



Châteauneuf-le-Rouge

BÂTI' 9 SEPT. 2022
2022 FRAIS

LES ACTES
DU 7^e COLLOQUE
CONFORT D'ÉTÉ



Sommaire

Introduction

Sébastien Giorgis, Cécile Chery p. 4

Architecture du sud marocain au défi des changements climatiques et environnementaux

Salima Naji p. 6

REGARD D'ICI

I1 Réhabilitation patrimoniale : doit-on choisir entre performance énergétique et confort d'été ?
Alain Castells p. 7

I2 Brasseurs d'air : une solution sobre et efficace. Premiers retours du projet de recherche BRASSE.
Tangi Le Bérigot, Carlos Vazquez, Dorian Litvine, Vincent Priori p. 9

I3 Le rafraîchissement adiabatique. Retours sur le projet du Manier.
Gérard Gaget, Armand Dutreix p. 11

I4 L'impact de l'usage sur le confort. Résidence l'Espeli et bureaux HighTaiX.
Audrey Barthélémy, Séverine Dufour, Jérôme Lecubin, Matthieu Vergé-Salomon p. 13

REGARD D'AILLEURS

A1 Ventilation naturelle assistée contrôlée (VNAC). L'expérience du bâtiment Max Weber (Université Paris Nanterre).
Pascal Gontier, Julien Le Mazier p. 15

A2 Adaptation des bâtiments aux périodes caniculaires futures. Le projet de recherche Resilience.
Eduardo Serodio, Stéphane Thiers p. 17

A3 BRASS'AIR : quel impact des brasseurs d'air sur les teneurs en particules dans l'air des salles de classe à la Réunion ?
Suzanne Déoux p. 19

A4 Les cours d'écoles Oasis. Transformer les cours pour adapter la ville.
Charlotte Van Doesburg p. 21

Table ronde - Clôture

La climatisation en France

Céline Laruelle, Delphine Labbouz, Fabienne Bregeon, Frédéric Bœuf p. 23

Typologie des participants p. 25

Les intervenants p. 26

Retrouvez les présentations de BâtiFRAIS :



Rédaction : Codexa et EnvirobatBDM

Couverture : Maison des artisan-e-s, Maroc présaharien, terre crue et palmier © Salima Naji

Photographies sauf p.6 et 7 : © Bastien Labat - Maquette : Les Poulets Bicyclettes

Les visuels des plénières et ateliers sont issus des supports de présentation.

Imprimé par Exaprint à Montpellier - janvier 2023



Introduction

La 7^e édition de BâtiFRAIS s'est tenue dans un contexte tristement révélateur du changement climatique en marche : entre un été précoce, théâtre de plusieurs vagues de canicules successives et d'incendies ravageurs, et l'automne le plus chaud enregistré depuis 2006. Le colloque interprofessionnel dédié au confort d'été dans le bâtiment et l'aménagement organisé par EnvirobatBDM a réuni 250 participants au pied de la Sainte-Victoire. L'objectif n'est plus de convaincre de la nécessité de prendre en compte le confort d'été mais de déployer le plus largement les bonnes pratiques les plus sobres liées à cette thématique.

Sébastien Giorgis relève que BâtiFRAIS s'enrichit chaque année de multiples expériences. Dans le monde méditerranéen, les îlots de chaleur urbains existent depuis longtemps, mais le phénomène s'est aggravé sous l'effet du changement climatique. Ce colloque a pour objet de mettre en valeur cette diversité de points de vue, qui est en quelque sorte l'ADN d'EnvirobatBDM, car c'est l'ensemble d'une filière qu'il faut faire avancer d'un seul mouvement. Les chiffres de l'Insee font état d'une augmentation de la mortalité en 2022, ce qui prouve que l'enjeu de santé est prépondérant. Or, il est avéré que la réponse à cet enjeu par les climatiseurs¹ ne fait qu'empirer la situation. Cette journée a permis de faire le point sur l'ensemble des opérations et innovations remarquables à l'échelle du bâtiment et du quartier, car c'est à ces différentes échelles que les réponses doivent être apportées. Il ne suffit pas seulement de travailler sur les enjeux du bâtiment et de l'urbanisme, il faut également requestionner les modes de vie contemporains et poursuivre la réflexion engagée par l'Ademe.

¹ La climatisation représente 5% des émissions de CO₂ du secteur du bâtiment en France. Source Ademe, juin 2021.



Sébastien Giorgis
Architecte DPLG, paysagiste et urbaniste, Ville d'Avignon, co-président d'EnvirobatBDM



Cécile Chery
Directrice régionale adjointe Ademe PACA

Cécile Chery rapporte en préambule les propos du climatologue Jean Jouzel, selon lesquels les conditions climatiques de l'été 2022 deviendront la norme en 2050. Il est à espérer que les objectifs de neutralité carbone soient atteints à l'horizon 2050. Afin d'aider à se projeter, l'Ademe a réalisé quatre scénarios de prospective. Si ces scénarios diffèrent les uns des autres, ils comportent certains invariants indispensables pour atteindre l'objectif de neutralité carbone, à commencer par la sobriété des usages et l'efficacité des équipements et de l'aménagement. D'autres leviers comme la substitution, la réparabilité et la durée de vie méritent d'être davantage mobilisés. L'Ademe se questionne aussi sur les leviers humains et sociaux. La conférence BâtiFRAIS étant un lieu de débat, plusieurs pistes seraient intéressantes à explorer, notamment le dialogue entre pairs, l'exemplarité des pionniers, la notion relative de confort et l'accompagnement au changement. Et c'est en s'appuyant sur l'histoire et la culture locales que les constructeurs et les aménageurs, soucieux d'intégrer leurs projets dans le paysage urbain, pourront faire évoluer les mentalités.





Architecture du sud marocain au défi des changements climatiques et environnementaux



Salima Naji
Architecte DPLG
et docteure à l'EHESS

Salima Naji explique que l'enjeu climatique et environnemental l'a toujours incitée à explorer le champ de l'architecture vernaculaire et patrimoniale. Une ambition forte au Maroc, pays marqué par l'artificialité et une forme de non-confiance, voire de mépris, pour la sobriété. Au cours de sa carrière, elle a pu travailler sur de nombreux projets qui étaient à proximité de sites patrimoniaux remarquables et qui étaient soutenus par des enveloppes allant de 20 000 à 150 000 €. Il lui semble important de démontrer qu'il est possible de mener à bien des projets de qualité pour les populations les plus démunies et les plus fragiles.

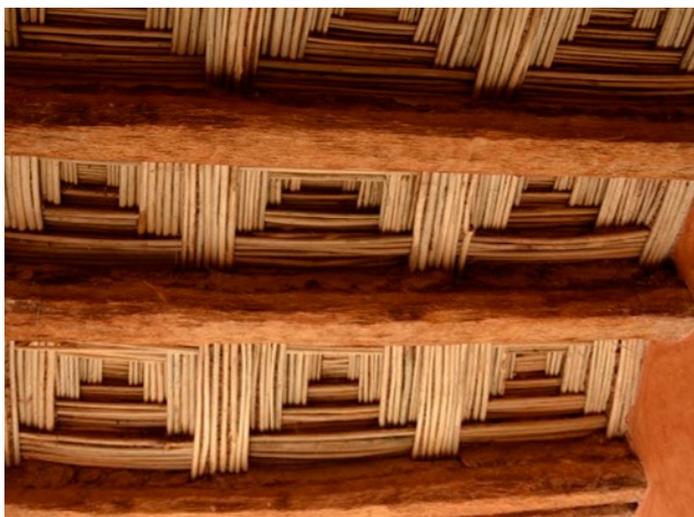
Le Maroc est aussi marqué par un héritage que Salima Naji qualifie de post-colonial, car il met en avant la dichotomie entre les villes indigènes et les villes européennes, autrement dit entre tradition et modernité. Selon elle, il ne s'agit pas de produire de l'ancien, mais du renouveau à partir de l'ancien, car la richesse de l'ancien mérite qu'on l'investisse pour construire le renouveau. Il est très intéressant de réfléchir à cette relation entre tradition et modernité, car il existe de nombreuses approches qui sortent de cette dichotomie devenue désormais caduque. Or, il est crucial de pouvoir faire émerger des idées, notamment chez les entreprises qui sont des partenaires essentiels.

Dans le cadre de son travail, Salima Naji travaille avec l'État, les particuliers, mais surtout avec les associations locales. Elle s'attache ainsi à sensibiliser les populations aux enjeux et aux techniques de construction et à promouvoir des matériaux naturels plus ou moins usités au Maroc comme la terre crue, la terre cuite et les matériaux biosourcés (palmier, palme, stipe, etc.). L'intégration de ces matériaux dans les projets nécessite un énorme travail de rédaction des cahiers des charges et de suivi des chantiers. Salima Naji a été agréablement surprise par l'enthousiasme qu'ont manifesté les habitants dans leur ensemble, hommes, femmes et enfants. Elle a d'ailleurs développé un programme spécifique avec les femmes pour leur faire produire des objets à partir de leur savoir-faire et de la matrice locale. Ayant débuté sa carrière avec l'architecture vernaculaire, elle a, par la suite, dédié

cet héritage aux différents projets sur lesquels elle a travaillé, notamment les greniers collectifs. Pour elle, l'école vernaculaire est essentielle, car en plus d'être une matrice très puissante, elle maintient le lien avec la réalité.

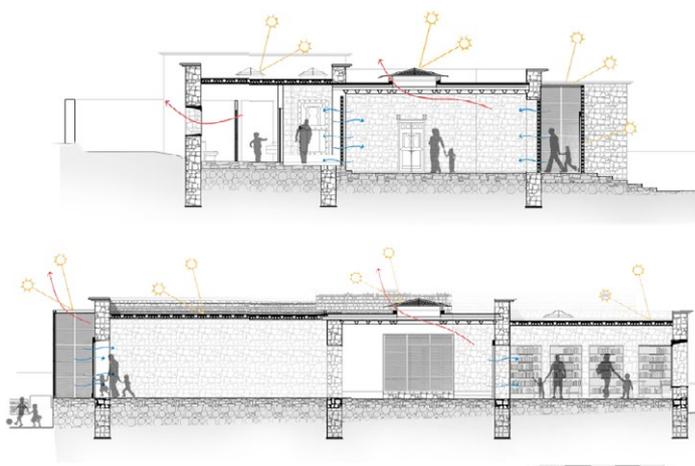
Salima Naji évoque notamment le projet de restauration du Qsar d'Assa qui a la particularité d'être construit sur un promontoire et de présenter divers matériaux et techniques à chaque strate du promontoire. Dès le départ, il a fallu convaincre les pouvoirs publics de ne pas détruire un site qui, en plus de sa qualité intrinsèque, était investi par les habitants. Ce site a pu être sauvegardé grâce à cette approche humaine et profonde, mais bien d'autres malheureusement font l'objet d'une restauration superficielle. Cette approche humaine nécessite toutefois une grande connaissance des lieux. Dans les villages traditionnels marocains, par exemple, différentes techniques sont utilisées pour créer de l'ombre, des circulations d'air et rafraîchir ainsi les espaces de circulation. Le village doit être compris comme un conglomérat d'unités interdépendantes qui forment un tout cohérent et fonctionnel. Le traitement des espaces publics et semi-publics est certainement une clé pour améliorer la qualité environnementale d'un projet.

Salima Naji insiste sur la responsabilité de l'architecte de concevoir des solutions intelligentes, efficaces et pérennes s'appuyant sur une connaissance historique et culturelle des lieux. Ces solutions reposent souvent sur des techniques simples, peu onéreuses et qui ont su faire leur preuve en terme de confort d'été par le passé, contribuant également à sensibiliser les populations à la valeur de leur patrimoine et à l'importance de le défendre.



© Salima NAJI

Coupe bioclimatique du centre culturel Aït Ouabelli



Réhabilitation patrimoniale : doit-on choisir entre performance énergétique et confort d'été ?



Alain Castells
Gérant ADDENDA

L'histoire du bâtiment

Le projet Pierre verte est né d'une volonté d'Addenda de se rapprocher de la métropole toulousaine pour favoriser l'accès des jeunes ingénieurs présents en interne. Plutôt que de construire un bâtiment neuf, Alain Castells a choisi de restaurer un édifice existant en cœur de ville, pour montrer qu'il est possible d'atteindre l'énergie positive même dans un ensemble patrimonial. Le bâtiment choisi est un ancien hôtel particulier qui a été construit en 1760 et qui a ensuite servi d'école de formation des maîtres au XIX^e siècle durant 50 ans, avant de devenir la gendarmerie de la ville d'Auch durant un peu plus d'un siècle. Au moment de l'achat, le bâtiment n'était plus utilisé depuis 15 ans. Le projet a dû faire face à plusieurs contraintes. Les panneaux photovoltaïques en toiture étaient interdits par les Architectes des bâtiments de France, ce qui obligeait à produire l'énergie positive à partir d'un hangar de 100 m² en arrière du bâtiment pour une surface utile totale en première phase de 1170 m². Le bâtiment a fait l'objet d'une inspection qui a conduit au curage et désamiantage de l'intégralité du bâtiment. Le bâtiment étant un ERP 5e catégorie, il a dû être mis aux normes PMR dans son intégralité. Enfin, le bâtiment existant était très consommateur d'énergie (495 kWh ef/m²/an).

Une réhabilitation raisonnée

L'ensemble des techniques et des matériaux ont été choisis dans le but de valoriser le vernaculaire et de conserver la qualité du bâtiment ancien. C'est la raison pour laquelle la terre crue et la fibre de bois ont été préférées au placo-plâtre pour la construction des cloisons. Ces dernières ont été conçues pour être chauffantes, ce qui permet une température douce et homogène dans tout le bâtiment. De plus, la terre est un matériau naturel et chaleureux que les personnes ont envie de toucher. Le bâtiment est Bas carbone niveau C2 du Label E+C- (notamment 51 tonnes de terre crue et 46 tonnes de bois mises en œuvre). La production électrique, qu'il s'agisse de l'éclairage ou de l'informatique, ne dépasse pas 4 W par m². L'expérience ayant montré que l'éclairage et l'informatique fonctionnaient très bien sur le courant continu, l'intégralité du bâtiment est alimentée en courant continu (lauréat de l'appel à projet de l'Ademe « Bâtiment économe » 2014). Une seule prise a été maintenue en courant alternatif pour pouvoir brancher certains équipements spécifiques comme l'aspirateur. Un stockage de 93 kW de batterie lithium et plomb assure de plus une mise en autonomie totale du bâtiment. Quant au chauffage, il est assuré par une chaudière à bois d'une puissance de 40 kW sur la première phase, remplacée par une chaudière de 70 kW pour l'alimentation des deux phases (2070 m²) soit un besoin de seulement 35 W/m². Le bâtiment est niveau E4 du Label E+C-, et a été deux fois primé à l'appel à projet NoWatt de la Région Occitanie. Il est également labellisé BDO Or.

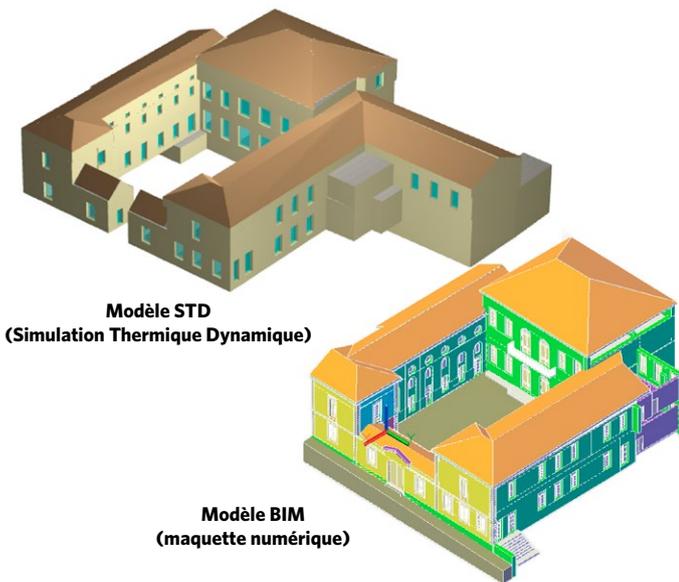
Des résultats performants

Grâce à quelques ajustements lors de la première année d'utilisation, le bâtiment produisait déjà plus d'électricité qu'il n'en consommait dès la deuxième année. Les dépenses d'électricité et de chauffage s'élèvent à 7 500 € par an (5 375 € si revente de l'excédant photovoltaïque). Si le bâtiment avait été rénové selon les standards RT 2012, elles s'élèveraient à 15 300 €, et si le bâtiment initial avait été exploité

en l'état, elles s'élèveraient à 39 300 €. Le coût des travaux sur l'ensemble du bâtiment s'est élevé à 1 233 €/m² (énergie positive et autonomie énergétique comprise). L'impact carbone du bâtiment à 50 ans représente un gain d'un peu plus de 6 tonnes de CO₂. Alors que s'il avait été construit en neuf et chauffé au gaz plutôt qu'au bois, il aurait généré un impact carbone global de 1 620 tonnes de CO₂ par an, et s'il avait continué à être exploité en l'état il aurait généré un impact de 4 830 tonnes de CO₂. Par ailleurs, des mesures de température réalisées avec des sondes ont montré que les murs épais (60 cm) à très forte inertie, non doublés et non isolés comme ceux de Pierre verte, offraient une totale stabilité thermique, évitant l'usage du rafraîchissement. Il serait donc intéressant de mener une véritable campagne de mesure pour mieux comprendre le comportement des murs anciens en matériaux non homogènes et s'assurer que les réglementations actuelles sont vraiment pertinentes, afin de ne pas imposer arbitrairement une isolation, et s'obliger ensuite à ajouter un système de rafraîchissement complémentaire, ici absolument inutile.

Pierre Verte





TEMPS D'ÉCHANGE AVEC L'AUDIENCE

Le réseau électrique est-il doublé ?

Le bâtiment est équipé intégralement en courant continu à l'exception d'une ligne de courant alternatif qui sert essentiellement à brancher l'aspirateur. La tension est en général de 240 V.

Un auditeur souligne que l'analyse d'Alain Castells sur la non-isolation ne vaut pas dans des régions très froides comme les Alpes.

Alain Castells explique que le bâtiment met trois jours pour monter en chauffe, mais qu'une fois la température idéale atteinte il se stabilise et ne consomme plus que 35 W/m². Chaque situation doit être étudiée spécifiquement, mais nous avons encore beaucoup à apprendre de l'inertie des bâtiments.

Quel est l'avis d'Alain Castells sur l'isolation extérieure ?

L'intervenant précise qu'il ne pouvait pas intervenir sur l'extérieur à cause des restrictions des ABF, ce qui permet d'expérimenter d'autres techniques. Il était important d'aller au bout de la démarche, quitte à échouer. L'enjeu était de ne pas rafraîchir le bâtiment et d'exploiter au mieux sa capacité d'inertie. Grâce à cette inertie, la température peut se stabiliser à un niveau très agréable et avec une consommation très réduite, et la non-isolation par l'intérieur supprime le besoin de rafraîchissement estival (27° C maxi en interne pour 40° C extérieur).

Une auditrice indique que ses grands-parents habitent une maison de 1929 qui n'est pas isolée et où il fait bon tout l'été. Par contre, l'inconvénient de cette maison est la sensation d'humidité en hiver. Elle souhaite savoir si le confort en hiver dans le bâtiment de la Pierre verte est dû à la mixité des équipements de chauffage ?

Alain Castells répond que le rez-de-chaussée est équipé d'un plancher chauffant et les étages de cloisons chauffantes. La seconde partie du bâtiment est équipée intégralement de cloisons chauffantes. Concernant la sensation d'humidité, elle est souvent due au fait que le transfert d'humidité est bloqué par un isolant qui est apposé aux murs, notamment dans les vieux bâtiments. Par conséquent, l'humidité a tendance à remonter à l'intérieur du mur. Dans un bâtiment comme Pierre verte où les murs sont respirants, la sensation d'humidité est totalement absente.

	PIERRE VERTE Rénovation	PIERRE VERTE Neuf	
	Changement climatique (kg eq CO2)		
AMÉNAGEMENTS & CLOISONS	-134	50 907	
COUVERTURES	7 276	68 289	
DALLES & PLANCHERS	27 032	85 231	
REVÊTEMENTS DE SOL	-3 011	-3 011	
HUISSERIES & FERMETURES	30 905	36 421	
MURS	4 331	92 935	
CVC	5 517	5 517	
TOTAL	71 916	336 289	

Matériaux Biosourcés = 34 Tonnes de Bois = 41 kg/m² Shon soit > au niveau 3 du Label BBCA
 Matériaux Géo-sourcés = 32 Tonnes de Terre Crue
 Rejet CO² en phase travaux On divise /4 les émissions de CO² comparé à une construction neuve
 Soit un gain de 264 T de CO² (-78,5%)

Cloisons bois + (terre crue non comptabilisée)
 Plancher bois
 Murs existants

Fonctionnement	Ancienne Caserne	Rénovation Traditionnelle	BBC Effnergie rénovation	Neuf RT 2012	PIERRE VERTE	
Consommation (en kWh/m ² /an)	495	178	74,5	78	- 7,74	« Empreinte Carbone Neutre »
Rejets CO ² (en Tq/CO ² /an)	89,9 T	27,4 T	9,5 T	8,3 T	- 0,13 T	
	Soit à 50 ans = - 6,85 T					
	Si PIERRE VERTE était chauffé au Gaz les émissions seraient multipliées par plus de 26 = 25,7 TCO ² /an					
Construction	PIERRE VERTE = + 72 T CO ²					
Impact Carbone à 50 ans	PIERRE VERTE = (72 T - 6,85 T) = + 65 T de CO ²					
	Si construit neuf et chauffé au Gaz = + 1 620 T de CO ² (x 2,5)					
	Si bâtiment ancien exploité en l'état = + 4 830 T de CO ² (x 74)					
	Un voyage Paris-Nouméa A/R pour 5 personnes = 67 T CO ²					

Brasseurs d'air : une solution sobre et efficace

Premiers retours du projet de recherche BRASSE



Tangi Le Bérigot
Ingénieur-docteur
en énergie et chef
de projet QE, Surya
consultants



Carlos Vazquez
Chargé de mission
retour d'expérience,
EnvirobatBDM



Dorian Litvine
Consultant chercheur
en Sciences sociales,
ISEA



Vincent Priori
Bureau d'études
Inddigo

Le contexte et la méthode

Tangi Le Bérigot explique que le projet de recherche BRASSE a été initié suite au constat du faible développement des brasseurs d'air dans les bâtiments, alors que la technologie en elle-même est assez reconnue. L'ambition de ce projet initié il y a maintenant deux ans était de traiter l'ensemble des problématiques en lien avec les brasseurs d'air (thermique, acoustique, usage, accessibilité, mise en œuvre, durabilité, etc.) et de produire des livrables opérationnels et justifiés. L'étude a été menée sur le territoire métropolitain, mais également à La Réunion. Une première démarche a été menée par le biais d'entretiens sur site ainsi que d'études de confort. Cette première approche a été complétée par une démarche sociologique et une démarche technique exhaustive, qui est toujours en cours, à la fois en laboratoire et sur le plan opérationnel (outils permettant une bonne diffusion). Le projet a été lancé en décembre 2020 par les six entités partenaires¹ constituées de bureaux d'études, de laboratoires de sciences sociales et de laboratoires techniques, et pour une durée de 30 mois. L'année 2021 a été consacrée à un premier retour d'expérience et à l'étude en sciences sociales, et l'année 2022 à des expérimentations en laboratoire et des mesures sur site. Les résultats sont en cours d'analyse et de modélisation en vue de créer des outils et des bonnes pratiques et de les diffuser pour le premier semestre 2023.

L'approche technique

Carlos Vazquez précise que les visites de sites ont eu lieu en région PACA et à La Réunion par le biais d'un questionnaire fermé et d'une enquête ouverte qui ont donné lieu à une fiche de synthèse pour chaque site. Le protocole qui a été mis en place comprenait une partie instrumentation et une partie enquête. Concernant la partie instrumentation, des mesures ont été réalisées au minimum sur deux points dans chaque site (le point situé sous le brasseur d'air et le point le plus occupé), à des vitesses différentes sur une moyenne de deux heures par site. Dans la plupart des cas, le diamètre des brasseurs d'air était assez faible (130-140cm) par rapport à l'offre du marché. La puissance varie du simple au double (entre 35 et 70 W). Quatre grandes typologies de locaux ont été définies : grande hauteur/grande surface (salles polyvalentes, réfectoires, etc.), grande hauteur/petite surface (maisons individuelles avec double hauteur), petite et moyenne hauteur/petite et moyenne surface (bureaux) et petite hauteur/grande surface (espaces hybrides). À travers ces mesures, une tendance apparaît : plus la surface est petite, plus la densité des brasseurs d'air est forte. Il apparaît également qu'il n'existe pas de préférence particulière pour la télécommande ou le boîtier et que la gestion des vitesses est plutôt méconnue. Pour rappel, en été, le brasseur d'air est utilisé à vitesse

élevée pour rafraîchir les personnes situées en dessous, et en hiver, le sens de rotation des pales est inversé pour déstratifier l'air chaud qui a tendance à monter, et procurer des économies de chauffage. La démarche a été engagée selon l'hypothèse que les bâtiments étaient fermés en PACA et à La Réunion dans le but de conserver la fraîcheur. L'étude a finalement montré que les bâtiments étaient ouverts, car les occupants pensent « rafraîchir » l'air en ouvrant les fenêtres, même s'il fait très chaud dehors.

Dorian Litvine poursuit en indiquant que l'étude en sciences sociales visait à répondre aux deux questions suivantes :

- Qu'est-ce qui bloque l'utilisation des brasseurs d'air ?
- Qu'est-ce qui pourrait stimuler l'usage des brasseurs d'air ?

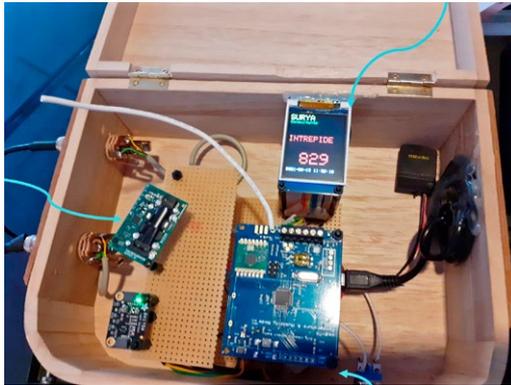
L'approche sociotechnique

Il a ainsi été opté pour une démarche sociotechnique exploratoire auprès des usagers et des professionnels en mobilisant des outils issus de la psychologie sociale, de l'économie et de la sociologie, et en vue d'établir des données qualitatives. Cette démarche visait tant le côté de la demande (occupants de bâtiment) que le côté offre (professionnels). Côté demande, quatre types de cibles ont été croisées : habitation, hors-habitation, avec brasseurs d'air et sans brasseurs d'air. Le processus comprenait un état de l'art (grandes thématiques structurantes), une investigation qualitative (43 entretiens semi-directifs) et un complément semi-quantitatif (web questionnaire). L'étude a montré que les brasseurs d'air sont souvent perçus comme un équipement un peu vieillot et désuet, pouvant générer des nuisances sonores et physiques (air sur la tête), mais potentiellement économique, pratique et utile pour améliorer le confort. Les motivations à utiliser les brasseurs d'air sont diverses, mais en priorité le confort thermique en été, la contribution à l'environnement et la réduction de la consommation électrique. L'étude a toutefois montré que la motivation la plus forte était la réduction de la consommation. Les freins les plus fréquemment cités par les professionnels sont le manque de volonté du maître d'ouvrage, la faible connaissance de l'équipement et son image négative. Enfin, plusieurs leviers ont été identifiés pour améliorer l'utilisation des brasseurs d'air : favoriser l'expérimentation du dispositif pour le comparer avec la climatisation, sensibiliser pour sortir de l'image désuète du brasseur d'air et réaliser des retours d'expérience entre professionnels, usagers et maîtres d'ouvrage. Dans un contexte de réchauffement climatique, le brasseur d'air pourrait être perçu comme un dispositif intéressant au regard de ses performances et avantages.

¹ Surya consultants, Lasa (laboratoire privé en acoustique), Isea (sociologue indépendant), Laboratoire Piment (Université publique de La Réunion), laboratoire Eiffel aérodynamique (filiale du groupe CSTB) et EnvirobatBDM.

Appareils de mesure

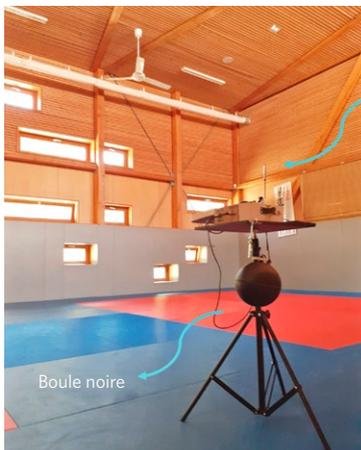
Écran de contrôle

Capteur CO₂

Luxmètre

Temp/Humidité

+ Sonde température extérieure



Anémomètre

Boule noire

Le projet BRASSE se poursuit

Tangi Le Bérigot conclut en indiquant que des tests réalisés en laboratoire ont permis de clarifier le fonctionnement d'un brasseur d'air et le comportement de l'air sous l'effet de la ventilation. Ces résultats ont permis d'avancer sur l'évaluation du confort et sur les paramètres à prendre en compte. Les prochaines étapes du projet BRASSE auront pour objet de tester un maximum de configurations différentes, dans le but de produire des données de performance en lien avec l'objectif de l'équipement. Ces données comparables, issues d'essais standardisés dans des conditions d'usage cohérentes, permettront in fine de dégager des règles de bonnes pratiques. La fin des travaux pour le projet BRASSE est prévue au cours du premier semestre 2023. La connaissance sera diffusée au printemps 2023 via un webinar de restitution et un rapport de synthèse des études. Il est à noter que le collectif BRASSE travaille en collaboration avec le bureau d'études Iddigo qui mène un projet similaire.

Vincent Priori confirme que le bureau d'études Iddigo travaille sur un projet du même ordre avec certains départements d'outre-mer. Le bureau d'études a l'ambition de réaliser un guide technique pour fin 2022/début 2023 ainsi qu'un site internet associé pour aider les maîtres d'ouvrage à installer et maintenir les brasseurs d'air. Ce guide sera complémentaire des travaux menés par le collectif BRASSE. Il est à espérer que ces deux projets contribuent à une diffusion massive des brasseurs d'air et à l'amélioration du confort dans les bâtiments.

TEMPS D'ÉCHANGE
AVEC L'AUDIENCE

Un auditeur remercie le collectif BRASSE pour son travail, car les brasseurs d'air sont encore très peu répandus en France métropolitaine. Il dit ne pas être opposé à la climatisation, qu'il suggère de compléter avec un dispositif brasseur d'air. En effet, lorsque le taux d'humidité atteint 70 ou 80 %, l'efficacité du brasseur d'air seul reste limitée. Il se dit tout à fait favorable à discuter de ces sujets pour promouvoir un dispositif qui présente de nombreuses qualités, mais qui est encore trop peu utilisé.

Les résultats de cette étude donneront-ils lieu à une synthèse de vulgarisation ?

Il est effectivement prévu de produire des livrables opérationnels, le but étant de diffuser l'information le plus largement possible.

Est-il prévu de mettre l'accent sur le lien entre la hauteur d'un immeuble et l'utilisation des brasseurs d'air, voire d'inciter à construire des bâtiments plus hauts ?

Oui, il est prévu de tester l'impact de la hauteur sur l'efficacité du brasseur d'air.

Le collectif s'est-il intéressé à la manière dont les usagers différencient les brasseurs d'air d'autres dispositifs plus communs comme les ventilateurs ?

Dorian Litvine répond qu'il s'est surtout attaché aux différents termes utilisés et à leur perception. Les usagers qui n'expérimentent pas les brasseurs d'air ne sont pas vraiment en mesure de comparer ce dispositif avec d'autres. Dans l'ensemble, le terme de brasseur d'air n'est pas très connu. Carlos Vazquez ajoute que certaines personnes préfèrent les ventilateurs individuels, car ils sont faciles à transporter.

Est-il prévu de mener une enquête avant et après installation dans certains projets identifiés ?

Tangi Le Bérigot répond qu'aucune étude de ce genre n'est réalisée à ce jour. Vincent Priori ajoute que la plupart des gens sont sceptiques vis-à-vis des brasseurs d'air, mais qu'ils sont rapidement convaincus une fois qu'ils en ont fait l'expérience. L'enjeu est donc de se débarrasser de cette image désuète qui est surtout répandue en France. Dorian Litvine précise que la méthode de recueil «avant/après» est efficace, mais potentiellement chronophage, ce qui explique qu'elle n'ait pas été prévue dans la méthodologie de l'étude. Concernant l'image des brasseurs d'air, elle n'est pas toujours négative, car certaines personnes y voient une solution économique et écologique.

Existe-t-il des logements témoins pour mesurer l'intérêt du dispositif ?

Il n'existe pas de logement témoin en tant que tel. Pour convaincre la maîtrise d'œuvre de l'intérêt d'un brasseur d'air, Vincent Priori invite plutôt les personnes dans ses bureaux, où différentes configurations tests ont été installées, pour qu'elles expérimentent réellement le dispositif.

Le rafraîchissement adiabatique

Retours sur le projet du Manier



Gérard Gaget
Responsable de l'activité rafraîchissement adiabatique, Adexsi



Armand Dutreix
Ingénieur énergétique, Biodynamique

Le projet du Manier

Armand Dutreix explique que le projet du Manier consistait à réhabiliter un ancien mas et à créer une extension neuve bioclimatique, le Manier étant un bâtiment accueillant des personnes âgées et fragiles. Le cahier des charges prévoyait comme objectif principal d'assurer un bon niveau de confort en ceinture de Marseille dans un bâtiment datant de 150 ans. L'extension a été construite en matériaux biosourcés et fonctionne sans climatisation. Quant à la partie ancienne, elle a été réhabilitée en utilisant également des matériaux biosourcés ainsi que le système adiabatique pour atteindre l'objectif de confort thermique. Le résultat global est excellent, car le bâtiment offre un confort en été comme en hiver et les résidents sont satisfaits. Le système adiabatique est souvent perçu comme un système moderne et complexe. En réalité, il s'agit d'un principe très ancien que les Romains utilisaient déjà pour rafraîchir leurs constructions en été. Il nécessite peu d'entretien et aucun équipement supplémentaire particulier.

Concernant l'extension neuve, la sobriété énergétique reposait sur quatre principes : conception bioclimatique, très forte inertie, ventilation naturelle et isolation extensive. Cette dernière consiste à ne pas isoler le sol intérieur pour profiter de l'inertie de la terre, qui est bien supérieure à n'importe quel élément de construction, mais à isoler le sol à l'extérieur de chaque paroi pour éviter que le froid de l'air extérieur ne pénètre à l'intérieur. En principe, il faut six mois au froid ou à la chaleur pour traverser cinq mètres de terre au sol, ce qui permet d'amortir les fluctuations de température à l'échelle de l'année. En effet, le froid emmagasiné en hiver continue de se diffuser en été et la chaleur emmagasinée en été continue de se diffuser en hiver. La première année, les occupants du bâtiment ont souhaité faire l'expérience de ne pas allumer le chauffage ou la climatisation, en s'appuyant uniquement sur l'inertie du bâtiment. La température intérieure n'est pas descendue en dessous de 18°C en hiver et n'a que très ponctuellement dépassé les 27°C en été. Les occupants ont tout de même ressenti le froid en hiver et ont demandé de rallumer le chauffage à six reprises pendant deux heures. Ces chiffres montrent que les fluctuations de température ont été très bien amorties. Le même phénomène s'observe à l'échelle de la journée. La technique de l'isolation extensive permet donc de lisser les températures et d'annuler ainsi les effets négatifs de la canicule, sauf en cas de conditions extrêmes.

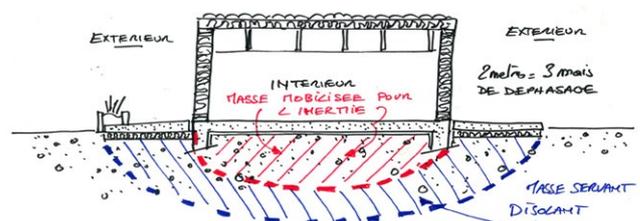
Le rafraîchissement adiabatique

Pour l'ancien mas, les contraintes techniques et patrimoniales n'ont pas permis d'utiliser l'isolation extensive. Comme pour l'extension, les matériaux utilisés étaient biosourcés. La sobriété énergétique reposait sur trois principes : ventilation naturelle, tour à vent et rafraîchissement adiabatique. La tour à vent fonctionne par tirage thermique, à la manière d'une cheminée, et permet d'évacuer l'air chaud par le haut du bâtiment sans consommer d'électricité. Des mesures ont été réalisées pendant la canicule de 2020 et ont montré que les températures dans les espaces traités par rafraîchissement adiabatique atteignaient des pics de 28°C, alors que les autres espaces atteignaient les 35°C. Gérard Gaget explique qu'une technologie doit permettre d'atteindre

le confort, lequel confort dépend de cinq critères : température, humidité relative, rayonnement, vitesse de l'air et activité/habillage des occupants. Le système adiabatique permet un abaissement de la température à énergie constante. La chaleur de l'air permet de faire s'évaporer de l'eau qui, en s'évaporant, absorbe de l'énergie. Cette solution est très économique, car le problème devient la solution. Il faut bien distinguer les phénomènes de brumisation et d'évaporation. La brumisation consiste à projeter de l'eau qui reste à l'état liquide, ce qui peut véhiculer des bactéries. Alors que l'évaporation consiste à charger l'air d'humidité sans transporter l'eau à l'état liquide, ce qui évite la transmission de bactéries. Le rafraîchissement adiabatique présente notamment l'avantage de réduire le risque de légionellose (pas de microgouttelettes, pas d'eau stagnante et faible température de l'eau). Au départ, la solution adiabatique a été privilégiée pour les grands volumes. La climatisation consiste à absorber les calories, alors que le rafraîchissement adiabatique consiste soit à renouveler l'air, soit à évacuer les calories. L'air chaud étant plus léger que l'air froid, il est possible de stratifier un bâtiment et d'obtenir des résultats très intéressants : l'air frais est diffusé dans la partie basse et l'air chaud est évacué par le haut. Le renouvellement de l'air évite tout problème d'hygrométrie. Il est à noter que l'évaporation de l'eau entraîne une augmentation de la concentration en minéraux dans l'eau restante, ce qui implique de vidanger la cuve une fois le seuil de précipitation atteint.

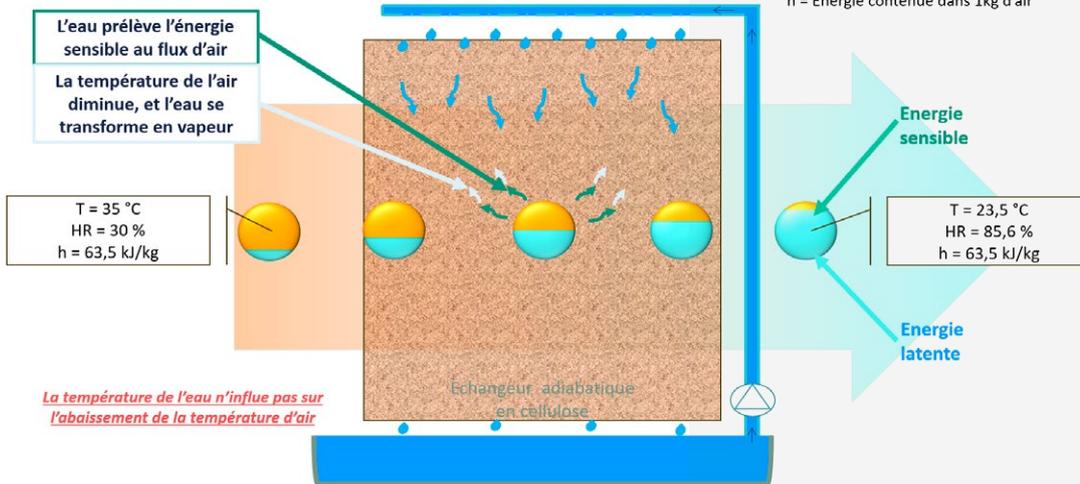
Par ailleurs, le rafraîchissement adiabatique permet d'utiliser le free cooling pour réaliser des économies. Le système adiabatique peut s'installer en façade, en toiture et au sol, et peut se raccorder à un système de ventilation tout air neuf existant. Il peut être installé en direct, en indirect ou en combinant les deux (twins). L'indirect consiste à refroidir l'air sortant qui à son tour refroidit l'air neuf entrant au niveau de l'échangeur et sans augmenter l'humidité de l'air neuf. Ce qui s'avère une solution rassurante pour les ERP. La solution twins, quant à elle, consiste à refroidir l'air entrant qui est soufflé dans les locaux ainsi que l'air sortant. Un autre avantage du système de rafraîchissement adiabatique est qu'il permet de refroidir le bâtiment pendant la nuit. En effet, la ventilation continue entre 19h et 7h du matin, alors que la production de chaleur est réduite ou nulle (hommes, machines, rayonnement solaire, etc.). Ainsi, le système adiabatique ne rafraîchit pas seulement l'air, mais aussi le bâti, même si la température de l'air extérieur reste élevée pendant la nuit.

Isolation extensive

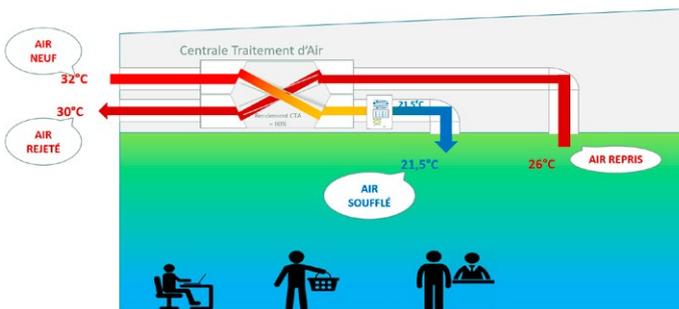


PHENOMENE ADIABATIQUE

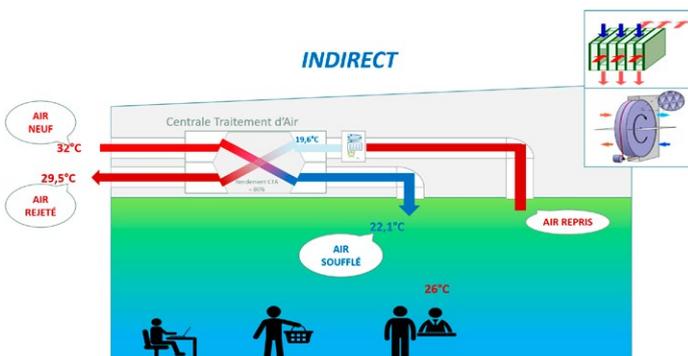
T = Température
HR = Humidité relative
h = Energie contenue dans 1kg d'air



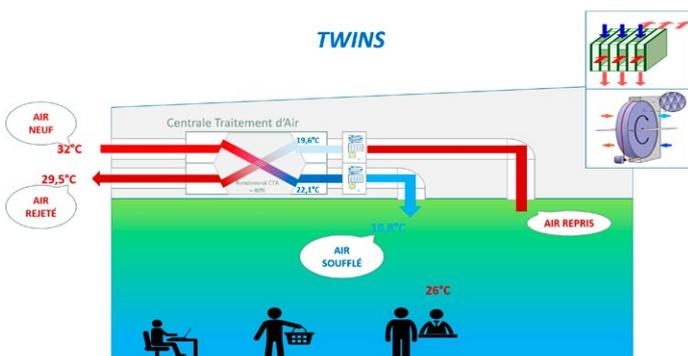
DIRECT



INDIRECT



TWINS



TEMPS D'ÉCHANGE AVEC L'AUDIENCE

Un auditeur confirme que le système adiabatique est très performant, à condition de bien maîtriser le degré d'hygrométrie dans les bâtiments.

Quelle est la fréquence d'entretien de l'échangeur et la consommation d'eau ?

Un échangeur peut facilement durer cinq ans sous réserve d'une bonne gestion de l'eau. Un entretien par an suffit. Un système en toiture de 10 000 m³/h consomme en moyenne 25 litres par heure, soit 25 m³ par été environ.

Le système peut-il fonctionner en bord de mer où le taux d'hygrométrie peut être élevé ? Et quel est le volume du renouvellement d'air dans le bâtiment du Manier ?

Armand Dutreix répond que le renouvellement d'air a été calculé à 50m³ par heure et par personne. Gérard Gaget souligne que le système adiabatique fonctionne également dans les bâtiments avec de grands volumes et de grandes ouvertures, car il repose sur le déplacement et le renouvellement d'air. Dans les zones humides, le système fonctionne, mais n'est pas aussi efficace que dans les zones plus sèches.

Le système est-il compatible avec l'habitation individuelle ?

Oui, l'adiabatique est utilisé pour la maison individuelle dans de nombreux pays et les premières applications commencent en France en insufflation d'air ou couplé à des VMC double-flux.

Est-il possible d'utiliser de l'eau non potable ?

Oui, c'est possible.

L'impact de l'usage sur le confort

Résidence l'Espeli et bureaux HighTaiX



Audrey Barthélémy
Ingénieur spécialisée en développement durable, AB Sud Ingénierie



Séverine Dufour
Responsable de programmes, Logirem



Jérôme Lecubin
Architecte fondateur d'Atelier Empreinte



Matthieu Vergé-Salamon
Dirigeant de HighTaiX

Bureaux HighTaiX

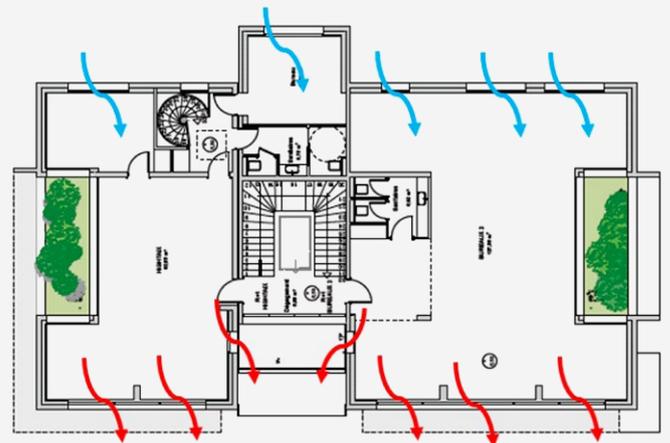
Matthieu Vergé-Salamon explique que les bureaux HighTaiX sont situés dans un quartier durable méditerranéen (QDM) au sud d'Aix-en-Provence. Le projet était porté par deux motivations principales : réaliser un bâtiment performant sur le plan environnemental dans un contexte méditerranéen et éviter qu'il ne devienne désuet sur le plan patrimonial dans 10 ou 20 ans. Le bâtiment est certifié par le label BDM argent et Bâtiment à énergie positive. Le chauffage est assuré par la géothermie et le rafraîchissement par la ventilation naturelle. Les matériaux sont recyclés et recyclables, notamment les dalles qui sont fabriquées en PVC recyclé. Les isolants sont naturels, à base de laine de bois. Le rez-de-chaussée du bâtiment est constitué d'un espace de 5 mètres de hauteur sous plafond et l'étage est composé de bureaux dont une partie est louée à des cabinets d'avocats et d'experts-comptables et une autre partie est occupée par HighTaiX.

Audrey Barthélémy ajoute que toutes les baies sont équipées de protections solaires extérieures. Près des escaliers, des fenêtres spéciales ont été créées pour aérer le bâtiment pendant la nuit en toute sécurité. Comme exigé par le règlement de la ZAC, le système de chauffage et de rafraîchissement est raccordé au réseau de chaleur de la ZAC.

Matthieu Vergé-Salamon précise que l'eau est puisée à 300 mètres de profondeur avant d'être intégrée au système de géothermie. Des pompes à chaleur sont réparties sur tout le site.

Audrey Barthélémy indique que les sanitaires sont équipés d'une ventilation simple flux et le reste du bâtiment d'une ventilation double flux. L'eau chaude est produite par des ballons répartis à chaque point d'eau. Contrairement à la partie louée aux cabinets d'avocats et d'experts-comptables, qui a été cloisonnée, la partie HighTaiX est entièrement ouverte pour favoriser la ventilation. Dans le cadre du suivi du label BDM, des ratios de consommation d'énergie ont dû être calculés. Le but de ce témoignage est de mettre en évidence l'influence de l'usage d'un bâtiment sur les consommations d'énergie. Pour le chauffage, la partie louée consomme 33 kWh par mètre carré par an et la partie HighTaiX seulement 21 kWh, soit une moyenne de 28 kWh sur l'ensemble du bâtiment. Pour le rafraîchissement, la partie louée consomme 31 kWh par mètre carré par an et la partie HighTaiX seulement 7 kWh, soit une moyenne de 22 kWh sur l'ensemble du bâtiment. Matthieu Vergé-Salamon précise que le fait d'avoir cloisonné tous les bureaux empêche les cabinets d'avocats et d'experts-comptables de profiter de la ventilation naturelle.

Audrey Barthélémy ajoute que les besoins globaux en termes de climatisation avaient été évalués à 9 kWh par mètre carré et par an sur la base d'une utilisation passive à l'échelle de tout le bâtiment.



Conception bioclimatique

- Casquettes au Sud
- Retour de façades à l'Est et à l'Ouest
- Brise-soleil orientables sur les menuiseries Sud et Ouest
- Végétation
- Brise-soleil devant le mur rideau au Sud
- Sur ventilation au RDC et R+1: Par ouverture sécurisées des fenêtres

R+1

TEMPS D'ÉCHANGE AVEC L'AUDIENCE

La ventilation naturelle nocturne est-elle utilisée ?

Elle n'est pas utilisée par les locataires, car ils ont cloisonné l'espace.

Quels moyens ont les occupants de se protéger du soleil ?

Les fenêtres sont équipées de brise-soleil qui bloquent les rayons à l'extérieur du bâtiment. En hiver, le soleil est plus bas et chauffe l'intérieur en passant à travers les fenêtres. Le système de ventilation naturelle peut être activé le soir pour que le bâtiment se rafraîchisse pendant la nuit.

Concernant l'ouverture sécurisée des fenêtres : comment le risque d'intrusion est-il pris en compte ?

Les fenêtres du rez-de-chaussée sont équipées de barreaux et de panneaux oscillo-battants et les fenêtres de l'étage de panneaux oscillo-battants.



TEMPS D'ÉCHANGE AVEC L'AUDIENCE

La maîtrise d'ouvrage souhaiterait-elle renouveler ce type de projet ?

Oui, ce genre de projet sera amené à se renouveler, car le bâtiment est performant sur le plan énergétique et ses occupants sont satisfaits.

Les occupants ont-ils été sensibilisés à la nécessité de ne pas ouvrir les fenêtres en journée pour conserver la fraîcheur ?

Oui, ce point est spécifié dans le livret que les locataires ont reçu.

Cette opération a-t-elle coûté plus cher qu'une opération classique et l'éventuel surcoût a-t-il été absorbé par le biais des loyers par exemple ?

Séverine Dufour répond qu'il n'est pas possible d'augmenter les loyers. Quant au coût de construction, il n'a pas posé problème pour le maître d'ouvrage. Jérôme Lecubin précise que les coûts se sont avérés moins élevés que prévu. Globalement, le résultat est très satisfaisant, surtout au vu des prix actuels.

Le choix architectural a-t-il obligé à réduire le nombre de mètres carrés ?

Les mètres carrés n'ont pas dû être réduits dans ce projet, car l'emprise au sol était assez faible.

Une auditrice note que certaines fenêtres donnant sur les coursives sont équipées de volets roulants qui bloquent la circulation d'air lorsqu'ils sont fermés. Au contraire, les volets oscillo-battants permettent d'aérer tout en protégeant le logement de toute intrusion.

Jérôme Lecubin explique qu'il a souhaité mettre en place des dispositifs spécifiques à la ventilation au-dessus des portes d'entrée.

Les habitants sont-ils satisfaits des ouvrants à la française ?

Aucun retour particulier n'a été enregistré sur ce sujet.

Les habitants laissent-ils leur porte d'entrée ouverte ?

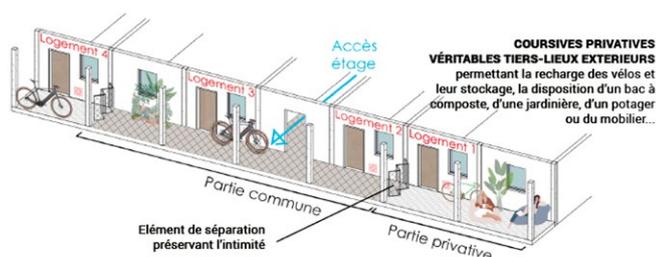
Oui, certains le font.

Les habitants se plaignent-ils du bruit lorsque les fenêtres ou les portes sont ouvertes ?

Aucune plainte sur ce sujet n'a été portée à la connaissance des intervenants.

Un auditeur souligne que l'adaptabilité du bâtiment est possible pendant la conception, mais qu'une fois construit, il ne peut plus évoluer.

Jérôme Lecubin explique que le système modulaire a été choisi pour répondre au programme et que l'ambition du projet était d'obtenir une compacité complète et de minimiser le ratio façade/surface intérieure. Il est vrai que l'organisation est désormais figée. De nouveaux schémas sont en réflexion dans le but d'offrir une meilleure adaptabilité pour les prochains projets.



Résidence l'Espeli

Jérôme Lecubin explique que le projet est issu d'un appel d'offres et que le cabinet a eu la chance d'être suivi par le maître d'ouvrage pour y appliquer un certain nombre de principes, notamment la compacité : quatre logements en enfilade reliés par une coursive, ce qui permet d'orienter chaque logement au nord et au sud. Le choix de créer des coursives favorise la circulation, mais oblige à limiter le nombre de logements dans la longueur et à traiter de manière intelligente les interférences entre les logements et les personnes qui circulent devant. Chaque logement est un espace traversant conçu avec un séjour central autour duquel s'articulent différents modules, ce qui offre à la fois une grande adaptabilité des logements dès la conception pour répondre à la demande du maître d'ouvrage et la possibilité pour les habitants de les moduler en fonction de leurs besoins. Le confort d'été repose essentiellement sur un système passif, ce qui implique de maximiser l'inertie par les dalles, les plafonds et les refends. Les espaces devant les logements sont des « tiers lieux » qui peuvent servir à de multiples usages (potager, salle de jeux, bureau, etc.). La façade/coursive intérieure est construite en bois rapporté, les façades extérieures sont en siporex et la structure en béton. Un système de panneaux coulissants permet d'ajuster la protection solaire.

Audrey Barthélémy ajoute que depuis sa livraison en 2018, les habitants se sont bien appropriés le bâtiment : les panneaux coulissants sont utilisés, des voiles ont été ajoutés au dernier étage, des jardins ont été plantés au rez-de-chaussée, les balcons ont été végétalisés, etc. Des enregistreurs, positionnés dans plusieurs logements, ont montré que la température intérieure ne dépassait jamais les 28°C, malgré des températures extérieures dépassant largement les 30°C. Audrey Barthélémy insiste sur le fait que le confort d'été dépend aussi du bon usage du bâtiment par ses occupants, d'où l'importance de les sensibiliser.

Ventilation naturelle assistée contrôlée (VNAC)

L'expérience du bâtiment Max Weber (Université Paris Nanterre)



Pascal Gontier
Architecte



Julien Le Mazier
Ingénieur Génie
Climatique, INEX

La bâtiment Max Weber, introduit par Pascal Gontier, a fait l'objet d'un concours lancé en 2012 par l'Université de Nanterre, qui souhaitait un bâtiment représentatif de la recherche. Une approche environnementale était souhaitée sans que les attentes ne soient spécifiées, conférant une grande liberté aux architectes.

Les fondamentaux retenus s'établissent comme suit :

- Conception en bois à 100 %,
- Lumière naturelle dans tous les espaces,
- Absence de faux plafonds,
- Ventilation naturelle,
- Rafraîchissement sans climatisation.

Le bâtiment Max Weber

L'objectif était de redonner un caractère et une image aux bureaux en travaillant sur la matérialité.

En termes d'image, Pascal Gontier a cherché à ériger un bâtiment camouflage qui puisse se confondre avec les autres bâtiments de l'Université de Nanterre en veillant à ne pas les rendre obsolètes.

Le bâtiment, construit en «U», est constitué de trois parallélépipèdes de douze mètres. Des terrasses ont été créées dans les angles. L'absence de faux plafonds permet de faire vivre le matériau. À l'exception du sous-sol et des chapes, le béton n'est pas utilisé. Pascal Gontier a pris le parti de ne montrer le bois que lorsqu'il est structurel. L'exception concerne le petit amphithéâtre, similaire à une boîte à violon. Les trois escaliers sont en bois et lumière naturelle, sans contremarche car le bâtiment n'étant pas un ERP, il n'est pas soumis à la réglementation en la matière.

L'intégration de la VNAC

Le schéma initial a été strictement respecté. Les cheminées en ventilation naturelle constituent un élément structurant du projet. Le rez-de-chaussée n'est pas en ventilation naturelle, mais en double flux avec un puits canadien.

L'arrivée d'air opère par les façades à travers les grilles de ventilation placées dans les linteaux des fenêtres. Un caisson de ventilation naturelle ouvrant par simple fenêtre était à l'origine prévu, mais impliquait des recherches acoustiques et un prototypage préalable.

Deux sortes de cheminées de 3 mètres de hauteur, dotées de tourelles, ont été retenues pour fonctionner en hiver et en été.

Julien Le Mazier présente en détail le fonctionnement de la ventilation naturelle.

Deux éléments fondamentaux ont été utilisés : les écarts de pression et les écarts de température. À travers sa capacité à capter les vents, le Badgir 2.0, nom qu'ils ont donné à leur solution, crée une dépression de façade à façade. Celle-ci permet à l'air de rentrer naturellement dans le bâtiment. Le deuxième levier réside dans l'écart de température. Le système retenu a été répercuté 150 fois sur les 150 bureaux composant le bâtiment. Deux prises d'air auto réglables et une prise motorisée ont été utilisées. Pour chaque bureau, un conduit individuel gère la partie incendie.

Le principe repose sur l'absence d'intervention technique et de

maintenance au sein des bureaux. Tout s'opère en toiture. À l'intérieur des tourelles se trouvent 4 ou 8 conduits individuels dotés d'un capteur mesurant en permanence le vent, l'air et la température et permettant d'actionner le registre situé au-dessus. Le système est complété par une tourelle permettant d'augmenter le tirage thermique pour le dernier étage de bâtiment. En résulte un bâtiment qui ne nécessite pas d'entretien.

Les consommations énergétiques du bâtiment sont relativement faibles. En termes d'investissement, la ventilation naturelle n'est pas plus onéreuse que la ventilation double flux qui ne compense pas son investissement initial par les gains sur la récupération de chaleur à long terme.

L'efficacité de la VNAC

Julien Le Mazier illustre le fonctionnement de la VNAC. Afin d'atteindre une mesure de débit horaire, il convient d'en laisser dériver le fonctionnement durant les 30 premières minutes, mesurer la vitesse moyenne, puis de calculer la consigne nécessaire lors des 30 minutes suivantes pour atteindre la consigne horaire, et si nécessaire avec l'assistance mécanique. En découlent les oscillations observées sur le graphique. La coupure intervient ensuite à 20 heures. La surventilation démarre à minuit pour refroidir le bâtiment jusqu'à 6 heures du matin. En définitive, l'assistance mécanique de la ventilation naturelle fonctionne en moyenne 20 % du temps. La facture énergétique de la VNAC s'élève à 150 euros annuels.

Le système démontre son efficacité lorsqu'il est automatisé, mais demeure limité par une régulation non optimisée (limitation des débits et des plages horaires).

Le système de puits canadien installé au rez-de-chaussée a démontré son efficacité pour obtenir de l'air frais gratuit sans climatisation en été (écart négatif de 15 degrés avec la température extérieure).

Puits canadien en fonte pour le RDC



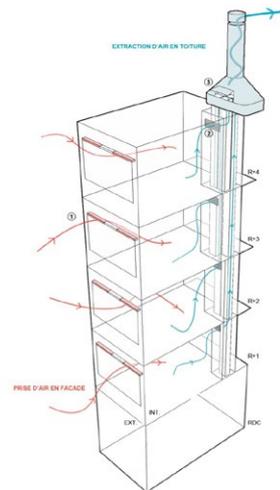
Pour comprendre la dérive d'un bâtiment avant la mise au point de stratégies de ventilation efficaces, il convient de déterminer la place de l'utilisateur dans ces systèmes. Les occupants du bâtiment ont été sensibilisés aux enjeux. Des témoins lumineux ont été ajoutés pour signaler le fonctionnement de la VNAC.

Les brise-soleil jouent un rôle structurant dans les stratégies estivales. C'est la raison pour laquelle les concepteurs ont choisi un système automatisé débrayable.

Le fonctionnement des bâtiments en période estivale doit être questionné au regard des canicules à venir. Selon Julien Le Mazier, l'enjeu réside dans l'acceptabilité des solutions proposées. Le bâtiment, sans aucune personne en son sein, fonctionne parfaitement bien. Le rôle de l'occupant doit donc être pris en compte par les concepteurs.

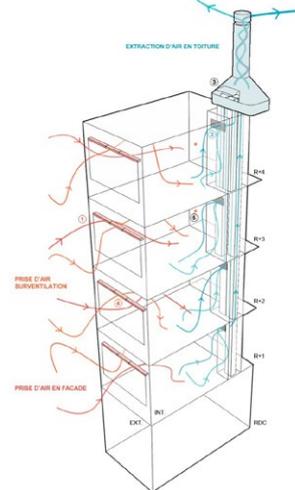
Enfin, les solutions low-tech en périodes chaudes consistent à adapter ses activités et horaires, réduire les apports externes et internes (limiter l'entrée du soleil dans les bâtiments et les usages informatiques) et arrêter de faire rentrer de l'air chaud dans les bâtiments.

FONCTIONNEMENT HIVER



LEGENDE
1. Prise d'air par les menuiseries extérieures
2. Grille d'extraction d'air vers conduits individuels
3. Cheminée regroupant 4 à 8 conduits individuels

FONCTIONNEMENT MI-SAISONS / ETE



LEGENDE
1. Prise d'air par les menuiseries extérieures
2. Grille d'extraction d'air vers conduits individuels
3. Cheminée regroupant 4 à 8 conduits individuels
4. Prise d'air de surventilation motorisée
5. Commande de surventilation

TEMPS D'ÉCHANGE AVEC L'AUDIENCE

Quel est l'objectif de température à ne pas dépasser dans le programme ?

En température opérative, il ne faut pas dépasser 28 degrés plus de 50 heures par an. Cette réflexion est néanmoins quelque peu datée puisque les canicules ont tendance à faire dériver les bâtiments plus rapidement.

La courbe de température aurait-elle pu être davantage lissée en mettant davantage d'inertie dans le bâtiment ?

L'inertie a été ajoutée principalement par l'utilisation des panneaux en laine de bois. Les limites ont été rapidement atteintes en raison du procédé de construction en bois. Un participant ajoute que des cloisons en terre crue auraient favorisé l'inertie. Julien Le Mazier en convient. Les équipes ont été tenues par les coûts et délais de construction. Pascal Gontier souligne que désormais, il propose systématiquement de la paille dans ce type de projet. En 2012, le bois faisait peur au jury. Il a conscience qu'il est possible de faire davantage en construction bois pour intégrer de l'inertie décarbonée.

Un participant interroge le bilan global sur les besoins de consommation de chaud. En confort d'hiver, comment gérer le soufflage d'air froid ? Y'a-t-il des batteries ?

Julien Le Mazier répond que la facture énergétique s'établit juste en-dessous de la simulation RT2012 autour de 20 à 30 kWh/m²/an. En hiver, les volets

se ferment tous les soirs afin de créer une boîte hermétique. Pascal Gontier souligne qu'il n'y a pas d'inconfort généré en hiver, car l'air entre extrêmement lentement dans le bâtiment.

Les façades ont-elles fait l'objet d'un traitement différencié selon leur orientation ?

Pascal Gontier répond par la négative. À titre personnel, il n'est pas favorable au bioclimatisme et distingue le bioclimatisme urbain du bioclimatisme rural. Il ne place pas de fenêtres plus petites dans les bureaux exposés au nord afin d'éviter un effet double peine. L'architecture est la même pour tous. Julien Le Mazier explique que les brise-soleil disposent de capteurs de luminosité sur chaque façade. La règle de calcul est la même, mais varie en fonction de l'orientation. Les principes passifs sont uniformes, mais les principes actifs sont adaptables.

Quel est le retour sur investissement du puits canadien par rapport à une solution à batterie ou à eau ?

Julien Le Mazier indique que le puits canadien a coûté 40 000 € pour un bâtiment de 5 000 m². L'électricité coûtant de plus en plus cher, l'amortissement sera plus rapide. Le participant fait savoir qu'Elixair conseille d'implanter les puits climatiques à 3 mètres de profondeur dans les zones connaissant de longues périodes de canicule. Julien Le Mazier précise que le système fonctionne avec une implantation à 1,5 mètre de profondeur pour des températures allant jusqu'à 35 degrés. Le participant s'enquiert de l'emplacement de l'entrée d'air avec le puits canadien. Julien Le Mazier répond

que le puits prend son air à l'extérieur du bâtiment, parcourt 50 mètres sous une voie pompier, puis entre dans le bâtiment. Des centrales d'air double flux injectent l'air par le faux plafond du rez-de-chaussée. Le participant demande si l'équipe a connu des retours d'occupants venant avec leur propre thermomètre au bureau affichant une température distincte de la température opérative. Outre le fait qu'un suivi véritable n'était pas demandé, Pascal Gontier indique que les retours des chercheurs occupant le bâtiment étaient positifs.

Si une régulation intervient sur la vitesse d'air au niveau des clapets au pied des tours, pourquoi ne pas avoir asservi les volets à la qualité d'air effective des bureaux ?

Julien Le Mazier confirme que les équipes ont procédé ainsi dans les salles de réunion à occupation intermittente. La ventilation est alors asservie à la qualité d'air de l'intérieur et non aux consignes de débit.

Quelle est l'efficacité de l'asservissement mis en place ?

Julien Le Mazier souligne que les registres du bâtiment sont susceptibles de dériver. Il faut remettre de la graisse lorsqu'elle fond en été pour que le système fonctionne. La GTB et les sondes de température fonctionnent quant à elles de manière continue. Cette participante demande si ce type de projets fleurissent davantage à ce jour. Julien Le Mazier répond que la demande en VNAC est cyclique. Pascal Gontier constate que la demande est en expansion en raison du développement de la thématique de frugalité.

Adaptation des bâtiments aux périodes caniculaires futures

Le projet de recherche RESILIANCE



Eduardo Serodio
Izuba énergies
Architecte

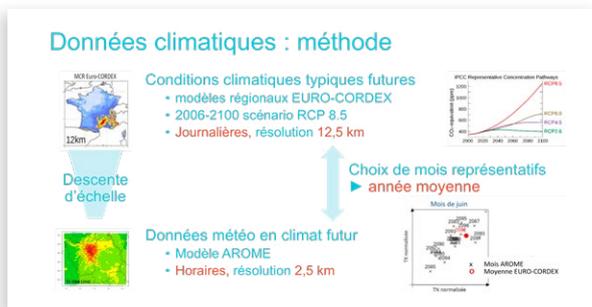


Stéphane Thiers
Izuba énergies

Stéphane Thiers indique que le projet RESILIANCE s'intègre dans le contexte du changement climatique engendrant des périodes caniculaires de plus en plus fréquentes, longues et sévères. Il a pour objectif d'évaluer les solutions d'adaptation du bâtiment d'aujourd'hui permettant un confort d'été acceptable, à moindre coût et à moindre impact environnemental. Le travail a débuté par l'élaboration de données climatiques prospectives. Puis, ces données météo ont été utilisées pour réaliser des simulations thermiques évaluant l'effet des différentes solutions d'amélioration du confort. Enfin, des analyses mesurant l'impact économique et les impacts environnementaux ont été menées. Le projet, financé par l'Ademe, regroupe cinq partenaires : Armines, le CEA Ines¹, le CNRM², Resalliance et Izuba énergies.

Élaboration de données climatiques prospectives

Conduite par le CNRM, l'analyse a retenu le scénario du GIEC le plus défavorable. Plus précis que le modèle régional Euro-Cordex, le modèle Arome a été utilisé pour obtenir des données météo à l'échelle horaire pour un pas spatial de 2,5 km.



Les données météo obtenues étant représentatives d'années typiques, il a fallu retrouver et incrémenter des périodes caniculaires médianes (50 % des cas) et extrêmes (5 % des cas) pour conduire les simulations. 16 fichiers météo ont été produits à partir de cette méthode en croisant la localisation (Nîmes et Paris/zone urbaine et zone rurale), deux horizons temporels (2050 et 2100) et deux niveaux de vague de chaleur.

T° ext max	Région de Paris				Région de Nîmes			
	Rural	Urbain	Rural	Urbain	Rural	Urbain	Rural	Urbain
2050	Médiane	35,8	36,5	37,6	38	Paris 2003		
	Extrême	43,5	42	39,7	37,7		42,2	
2100	Médiane	36,5	38,4	41	40,7			
	Extrême	47	46,1	44,2	42,8			

Nb heures T° ext > 35°C	Région de Paris				Région de Nîmes			
	Rural	Urbain	Rural	Urbain	Rural	Urbain	Rural	Urbain
2050	Médiane	3	9	29	44	Paris 2003		
	Extrême	55	68	21	39		72	
2100	Médiane	10	26	217	210			
	Extrême	136	171	448	457			

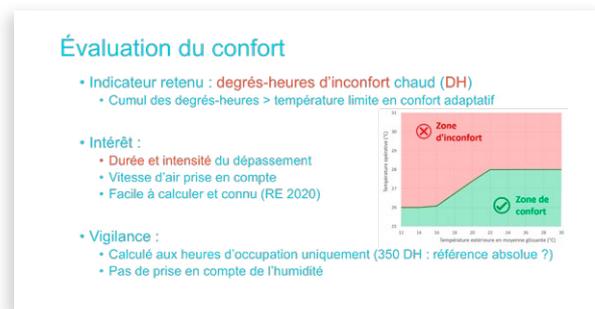
La canicule de 2003, prise en valeur de référence, correspond pour Paris aux conditions extrêmes simulées en 2050. La simulation a été exercée sur trois types d'usage de bâtiments, récents et anciens : résidentiel, bureaux, écoles. Les mesures d'adaptation étudiées sur le bâti et la ventilation s'établissent comme suit :

- Vitrage, protections solaires, revêtement extérieur, végétalisation
- Isolation, inertie de l'enveloppe
- Ventilation naturelle nocturne, surventilation nocturne

Sur les équipements :

- Ra fraîchissement adiabatique
- Brasseurs d'air
- Puits climatique
- Climatisation en zonage thermique

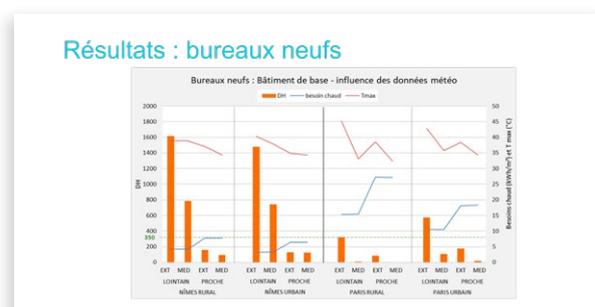
L'indicateur de confort retenu est celui du degrés-heures d'inconfort, qui cumule les degrés-heures du dépassement d'une température limite de confort. Cette dernière s'adapte en fonction de la température extérieure prise en moyenne glissante. Ainsi, s'il fait plus chaud en extérieur, il est considéré que les occupants sont en mesure d'accepter une température légèrement plus importante. L'une des limites de cet indicateur réside dans la non-prise en compte de l'humidité.



Premiers résultats

Eduardo Serodio présente les résultats observés sur les différents types de bâti.

Les besoins de chauffage diminuent dans le temps, seule bonne nouvelle du réchauffement climatique. En parallèle, les niveaux d'inconfort s'accroissent.



1 Commissariat à l'énergie atomique - Institut national de l'énergie solaire
2 Centre national de recherches météorologiques

Les vagues de chaleur médiane et extrême progressent dans la modélisation projetée à 2050 et encore davantage en 2100. L'effet de chacune des mesures d'adaptation a été étudié sur chaque bâti. L'idée est de modifier les paramètres (parois opaques, protections solaires, végétalisation, ventilation, isolation) pour évaluer les écarts. La protection contre les apports solaires et la ventilation de décharge apparaissent comme des éléments majeurs. L'étude combine ensuite les différents éléments afin de déterminer les combinaisons de solutions bâti + ventilation les plus efficaces. En jouant sur le bâti, les températures maximales diminuent d'environ 5 degrés tandis que les durées d'inconfort s'abaissent de près de 20% en zone urbaine et 30% en zone rurale. S'il est suffisant pour 2050, le seul travail sur le bâti ne permet pas d'atteindre le confort en 2100.

Les préconisations résident dans la combinaison des éléments suivants :

- Protections solaires extérieures et adaptées à l'orientation
- Ventilation : surventilation nocturne et free-cooling
- Ventilation double flux avec récupération de fraîcheur
- Isolation toiture et murs extérieurs (5 à 10 cm minimum) et mise en place d'un double vitrage performant.

Eduardo Serodio détaille les résultats des différents systèmes de rafraîchissement actif testés en complément de l'approche sur le bâti. Les brasseurs d'air apparaissent comme efficaces et peuvent éviter le recours à la climatisation. Le rafraîchissement adiabatique a également donné de bons résultats. Le puits climatique est intéressant si la régulation est optimale et que le taux de renouvellement d'air est supérieur à 1 vol/h, idéalement 3 vol/h. La combinaison des actions sur le bâti et la ventilation ne suffisent pas à atteindre le confort en 2100, mais l'ajout du rafraîchissement actif le permet. Eduardo Serodio nuance toutefois les résultats exposés, valables sur les bâtiments testés mais non nécessairement transposables à tout type de bâti. Il convient également de prendre en considération les comportements des usagers, notamment dans la gestion des ouvrants. Enfin, l'évaluation des coûts économiques et impacts environnementaux des mesures est en cours, ainsi que celle des limites de la mise en œuvre des adaptations.

TEMPS D'ÉCHANGE AVEC L'AUDIENCE

Pourquoi avoir retenu le pire scénario du GIEC ?

Eduardo Serodio constate que la réalité des températures maxi dépasse parfois les prévisions. L'idée est de travailler sur des fichiers défavorables afin de concevoir des bâtiments amenés à résister aux pires situations.

Une participante fait observer que la focale s'exerce à chaque fois sur une seule vague de chaleur alors qu'elles se succèdent. Les fichiers météo produits enchainent-ils des épisodes pour s'assurer que les stratégies d'adaptation fonctionnent à chaque fois ?

Eduardo Serodio indique que le travail s'est concentré directement sur un indicateur agrégé du confort qui cumule les effets sur toute la période estivale. Pour les fichiers de 2100 la vague de chaleur dure environ 40 jours.

Un participant se dit déçu du faible impact des isolants relevé dans les simulations.

Eduardo Serodio constate que l'apport de chaleur à travers le mur opaque est déphasé. Cependant, il est faible par rapport aux autres apports de chaleur (vitrage, occupants, etc.).

Existe-t-il un moyen pour connaître la température maximale atteinte par les bâtiments, notamment dans un souci sanitaire ?

Oui, en revanche, l'indicateur de confort adaptatif ne prend pas en compte le confort de la nuit sur des bâtiments de bureaux. Sur le logement, la température de confort est fixée à 26° C la nuit.

Le coût de l'inaction a-t-il été évalué ?

Les solutions de rafraîchissement autour du bâtiment permettant d'améliorer le confort au sein de celui-ci ont-elles été étudiées ? Izuba énergies peut-il fournir des recommandations sur l'amélioration du confort thermique ?

Eduardo Serodio précise qu'Izuba énergies ne traite pas du volet économique. À l'exception de la végétalisation des façades, les solutions de rafraîchissement externes n'ont pas été étudiées. Le rôle des occupants n'a pas été étudié non plus. Il semble plus opportun de s'enquérir du retour des usagers. Le confort étant multifactoriel, l'indicateur court après sans jamais l'atteindre parfaitement.

Quel est l'effet des brasseurs d'air ?

Stéphane Thiers répond que les équipes se sont appuyées sur la norme indiquée dans la méthode réglementaire de calcul. La limite réside dans l'absence de prise en compte de l'humidité.

Un participant considère que le taux d'humidité constitue un élément fondamental dans l'inconfort et peut intervenir dans le choix de déclencher un rafraîchisseur d'air.

Stéphane Thiers souscrit à ce propos. Ce sujet pose deux questions sous-jacentes :

- Est-ce que la solution d'amélioration du confort ne risque pas de le dégrader si elle humidifie l'air ?
- Dans certains cas, ne suffirait-il pas de déshumidifier pour améliorer le confort ?

À propos de la complexité de l'indicateur DH, est-il envisagé d'attribuer des pourcentages de prégnance aux différents leviers d'action afin de déterminer

sur lequel il convient d'agir ?

Selon Stéphane Thiers, l'indicateur n'est pas complexe en soi. Les résultats diffèrent selon les périodes de présence d'occupants alors que les conditions intérieures sont strictement identiques. Eduardo Serodio ajoute que l'indicateur est disponible côté simulation. Cela permet d'affiner les points sensibles zone par zone. Il n'est en revanche pas possible de le découper en tranches.

Un participant regrette que l'inertie n'ait pas été intégrée dans les calculs. L'utilisation de la terre crue permettrait d'absorber un trop plein d'humidité qui serait ensuite restitué en cas de sécheresse.

Eduardo Serodio indique que l'inertie est bien prise en compte dans les calculs. L'indicateur n'observe pas le confort lorsqu'il n'y a personne pour le ressentir. En outre, l'hygrométrie a fait l'objet de tests sur le moteur de calcul en lui-même. Une étude à ce sujet est en cours. Un capteur est installé sur un mur en terre crue dans les bureaux d'Izuba énergies pour mesurer le flux d'humidité. Stéphane Thiers ajoute que l'inertie est bien prise en compte puisque la qualité de la surventilation nocturne améliore le confort le jour.

Des études similaires ont-elles été conduites sur des bâtiments d'élevage ?

Stéphane Thiers répond qu'Izuba énergies n'a pas l'habitude de travailler sur ces sujets. La méthodologie serait sans doute identique, en prenant en compte la sensibilité et la densité des animaux. La participante souligne que les bergeries construites en bois présentent un meilleur confort que les structures en acier.

BRASS'AIR: quel impact des brasseurs d'air sur les teneurs en particules dans l'air des salles de classe à la Réunion ?



Dr Suzanne Déoux
MEDIECO

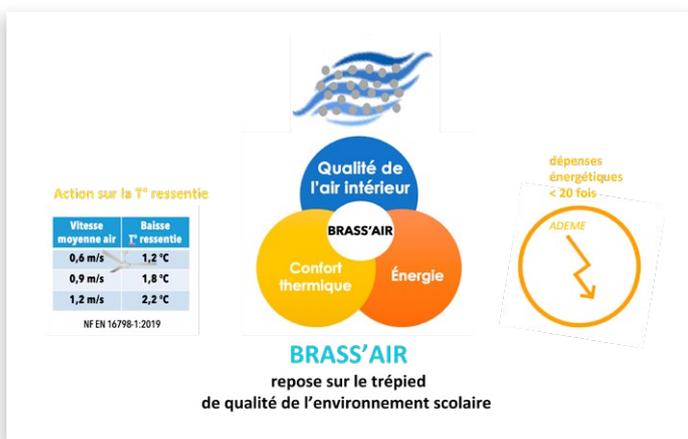
Contexte et enjeux

Au regard des températures importantes enregistrées à Saint-Paul de la Réunion, les parents d'élèves et les enseignants soulèvent régulièrement la problématique du confort thermique dans les salles de classe. La climatisation des locaux leur paraît être la seule solution. Or, les salles qui sont climatisées dans les écoles de la Réunion ne sont pas équipées de système de renouvellement d'air, engendrant un confinement avec augmentation des taux de CO₂ et des polluants volatils. La reprise des cours s'effectue durant la période la plus chaude, ce qui entraîne des répercussions sur le bien-être des enfants et leurs performances scolaires. Les études ont montré, qu'en climat tropical, la température de neutralité est comprise entre 27 et 28,8°C selon les sensations thermiques des enfants.

Pendant l'épidémie de Covid, le Rectorat craignait que les brasseurs d'air ou ventilateurs de plafond dispersent des particules porteuses d'une possible charge virale. Pourtant, l'OMS différencie bien les ventilateurs sur pied, qui créent «un mouvement d'air important qui peut projeter les gouttelettes émises par les personnes à distance dans la pièce», des brasseurs d'air qui peuvent améliorer la circulation de l'air à la condition d'ouvrir les fenêtres. Également, une étude de l'Université de Singapour a montré l'intérêt des ventilateurs plafonniers dans la réduction de la concentration des particules virales dans la zone respiratoire des occupants.

Objectifs

L'objectif du projet BRASS'AIR, lauréat de l'appel à projet AACT-AIR 2021 de l'Ademe, repose sur un trépied visant à diminuer la consommation énergétique, améliorer la qualité de l'air intérieur et le confort thermique, la vitesse de l'air agissant sur la température ressentie.



Une surveillance continue de la qualité de l'air de six salles de classe réparties dans quatre écoles a été réalisée au cours de différentes semaines des saisons chaude (janvier) et fraîche (juin) à la fois lors de l'inoccupation et de l'occupation des locaux avec différentes modalités de fonctionnement des brasseurs d'air. Des capteurs connectés

ont mesuré toutes les fractions de particules, principalement les PM_{2,5}, mais également le CO₂, les composés organiques volatils totaux (COVT), la température et l'hygrométrie. Pour éviter toute interférence dans l'étude, les écoles sélectionnées ne disposaient pas de salles climatisées.

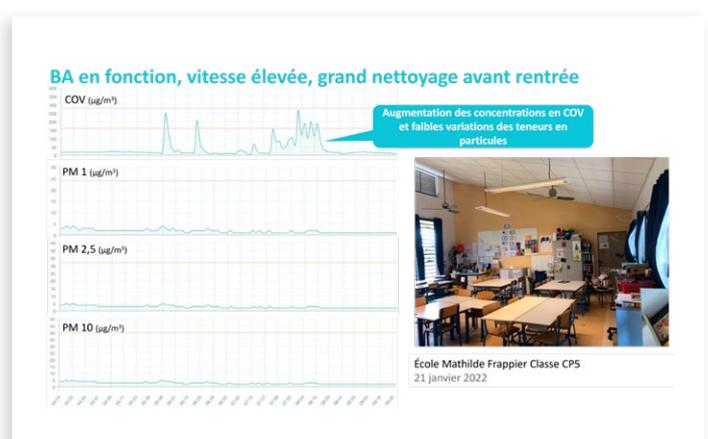
La sélection des salles de classe s'est appuyée sur différents critères pour évaluer leur impact: plafond horizontal ou rampant, nombre, âge et conception des brasseurs d'air, ancienneté du bâti, végétation, proximité ou non d'axe de trafic routier.

Monitoring

Les capteurs de mesure en continu, placés sur une table à 90 centimètres de hauteur, enregistraient les données avec un pas de temps de trois minutes, pendant trois semaines. Les mesures ont commencé la semaine précédant la rentrée du 24 janvier 2022 afin d'évaluer l'impact de sept à huit semaines d'empoussièremement des brasseurs d'air utilisés à la vitesse la plus rapide. Ensuite, dans les salles occupées, l'influence du fonctionnement des brasseurs d'air, de la présence humaine et du ménage quotidien a été analysée. Les pales des brasseurs d'air ont été ensuite nettoyées lors de la troisième semaine. Une note d'information a été communiquée aux enseignants, invités à donner des précisions sur la météo, les usages et leur ressenti face aux mouvements d'air et à la température. Par exemple, la vitesse la plus rapide n'a pu être utilisée en raison de son caractère trop bruyant. Un protocole similaire a été appliqué lors de l'arrêt des brasseurs d'air, au mois de juin en période fraîche.

Résultats

L'interprétation des résultats repose sur la comparaison des données avec les valeurs de référence des particules dans l'air intérieur établies, en 2013, par le Haut conseil de la santé publique: les valeurs cibles 2025 sont de 10 µg/m³ pour les PM_{2,5} et de 15 µg/m³ pour les PM₁₀ et les valeurs d'action rapide sont de 50 µg/m³ pour les PM_{2,5} et de 75 µg/m³ pour les PM₁₀.



École primaire Mathilde Frappier - Saint-Paul 2



4 brasseurs d'air par salle de classe; fixation avec tige; Plafond rampant; Ouvrants en hauteur; Bonne hauteur sous plafond.



Marque: Hunter Industrie
mod.24542 - installation: 2012/13

Malgré l'empoussièremement des pales, la mise en marche des brasseurs d'air n'a pas augmenté les teneurs particulières, à l'exception d'une légère augmentation observée dans deux salles de classe. Le grand nettoyage effectué avant la rentrée a généré des pics de COVT et peu d'augmentation des particules sauf dans les deux salles de classe de l'école la plus ancienne, où le dépassement des valeurs d'action rapide des particules intervient seulement pendant trois minutes.

En période d'occupation des locaux, les concentrations moyennes sont faibles dans toutes les classes. Les pics observés sont en amont de l'arrivée des enfants et se terminent à 8 heures.

Les valeurs cibles des PM peuvent être brièvement dépassées lors du ménage quotidien, lorsque les enfants sont partis.

Pendant la période fraîche, lorsque les brasseurs d'air ne sont pas mis en fonctionnement, les valeurs maximales sont légèrement plus élevées, vraisemblablement en raison de la fermeture des ouvrants.

Conclusions

En conclusion, le fonctionnement des brasseurs d'air dans des salles de classe occupées et avec ventilation naturelle traversante n'augmente pas les concentrations moyennes en particules de l'air qui sont de 3 à 5 fois plus faibles que les valeurs cibles. En outre, les teneurs en PM_{2,5} sont dans ces salles de classe de la Réunion de 6 à 20 fois plus faibles que dans les écoles de la métropole.

Vu les faibles concentrations particulières, aucune corrélation n'a pu être mise en évidence avec les différents paramètres retenus: proximité ou non d'axes de trafic routier, végétalisation, nombre et type de brasseurs d'air, tableaux à la craie.

TEMPS D'ÉCHANGE AVEC L'AUDIENCE

Les participants indiquent que les brasseurs d'air peuvent être amenés à fonctionner en salle fermée en métropole.

Le même protocole mériterait effectivement d'être reproduit dans ces conditions.

Une participante fait observer qu'à la différence des salles de La Réunion, les salles de métropole bénéficient d'un système de ventilation mécanique.

Si les écoles récentes peuvent être équipées d'une VMC, cela ne représente que 15 % des salles de classe.

L'humidité de l'air est-elle susceptible d'avoir une influence sur la mesure et la propagation des particules ?

C'est possible, les particules peuvent s'agglomérer. L'hygrométrie est plus élevée en période fraîche.

Un participant juge opportun de réaliser cette étude dans une salle de classe en ventilation orientée ou en ventilation mécanique afin de comparer les données collectées en ventilation traversante.

Tout à fait d'accord.

Qui a financé l'étude ?

La mairie de Saint-Paul a répondu à un appel à projets de l'Ademe, intitulé Aact'air, destiné aux collectivités territoriales.

Un participant partage un retour d'expérience similaire dans un collège du Var. Considérant l'insuffisance de la ventilation mécanique, l'équipe avait décidé d'en mettre la moitié et d'ajouter deux ouvrants opposés d'une surface de 0,5 m² dans chaque classe.

Une sonde de CO₂ avait été placée dans chaque classe. Les enseignants avaient été formés tandis qu'un élève « responsable de la sonde » devait garder un œil sur celle-ci. L'air était saturé au bout de 20 minutes. Un participant témoigne d'une étude similaire réalisée dans une salle d'école à Miramas. Si la ventilation des classes est effectivement indispensable, les brasseurs d'air n'ont en revanche aucune incidence directe sur la qualité de l'air. En revanche, ils présentent une incidence directe sur le confort thermique. Le nettoyage des pales n'est nécessaire qu'une fois par an.

Le rectorat de La Réunion requerrait un nettoyage tous les quinze jours. Les résultats de BRASS'AIR permettent de maintenir la fréquence de nettoyage adoptée par la Ville de Saint-Paul, c'est-à-dire avant chaque reprise des cours, après une période de vacances scolaires.

Un participant considère que les ingénieurs s'attachent un peu trop au respect des normes de 25 m³/h plutôt qu'à la propreté et au taux de CO₂ acceptable.

Les cours d'écoles Oasis

Transformer les cours pour adapter la ville



Charlotte
Van Doesburg
CAUE de Paris

Les origines du projet – Ambitions et rebondissements

Charlotte Van Doesburg présente le projet des cours d'école Oasis, porté par le Conseil d'architecture d'urbanisme et de l'environnement de Paris (CAUE), structure départementale ayant pour mission la promotion de la qualité architecturale, urbaine et environnementale. Le projet des cours Oasis naît en 2017 avec la stratégie résilience de la Ville de Paris. L'objectif est de transformer les cours d'école en véritables îlots de fraîcheur. Les 760 établissements scolaires présents dans Paris intramuros représentent une surface de 80 hectares. Ce projet s'inscrit également dans les politiques parisiennes du plan climat, plan pluie et plan biodiversité. Son objectif premier est de lutter contre l'effet d'îlot de chaleur urbain et d'accroître le confort d'été des élèves en poursuivant les actions suivantes : rafraîchir, désimpermeabiliser, végétaliser, ombrager, modifier les usages. Au départ, les cours Oasis pilotes ne répondaient pas aux attendus, les terrains étant encore très minéralisés. Les objectifs environnementaux demeuraient séparés de ceux du bien-être des enfants.

Grâce à l'appel à projet « Urban Innovative Action » du Feder¹, un consortium de partenaires rassemblant la Ville de Paris, le CAUE, Météo France, la Fédération de Paris de la Ligue de l'enseignement et deux laboratoires de recherche (le LIED² et le LIEPP³) a pu être créé pour mener le projet des cours Oasis. Ce dernier s'est concentré sur dix écoles de 2019 à 2022. Le CAUE avait pour mission de former les enseignants, accompagner les services techniques et gestionnaires (ingénieurs de la ville de Paris), co-concevoir les projets avec les écoles (enfants et adultes), mener des chantiers participatifs et partager les connaissances.

Lors d'un voyage d'étude réalisé en Belgique, les directeurs et services techniques des dix écoles concernées ont pu découvrir des cours d'école sans commune mesure avec celles de Paris, conçues en relief, végétalisées, comprenant du sable, de la terre, des copeaux de bois, et la possibilité pour les élèves de se dévouler. Ce changement a été initié par les enseignants en réponse aux conflits d'usage observés. Les chantiers ont été réalisés en mode participatif avec l'implication des parents d'élèves.

Des objectifs partagés par tous – S'adapter au contexte parisien

Les cours d'écoles parisiennes, très variées, peuvent mesurer de 200 à 3000 m² et être situées dans un bâti dense, enclavé ou non. Loin d'une technique complexe, le projet Oasis opte pour des solutions frugales et naturelles visant à transformer les pratiques. Celles-ci s'articulent autour de différents enjeux :

- Gestion et valorisation de l'eau de pluie : désimpermeabiliser, infiltrer, créer des ruissellements, ériger l'eau en élément ludique et pédagogique
- Variation des sols initialement constitués d'asphalte pour mieux répondre aux usages et équilibrer les sols imperméables et perméables
- Restauration d'un sol fertile en pleine terre : agrandir les continuités de pieds d'arbres, favoriser les matériaux naturels et drainants pour

limiter l'effet d'îlot de chaleur urbain

- Végétalisation des cours : enrichissement de la végétation existante, création de noues et jardins humides, ensauvagement

Les enfants sont pleinement associés à l'entretien des végétaux. Il convient en outre d'ombrager la cour en créant des pergolas, treilles, stores, auvents ou d'aménager les lieux déjà ombragés. Enfin, il est essentiel de rendre l'eau potable accessible dans la cour en installant des fontaines.

Les réalisations : une réponse concrète aux enjeux

École élémentaire Providence, Paris 13^e



École élémentaire Emeriau, Paris 15^e



École maternelle Lacordaire, Paris 15^e



École maternelle Tandou, Paris 19^e



Étude de cas – Les écoles maternelle et élémentaire Maryse Hilsz

Les écoles maternelle et élémentaire Maryse Hilsz sont situées côte à côte. Un travail de sensibilisation autour du changement climatique est effectué auprès des élèves. Ces derniers sont amenés à diagnostiquer

1 Fonds européen de développement régional

2 Laboratoire interdisciplinaire des énergies de demain

3 Laboratoire interdisciplinaire d'évaluation des politiques publiques

École Maryse Hilsz, Paris 20^e



leur cour ainsi que leurs propres usages. Puis, ils proposent des idées à travers l'établissement de maquettes. Quant aux enseignants, ils sont amenés à dessiner les plans de la future cour en étant accompagnés par les partenaires du projet.

Le changement opéré est drastique. La nature reprend ses droits tandis que les enfants continuent à inventer des usages. La cour maternelle est désormais séparée de la cour élémentaire par une rivière remplaçant la grille à laquelle les enfants étaient constamment accrochés pour communiquer. À la fin du projet, les cours sont constituées de 46 % de sols imperméables au lieu de 87 % à l'origine. Ces deux écoles étant déconnectées à 100 % du réseau parisien, ce qui ruisselle sur les zones imperméables est récupéré par des drains et irrigue les buttes nouvellement constituées.

Évaluations climatiques et microclimatiques

Dans le cadre du projet Feder, des mesures climatiques et microclimatiques ont été effectuées sur ces cours Oasis avec des stations météo. Les simulations avant et après travaux ont démontré la diminution de la température de l'air à l'échelle d'une cinquantaine de mètres autour

de l'école. En revanche, elles ont relevé une dégradation du confort thermique extérieur due à une augmentation du rayonnement réfléchi par le sol clair. Cette dernière doit être relativisée, car la végétation basse et l'ombre créée par les arbres ne sont pas prises en compte par la modélisation numérique.

Par ailleurs, le LIED a étudié les comportements thermo-climatiques des revêtements de sol installés. En fin de période diurne, l'asphalte présente la température de surface la plus importante, suivie de l'échantillon de terre végétale, puis du pavé béton. En raison de sa faible inertie, la terre végétale rafraîchit très vite pendant la nuit. Le projet Oasis répond à l'impératif de réduction des îlots de chaleur urbains en utilisant des copeaux de bois et à l'objectif d'augmentation du confort thermique des usagers à travers la végétalisation des surfaces (gain de 5 à 10 degrés à l'ombre). Enfin, le LIED a expliqué qu'il serait opportun de reproduire ces expériences avec des sols mouillés, générant des comportements complètement différents.

Retours d'expérience et apports pédagogiques – Évaluation de l'impact social par le LIEPP

À la lecture des témoignages d'enseignants, directeurs et élèves des dix écoles du projet Oasis, il est observé une meilleure répartition des enfants dans l'espace, des enfants occupés, apaisés et plus calmes. Les élèves profitent davantage de jeux variés et de matériaux divers. En outre, ils développent une plus grande sensibilité à la nature, de nouvelles compétences ainsi qu'une meilleure motricité. Les enseignants veillent à les impliquer dans la gestion et l'entretien des cours. Enfin, la cour de récréation devient un espace approprié pour faire classe en extérieur.

TEMPS D'ÉCHANGE AVEC L'AUDIENCE

Un participant évoque les remarques relatives aux normes sanitaires

classiquement opposées aux cours Oasis.

Charlotte Van Doesburg indique qu'un service parisien de santé environnementale étudie ces questions. Les enseignants craignaient que les espaces de sable se transforment en litière. Cela ne s'est pas produit. Il n'y a pas eu de cas avéré d'enfants malades. Les rats ne nichent pas dans le sable et les copeaux. En outre, il n'existe pas d'interdiction au niveau sanitaire.

Les cahiers des charges ont-ils été mis à jour après la déception des premières cours Oasis pilote suite à l'interprétation erronée des ingénieurs ?

Le cahier de recommandations élaboré par le CAUE est annexé par la mairie de Paris dans les pièces jointes de ses cahiers des charges d'équipements neufs. Lors des cours pilotes Oasis, il est apparu que les bétons drainants étaient très abrasifs pour les genoux des enfants.

Quels sont les coûts de travaux et d'entretien pour des cours Oasis ?

Les données économiques figureront au prochain numéro de la revue Urbanisme (numéro spécial paru en septembre 2022,

NDLR). À titre d'exemple, le coût total des travaux de la cour de l'école Maryse Hilsz s'établit à près de 850 000 € TTC. Il est amplement possible de créer des cours Oasis de façon beaucoup plus frugale qu'à Paris où des matériaux neufs sont utilisés. En ce qui concerne l'entretien, il est prévu qu'une entreprise d'espaces verts se déplace deux à trois fois par an. Le principal coût réside dans le rechargement des sols en sable et copeaux. Ce dernier est néanmoins comparable au coût d'investissement qui serait nécessaire pour changer un sol souple au bout de huit ans (temps de vie d'un sol souple).

Un participant partage un retour d'expérience: suite à un épisode de précipitations majeures, il est apparu qu'il était nécessaire d'anticiper les réactions des sols à travers une étude hydraulique préalable. Par ailleurs, il demande si un accompagnement des écoles est prévu lors de la phase de lancement de la nouvelle cour.

Les fonds du Feder ont également servi à l'accompagnement des écoles lors de la phase de lancement des cours Oasis après livraison. Le travail de définition des règles de vie à respecter dans la cour a été mené avec les animateurs du périscolaire. Il est important de prévenir les écoles que le projet livré ne sera pas tout à fait celui qui est projeté, plusieurs années et aménagements progressifs

étant nécessaires avant de faire aboutir celui-ci. Une présence des partenaires est en ce sens rassurante. Les chantiers participatifs sont également propices à la mobilisation des enfants et parents d'élèves et à l'ajustement du projet.

Le participant fait savoir que l'Agence de l'eau constitue un autre financeur de ce type de projet, en finançant jusqu'à 60 % des dépenses éligibles. Une participante confirme que l'Agence de l'eau finance la désimperméabilisation des sols. Une participante indique que la Région et l'Agence de l'eau établissent une base de données indicative des coûts et ratios de financement et de suivi des projets.

Outre l'Agence de l'eau, le Cerema, la Région, l'Ademe et l'Agence régionale de la biodiversité financent ce type de projet.

Un cycle de webinaires sur ces sujets est disponible sur le site de l'Agence régionale de la biodiversité. Lors de ce webinaire, une personne a fait remarquer que les cours désimperméabilisés étaient discriminantes pour les enfants en situation de handicap.

Charlotte Van Doesburg confirme que cette question s'est également posée à Paris. Souvent, les handicaps cognitifs ne sont pas considérés alors que les aménagements réalisés en cours Oasis leur sont très favorables. En outre, plusieurs types de cheminement présents dans une cour Oasis demeurent totalement accessibles aux enfants présentant un handicap moteur.

Charlotte Van Doesburg confirme que cette question s'est également posée à Paris. Souvent, les handicaps cognitifs ne sont pas considérés alors que les aménagements réalisés en cours Oasis leur sont très favorables. En outre, plusieurs types de cheminement présents dans une cour Oasis demeurent totalement accessibles aux enfants présentant un handicap moteur.

Charlotte Van Doesburg confirme que cette question s'est également posée à Paris. Souvent, les handicaps cognitifs ne sont pas considérés alors que les aménagements réalisés en cours Oasis leur sont très favorables. En outre, plusieurs types de cheminement présents dans une cour Oasis demeurent totalement accessibles aux enfants présentant un handicap moteur.

Charlotte Van Doesburg confirme que cette question s'est également posée à Paris. Souvent, les handicaps cognitifs ne sont pas considérés alors que les aménagements réalisés en cours Oasis leur sont très favorables. En outre, plusieurs types de cheminement présents dans une cour Oasis demeurent totalement accessibles aux enfants présentant un handicap moteur.

Charlotte Van Doesburg confirme que cette question s'est également posée à Paris. Souvent, les handicaps cognitifs ne sont pas considérés alors que les aménagements réalisés en cours Oasis leur sont très favorables. En outre, plusieurs types de cheminement présents dans une cour Oasis demeurent totalement accessibles aux enfants présentant un handicap moteur.

Charlotte Van Doesburg confirme que cette question s'est également posée à Paris. Souvent, les handicaps cognitifs ne sont pas considérés alors que les aménagements réalisés en cours Oasis leur sont très favorables. En outre, plusieurs types de cheminement présents dans une cour Oasis demeurent totalement accessibles aux enfants présentant un handicap moteur.

La climatisation en France

Céline Laruelle explique qu'il existe assez peu de données sur la climatisation active dans le logement et le tertiaire. Le marché de la climatisation est devenu « inquiétant » ces dernières années, car la climatisation devient de plus en plus un standard d'équipement dans le tertiaire. Au vu de ce contexte, l'enjeu pour l'Ademe est de mieux caractériser les impacts de ces équipements. Une étude a donc été menée entre 2020 et 2021, avec les objectifs suivants : décrire le développement du marché, évaluer les impacts en termes de consommation et d'émission de gaz à effet de serre et obtenir des données chiffrées de prospective.

Une enquête auprès de 1000 ménages français a montré que 25 % d'entre eux sont équipés d'un climatiseur actif fixe ou mobile. La répartition des climatiseurs peut être très différente en fonction de la zone climatique, du type de logement et de la catégorie socio-professionnelle des ménages. L'étude dans le tertiaire a révélé également de grandes disparités en fonction de la catégorie d'entreprise, les bureaux et les commerces présentant les taux les plus élevés. Concernant la méthodologie, le prestataire a créé un modèle permettant d'obtenir une consommation moyenne en fonction de différents critères. En 2020, la consommation était de 5,3 TWh dans le secteur du logement et de 11,6 TWh dans le secteur tertiaire. Le même travail a été mené pour mesurer les émissions dues aux fluides frigorigènes dont l'impact a été estimé à près de 4 millions de tonnes de CO₂ (logement et tertiaire).

Ces résultats ont ensuite permis d'élaborer différentes hypothèses sur la croissance du parc de logement, les taux de climatisation, les températures de consigne, les températures extérieures de déclenchement de la climatisation, la durée moyenne quotidienne de fonctionnement, l'évolution de la performance et l'évolution de la performance du bâtiment. Ces hypothèses ont ensuite été croisées avec les cinq scénarios développés par l'Ademe. Il est intéressant de noter que le scénario pariant sur une plus grande sobriété des usages est le plus important sur la consommation à l'horizon 2050. Concernant les émissions de CO₂, les courbes de consommation électrique et d'impact du fluide frigorigène s'inversent. En 2050, la consommation électrique sera la consommation énergétique la plus impactante.

Quel impact sur la santé ?

Fabienne Bregeon explique qu'au travers de son métier elle explore la fonction respiratoire de patients qui se plaignent d'une gêne potentiellement due à la climatisation. L'utilisation de la climatisation est un sujet qui est fréquemment évoqué dans le domaine des pathologies respiratoires, sachant qu'aucune étude rigoureuse à l'échelle française ou européenne ne permet d'affirmer le lien entre la climatisation et les problèmes respiratoires.

Des études montrent que l'air climatisé recyclé, en limitant l'impact des pics de chaleur sur les patients souffrant de maladies cardio-vasculaires ou respiratoires, diminue les complications diverses. Cet impact positif de la climatisation doit être mis en balance avec les impacts négatifs que sont les maladies respiratoires, les allergies ou les plaintes multiples avec des signes diffus. L'analyse de la littérature montre que l'essentiel des impacts sur la santé des climatiseurs sont liés à des défauts de maintenance et d'entretien. Les études montrent que l'air recyclé peut transporter des substances allergènes, des métaux lourds, des bactéries et des particules toxiques. La plupart du temps, l'air intérieur est recyclé sans être renouvelé, alors qu'il est avéré que l'air intérieur est davantage pollué que l'air extérieur. La qualité de l'air dépend donc beaucoup de la qualité de l'habitation. Une étude épidémiologique montre le lien entre l'absentéisme pour maladie respiratoire et le fait de travailler dans des bureaux équipés de climatiseurs. Enfin, un travail qui a été mené en Corée a mis en



Céline Laruelle
Ingénieure, Ademe



Frédéric Bœuf
Ingénieur, SURYA
Consultants



Fabienne Bregeon
Chef de service
APHM



Delphine Labbouz
Docteure en
Psychologie sociale
et environnementale

évidence que les climatiseurs réduisaient le risque d'accident lié à la chaleur, mais provoquaient l'apparition de syndromes méningés liés à l'air conditionné. À ce jour, ce syndrome n'a pas été reconnu par d'autres études ou autorités sanitaires. Ce syndrome pourrait être mis en parallèle avec le syndrome du bâtiment malsain connu en France, sachant que le premier concerne des cas individuels et le second des groupes d'habitants dans un même bâtiment.

Comment convaincre de ne pas utiliser la climatisation ? Faut-il l'interdire ?

Lionel Mallet propose de réfléchir à la manière de déconstruire l'idée selon laquelle la climatisation est la seule solution pour rafraîchir les espaces intérieurs en été.

Delphine Labbouz explique que la première étape est de convaincre et de faire prendre conscience du problème et des enjeux. Il est important pour cela de communiquer des informations clés locales afin de réduire la distance psychologique perçue et de permettre aux personnes de s'identifier. L'objectif est de donner à chacun le pouvoir d'agir, d'où l'importance d'adopter un discours positif dans la communication, plutôt qu'un discours catastrophiste. Il est beaucoup plus efficace de mettre en avant les gains et les bénéfices pour l'environnement. Pour autant, la communication est insuffisante pour faire évoluer les comportements. Une étude montre que 20 % seulement des actions de persuasion parviennent à faire évoluer les comportements. Elles doivent être complétées par la présentation d'alternatives en s'appuyant sur des retours d'expérience. Un des leviers les plus puissants est le contrôle comportemental perçu, qui est en réalité le sentiment de contrôle. Si une personne sait comment remplacer une climatisation et s'en sent capable, alors elle a la capacité d'agir. Pour augmenter le sentiment de contrôle, il est important d'identifier les freins, car nommer les freins permet d'en prendre conscience et de mettre en place une stratégie de changement. Les techniques d'engagement sont un autre levier intéressant pour réduire l'écart entre l'intention d'agir et l'action. L'enjeu de ces techniques d'engagement est de rendre une personne actrice du changement.

Frédéric Bœuf souligne le décalage entre la longue durée de vie des bâtiments et les changements rapides de personnes. L'enjeu est d'accompagner la vie d'un bâtiment sur le temps long. Il se demande si le nudge n'est pas un système d'engagement trompeur.

Delphine Labbouz confirme que la difficulté est de faire évoluer les mentalités sur le temps long en actionnant d'autres leviers. Le nudge est une sorte d'incitation douce et amène des changements par différents procédés. L'ensemble de ces sollicitations peut permettre de pérenniser les changements et de constituer un réseau d'ambassadeurs en mesure de passer le relais.



Débat participatif

Un auditeur insiste sur la pollution thermique de la climatisation, qui aggrave considérablement l'impact du réchauffement climatique. Selon lui, il est indispensable de mettre en place des règles sociales pour empêcher la pollution thermique, avec des dérogations pour certains publics sensibles aux écarts de température.

Delphine Labbouz explique qu'une telle mesure est coercitive et qu'elle entraînerait un phénomène de réactance, car la mise en place de lois incite les personnes à les contourner. Il est plus efficace de faire naître des motivations internes pour assurer un changement pérenne. Frédéric Bœuf doute que la mise en place de règles soit vraiment efficace. L'exemple du sud marocain a montré que le rafraîchissement naturel des bâtiments est au moins équivalent aux techniques européennes standardisées de climatisation. Il est donc possible de proposer des bâtiments plus efficaces et plus confortables sans climatisation. Il y a une dizaine d'années, l'Ademe a mené une étude sur l'augmentation des climatisations dans les cycles urbains des pays méditerranéens en dehors de la France. Cette étude avait montré que les pays du Maghreb avaient multiplié jusqu'à 6 fois le nombre de climatiseurs. Il est vrai que la climatisation est nécessaire pour certains établissements sensibles et s'opposer à la climatisation en principe pourrait entraîner le développement de climatisations de mauvaise qualité. Il est préférable de proposer des bâtiments de qualité pour montrer que les techniques douces sont très efficaces.

Un auditeur souligne que l'urbanisme n'interdit pas les climatisations, mais les pompes à chaleur sur les toits. Ce n'est pas la chaleur dégagée par ces pompes qui pose problème, mais la quantité d'électricité consommée, car la chaleur se répartit rapidement à l'échelle de la ville. C'est la consommation de la machine qu'il faut mesurer en chaleur. Il dit ne pas avoir été pleinement convaincu par les interventions précédentes et propose à l'assemblée de se demander si la climatisation est vraiment une bonne ou une mauvaise alternative, avant de réfléchir aux moyens à mettre en œuvre.

Lionel Mallet explique que l'augmentation de la demande d'énergie causée par la climatisation, qui plus est dans une période de stress énergétique, est indéniable. Il est donc normal de chercher des solutions pour rafraîchir les bâtiments de manière passive.

Un auditeur rappelle que le problème principal est l'excès de carbone. Or, pour comprendre l'enjeu lié au carbone, il faut se projeter au-delà de l'échelle humaine de chacun. Concernant la climatisation, il faut choisir entre supprimer la climatisation immédiatement ou bien réfléchir à la réversibilité des bâtiments sur le long terme. La priorité est de faire en sorte qu'un bâtiment puisse s'adapter aux futurs usages et

aux futures conditions climatiques. L'enjeu ne porte pas sur la climatisation en tant que telle, mais sur la capacité d'un bâtiment à évoluer dans le temps.

Delphine Labbouz explique que le cerveau humain a été façonné pour favoriser certains comportements qui deviennent néfastes à la survie de l'espèce humaine. Dans une époque marquée par une vision à court terme, il est essentiel de rééduquer le cerveau pour prendre en compte la vision à long terme. Il est en effet très important que les bâtiments puissent s'adapter pour accompagner l'évolution des usages. Par ailleurs, elle souligne l'importance de laisser une marge de manœuvre pour que les personnes s'approprient l'espace et reprennent le contrôle sur leur propre vie.

Un auditeur rappelle que les températures ont été très chaudes dans les écoles au cours du dernier été et que les parents ont poussé l'école à allumer la climatisation. Pour adapter le système scolaire, l'année pourrait s'arrêter 15 jours avant ou les journées de classe commencer plus tôt.

Frédéric Bœuf confirme que pour améliorer la qualité de l'ambiance intérieure d'un bâtiment, les travaux lourds sont le dernier recours, car il existe de nombreuses autres méthodes, à commencer par l'adaptation des usages.

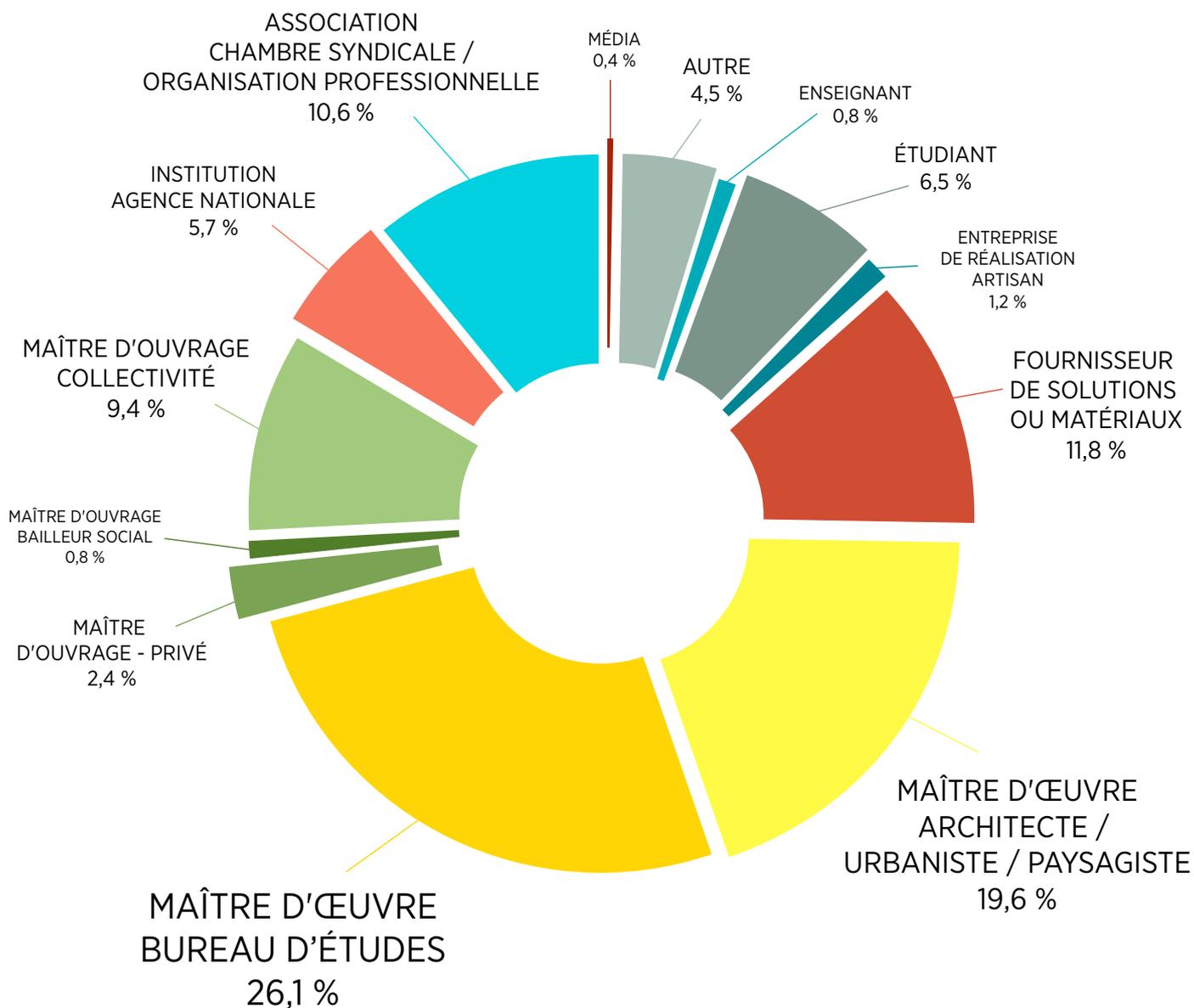
Une auditrice indique que les dirigeants d'entreprise ont reçu une notice du ministère du Travail leur demandant d'adapter les conditions de travail de leurs salariés pour faire face à la vague de chaleur. Une loi en Allemagne oblige les écoles à fermer lorsque la température dépasse les 28°C. Pour avancer socialement, il faut amener les décideurs à prendre des décisions courageuses. La restriction et le rationnement sont des solutions qui méritent d'être envisagées.

Une auditrice souligne que la contribution de la climatisation au réchauffement de l'îlot de chaleur urbain est flagrante. Selon elle, ce constat ne peut pas être remis en question. Elle demande si une personne habitant une maison où la température est naturellement inférieure à celle de l'extérieur s'expose à des pathologies respiratoires.

Fabienne Bregeon explique qu'il est difficile de répondre, car c'est un ensemble de paramètres qui favorise l'expression de symptômes. Dans le cas particulier qui vient d'être évoqué, l'écart de température est dû à la conception du bâti, et non à la climatisation. Par conséquent, un certain nombre de paramètres ne sont pas pris en compte.

Le débat aurait pu continuer ainsi toute la soirée et probablement une bonne partie de la nuit tant le sujet est vaste et compliqué. Il a malheureusement fallu clore le colloque et laisser cette discussion en suspens. Rendez-vous à la prochaine édition pour le poursuivre à la lumière de nouveaux retours d'expérience !

Typologie des participants



Les intervenants



Salima NAJI

Architecte DPLG (Paris-La-Villette) & Docteure en anthropologie de l'EHESS (Paris).

Atelier Salima Naji



Gérard GAGET

Responsable de l'activité
Rafraîchissement Adiabatique
Adexsi



Vincent PRIORI

Bureau d'études Inddigo



Audrey BARTHELEMY

Ingénieur spécialisé
en Développement Durable
AB SUD Ingénierie



Pascal GONTIER

Architecte
Atelier Pascal Gontier



Eduardo SERODIO

Ingénieur énergéticien
et co-gérant
IZUBA énergies



Frédéric BŒUF

Ingénieur
SURYA Consultants



Delphine LABBOUZ

Docteure en Psychologie
Sociale et Environnementale,
consultante spécialiste
de l'accompagnement
des changements de
comportements pour la
transition écologique



Stéphane THIERS

Ingénieur recherche
et développement
IZUBA énergies



Fabienne BREGEON

Chef de service Explorations
fonctionnelles respiratoires
APHM



Céline LARUELLE

Ingénieure
**Ademe (Agence de la transition
écologique)**



Charlotte VAN DOESBURG

Architecte - urbaniste,
cheffe de projets
**Conseil d'architecture,
d'urbanisme et de
l'environnement de Paris**



Alain CASTELLS

Gérant
ADDENDA



Tangi LE BÉRIGOT

Ingénieur-docteur en énergie
Chef de projet énergie - QE
SURYA Consultants



Carlos VAZQUEZ

Chargé de mission retour
d'expérience
EnvirobatBDM



Suzanne DÉOUX

Docteur en médecine ORL,
fondatrice de Medieco,
Présidente de Bâtiment santé
plus
Medieco



Jérôme LECUBIN

Architecte fondateur
ATELIER EMPREINTE



Matthieu VERGÉ-SALAMON

Dirigeant
HighTaiX



Séverine DUFOUR

Responsable de Programmes
LOGIREM



Julien LE MAZIER

Ingénieur Génie Climatique
Responsable CET
INEX



Armand DUTREIX

Ingénieur énergéticien
BiodynamiQE



Dorian LITVINE

Consultant chercheur (Docteur
en Économie)
ISEA

+ d'informations
sur les intervenants





BÂTI' FRAIS

2022

7^e COLLOQUE CONFORT D'ÉTÉ

www.batifrais.eu

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

EnvirobatBDM

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

Partenaires du colloque

Plus d'informations
sur nos partenaires



Partenaires d'EnvirobatBDM



COLLECTIF
DES
DEMARCHES
QUARTIERS
BATIMENTS
DURABLES



envirobat**b**dm



Direction régionale de l'environnement,
de l'aménagement et du logement