Florence ROSA remarque que toutes les interventions se sont avérées convaincantes, quant à l'intérêt du végétal pour parvenir au confort d'été. Les propos d'Ernst Zürcher ont rappelé aux participants tout ce qu'apportent les arbres : bien-être, apaisement de tous les sens, etc. Autant d'éléments fondamentaux trop souvent oubliés. L'évapotranspiration permet d'apporter un cœur climatique à la planète, aux îlots végétaux, comme l'ont montré Francisco Caveres Clavero et Juan José Guerrero Alvarez. A cinquante mètres de distance, la canopée sous les arbres permet de réduire les températures de quinze à vingt degrés par rapport à l'enrobé voisin. L'arbre constitue le meilleur des outils, trop souvent oublié. Florence ROSA est contente que l'arbre ait été replacé au cœur de cette quatrième édition de BâtiFRAIS. En termes de climatisation passive, huit climatiseurs sont nécessaires pour parvenir au résultat obtenu avec un seul arbre. Il convient de consacrer plus de budget au végétal, d'autant que certains exemples prouvent que l'investissement financier n'est pas forcément très lourd. Des solutions existent, au cœur des espaces minéralisés.

**Sophie GENTIL** explique que l'atelier consacré au végétal et au bâtiment a permis de présenter différents axes de recherche corrélés au rafraîchissement par les plantes. Le cas d'une toiture végétalisée a été étudié, permettant de déterminer ce qui fonctionnait, mais aussi ce qui ne fonctionnait pas, en raison d'un manque d'eau et d'entretien. Les résultats comparatifs de différents types de toitures végétales ont été exposés, révélant les avantages de la gestion de l'eau pluviale et la réduction effective des températures sur la membrane en toiture. Enfin, les participants ont pu découvrir les appartements des Bosco Verticale de l'intérieur, les jardiniers volants et les coccinelles. Des moments à la fois techniques, scientifiques et poétiques.

**Florence ROSA** insiste sur la nécessité de prendre soin du végétal. Les détails comptent. Il est nécessaire d'observer, d'anticiper et de tenir compte des spécificités de chaque site. L'attitude doit être jardinière. Les arbres nous reconnectent à l'univers et favorisent l'intelligence collective. Florence ROSA lance l'idée d'ouvrir une cellule d'action paysagère et d'accueillir dans le réseau d'EnvirobotBDM encore plus de paysagistes afin de mener à bien la transition écologique.



## COLLOQUE CONFORT D'ÉTÉ

Un évènement organisé par

# envirobatbdm

En partenariat avec



Les médias partenaires



## RETOUR SUR LA SOIRÉE DES TROPHÉES BDM

Nous remercions particulièrement la Poste Immo, l'entreprise Girard et le BE Inddigo d'avoir accueilli la première remise des Trophées BDM à l'Hôtel des Postes Colbert reconnue BDM Or en phase conception.

Les trophées BDM récompensent les projets livrés reconnus Bâtiments Durables Méditerranéens les plus remarquables dans leur catégorie depuis le déploiement de la démarche BDM par l'association EnvirobatBDM à partir de 2009.

La création de ce prix participe à la diffusion des bonnes pratiques du bâtiment en valorisant les acteurs les plus impliqués dans la construction et la rénovation durables. Huit Trophées ont été décernés directement à des



projets reconnus BDM en phase usage, et donc, à l'ensemble de l'équipe du projet : l'aménageur, la maîtrise d'ouvrage, les financeurs, la maîtrise d'œuvre, les entreprises de réalisation et les usagers.

C'est l'intelligence collective mise en œuvre par ces acteurs qui permet à un bâtiment d'être conçu, réalisé et entretenu de façon respectueuse de l'environnement, en assurant des consommations énergétiques minimum et un confort optimal pour les usagers ».



## RÉSUMÉ ENQUÊTE SATISFACTION

### PRINCIPALES ATTENTES

41%

des visiteurs disent être venu pour  
**UNE RECHERCHE D'INFORMATION**

31%

des visiteurs disent être venu pour  
**FAIRE DES RENCONTRES PROFESSIONNELLES**

28%

des visiteurs disent être venu pour  
**UNE RECHERCHE DE SOLUTIONS**

### QUALITÉ DES INTERVENTIONS

71%

des visiteurs jugent le choix et la qualité des interventions  
**TRÈS SATISFAISANTES**

### B2BUILD

100%

des participants aux RDV d'affaires B2BUILD RECOMMANDE À LEUR ENTOURAGE PROFESSIONNEL D'Y PARTICIPER





2019

**BATI'** *Marseille*  
**FRAIS**

COLLOQUE CONFORT D'ÉTÉ

Un événement organisé par

envirobat**bdm**

[www.batifrais.eu](http://www.batifrais.eu) | [www.envirobatbdm.eu](http://www.envirobatbdm.eu)  
[communication@envirobatbdm.eu](mailto:communication@envirobatbdm.eu)



envirobatBDM



EnvirobatBDM



envirobatbdm



batimentsbdm