

Améliorer la qualité de vie et le confort des occupants : 5 enseignements à retenir

Retours d'expériences sur un
panorama de solutions et initiatives
dans l'habitat et le tertiaire

SOMMAIRE

| | |
|--------------------------|----------|
| Avant-propos..... | 3 |
|--------------------------|----------|

| | |
|-----------------------|----------|
| Objectifs..... | 4 |
|-----------------------|----------|

| | |
|---|----------|
| Description des initiatives..... | 5 |
|---|----------|

| | |
|---|----|
| Maison Multi-Confort..... | 6 |
| Habitat Social Positif..... | 8 |
| Maison Air et Lumière | 10 |
| Test de capacité de rafraîchissement du plafond hydraulique | 12 |
| Mesures des impacts de remplacement d'appareils de chauffage électrique | 13 |
| Observation de logements équipés de radiateurs connectés..... | 14 |
| Mesures de Facteur de Lumière du Jour | 15 |
| Monitoring d'une CTA couplée à un module adiabatique | 16 |
| Simulations Thermiques Dynamiques (STD) sur des maisons modélisées..... | 18 |

| | |
|--|-----------|
| Les enseignements mis en avant par les expérimentations | 20 |
|--|-----------|

| | |
|--|----|
| Allier apports lumineux, protections solaires & ventilation pour une meilleure performance énergétique | 21 |
| Combiner gestion automatique des équipements et prise en main de l'utilisateur | 24 |
| Garantir un air de qualité par le choix des matériaux et d'un système de ventilation efficace ... | 27 |
| Assurer le confort thermique d'été comme d'hiver..... | 29 |
| Concilier le confort avec les coûts..... | 33 |

| | |
|---|-----------|
| Synthèse des enseignements | 35 |
|---|-----------|

Avant-propos

Nous passons pour la plupart d'entre nous près de **90%** de notre temps dans un bâtiment¹. Or, un bon nombre d'habitats sont aujourd'hui inadaptés, énergivores et inconfortables et peuvent même générer des situations problématiques affectant la santé de leurs occupants.

Dans le cas des bâtiments neufs, la succession de réglementations thermiques a permis de réduire la consommation énergétique des bâtiments et de s'orienter vers des critères de performances plus élevés. Mais la question du bien-être, du confort et de la santé, bien qu'implicite, n'est pas toujours intégrée dans ces approches réglementaires.

Il faut distinguer 2 notions :

Premièrement, un confort lié au bâtiment et remplissant ses fonctions fondamentales d'abri pour l'occupant et de protection durable et efficace contre des éléments extérieurs ;

Deuxièmement, un confort relevant d'une perception sensorielle liée à des critères d'ambiance et d'environnement de l'habitat (luminosité, humidité, température, qualité de l'air, acoustique...)

Les dimensions physiologiques du confort (confort thermique, acoustique, visuel, olfactif, accessibilité, environnement etc.) sont donc des aspects techniques qui peuvent être mesurables, mais sont également totalement subjectifs et incluent des abords sensoriels propres à chacun. Ces ressentis physiologiques sont rarement ressentis indépendamment les uns des autres. Ils forment un tout, contribuant à ce que l'on qualifie de « confort ».

Cette difficulté de définition quantifiable du confort ne doit pas être un obstacle à son intégration dans les projets de construction et de rénovation. Le confort, notion complexe, doit être comme la volonté d'être un standard ou une référence participant au bien-être et à la santé.

Il est alors important d'être attentif à l'ensemble de ces questions techniques, pratiques, d'usage, de santé et de bien-être qui sous-tendent au confort.

La crise du **Covid-19** qui frappe le monde ainsi que notre pays depuis le mois de mars 2020, avec en particulier les réponses en termes de confinement et de télétravail apparaissent comme un **véritable révélateur de l'importance du confort au sein de l'habitat en l'associant à la protection et à la santé.**

¹ Pour en savoir plus : <https://cercle-promodul.inef4.org/publication/le-confort-dans-lhabitat-necessite-ou-luxe/>

Objectifs

Dans le cadre d'actions d'intérêt général, Cercle Promodul/INEF4 partage les résultats des travaux menés au sein du groupe de travail « *Confort et Santé : les bonnes pratiques dans le neuf et l'existant* » (Comité 1).

Il s'agit dans ce livret d'analyser avec recul des initiatives dont l'objectif était d'intégrer le confort, dans l'habitat et dans le tertiaire.

Les enseignements mis en avant proviennent d'expérimentations proposées par des Mécènes du Fonds de Dotation ayant répondu à l'appel à projet du groupe de travail en lien avec le Comité 1 « *Bien-être, confort, santé, usagers* ». Les solutions présentées ci-après ne donnent donc en aucun cas une vision exhaustive du sujet.

A partir des initiatives présentées, des enseignements factuels ont été extraits, permettant de mieux définir et caractériser les éléments favorisant le confort des occupants (modes de construction et usages plus vertueux), et ainsi de mettre en avant quelques aspects sous formes de bonnes pratiques et de points de vigilance.

Le confort n'étant pas seulement le résultat d'un ensemble de dispositions techniques, les dimensions comportementales et sociales sont également importantes.

Les différents enseignements énoncés dans ce document seront donc appuyés par des propos de sociologues, spécialistes de la notion du confort dans l'habitat.

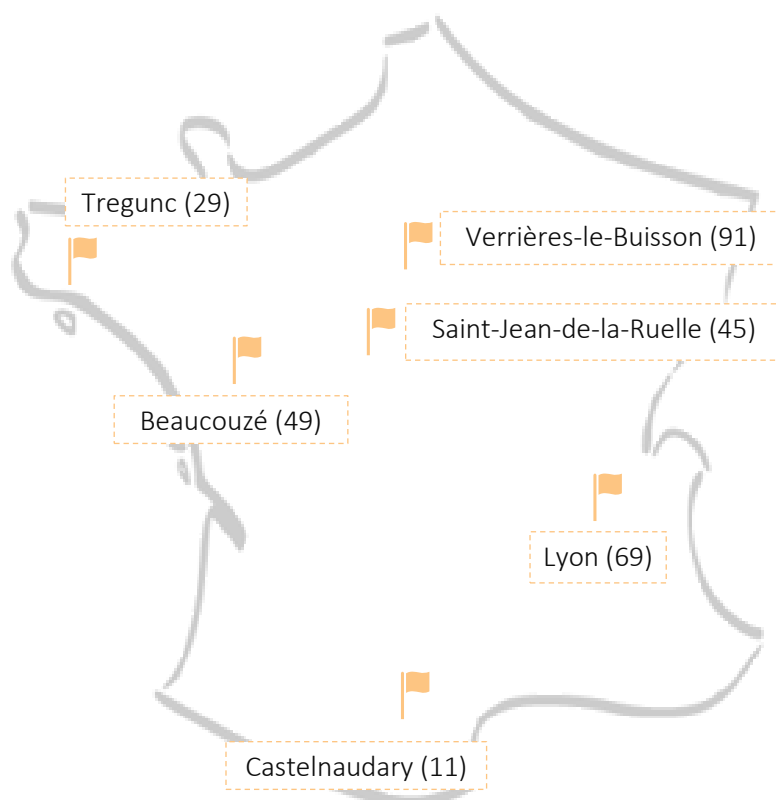
Ce document a été réalisé grâce aux participants du groupe de travail, composé des structures suivantes :



En savoir plus sur nos actions : <https://cercle-promodul.inef4.org/>

Description des initiatives

Menées dans **plusieurs régions de France métropolitaines**, les expérimentations permettent d'apporter des enseignements représentatifs des **différentes contraintes régionales**.



En plus de ces projets constructifs, d'autres observations et mesures ont été prises en compte, représentant quasiment l'ensemble des zones climatiques.

Les enseignements se basent sur plusieurs typologies de construction (la plupart étant des bâtiments occupés, construits il y a quelques années sous le cadre RT2012 ou label BBC), ce qui nous permet de considérer avec recul les enseignements qui peuvent en être retirés.

Le confort en maison individuelle, logements collectifs ou bâtiment tertiaire passe par plusieurs dispositions à considérer : qu'elles soient techniques ou comportementales, il convient de les prendre en compte car elles auront une incidence sur la façon de considérer les différentes caractéristiques du confort (nature et qualité de l'enveloppe du bâtiment, exposition, équipements de chauffage, types d'activité et nature de l'occupation, etc.).



La Maison Multi-Confort



Type de projet : construction neuve
Type de bâtiment : maison individuelle
Localisation : Beaucouzé (49)
Année de construction : 2011
Surface nette : 167 m2 SHON



Aspects particuliers traités : la Maison Saint-Gobain Multi-Confort² (construite en 2011) anticipe les exigences de la RT 2012. L'objectif est de montrer que dès 2011, il est possible de se projeter sur la « maison 2020 » avec des solutions disponibles sur le marché. C'est une maison individuelle, basse consommation et à énergie positive (faisant appel à de la production locale d'énergie renouvelable). Le confort thermique, sanitaire, acoustique, visuel, la modularité et la sécurité sont traités.

Enveloppe : isolation optimale et une surface vitrée représentant 28% de la surface habitable.

Conception architecturale bioclimatique : orientation de la maison sur la parcelle, récupération des apports solaires en hiver et minimisation de ceux-ci en été (orientation des baies vitrées, protections solaires efficaces pour l'été etc.).

Energies renouvelables :

- panneaux solaires thermiques pour la production d'eau chaude sanitaire.
- panneaux photovoltaïques pour la production d'électricité.

Ventilation : puits canadien, en fonte ductile, couplé à une ventilation double flux avec échangeur thermique.

Matériaux et peintures : faiblement émissifs en composés organiques volatils (COV) voire actifs sur la réduction des émissions. Exemple : laine minérale avec faible taux de formaldéhyde, plaque de plâtre intégrant une technologie active visant l'élimination (jusqu'à 70%) des principaux COV (famille des aldéhydes) présents dans l'air, bois non traité et sans colle pour

² La Maison Multi-Confort, Saint-Gobain, <https://www.saint-gobain.com/fr/saint-gobain-stories/la-maison-saint-gobain-multi-confort/>

Etude de cas, Maison Saint-Gobain Multi-confort, Construction21, <https://www.construction21.org/france/case-studies/fr/maison-saint-gobain-multi-confort-49.html>

l'ameublement, peintures murales minérales sans solvants organiques. Les valeurs d'émission mesurées après réalisation de la maison sont inférieures aux valeurs de références sanitaires.

Vitrage : dans l'atrium, les 79m² de vitrage choisit, à contrôle solaire, réfléchissent le rayonnement solaire vers l'extérieur et limitent l'impact du rayonnement sur la température intérieure tout en garantissant des apports lumineux conséquent en toute saison³.

Acoustique : maîtrise de la propagation sonore d'un local à un autre et vis-à-vis de l'extérieur (menuiseries et vitrages) et celle dans un même local (matériaux de cloisonnement et portes intérieures).

Modularité : la maison a été pensée pour un plus grand confort d'usage, pour s'adapter au cycle de vie de ses habitants (modes de vie, contraintes d'accessibilité ou encore de déficience visuelle).

Label / référentiel : Qualitel-Habitat Environnement⁴ pour les maisons individuelles.

Instrumentation : entre 2011 et 2017.



Maison Multi-confort Saint-Gobain

Sources photos : [Construction21](#)

³ D'après les échanges issus lors des réunions de travail (Saint-Gobain Glass Bâtiment – GLASSOLUTIONS).

⁴ Pour en savoir plus sur les certifications et labels Qualitel : <https://www.qualitel.org/professionnels/certification/>

Habitat Social Positif



Les deux maisons de type T3 et T4 sont mitoyennes.

Type de projet : construction neuve

Type de bâtiment : maisons individuelles

Localisation : Castelnaudary (11)

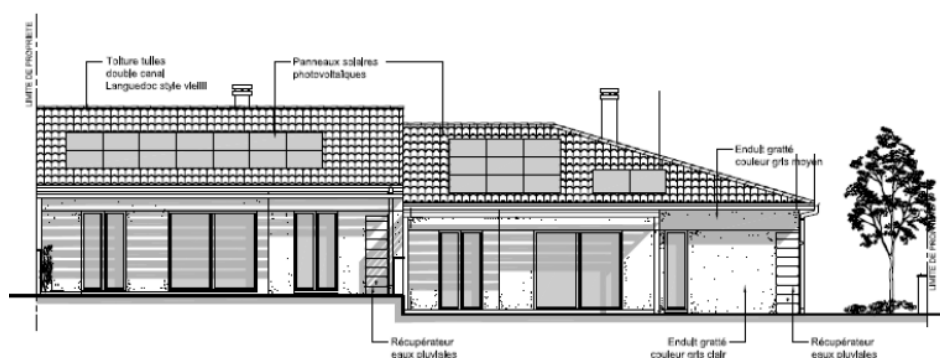
Année de construction : 2013



| | T3 | T4 |
|-------------------------------|--|--|
| Surface nette | 90 m2 SHON | 100 m2 SHON |
| Enveloppe | Maçonnerie de terre cuite de 20 collée à joints minces, fermettes, tuiles de terre cuite | Maçonnerie en briques de hauteur d'étage en terre cuite, fermettes, tuiles de terre cuite |
| Energies renouvelables | Panneaux solaires photovoltaïques | Panneaux solaires thermiques |
| Ventilation | VMC hygro B simple flux | |
| Equipements | <ul style="list-style-type: none"> ● Sèche-serviette ● Poêle à granulés ● Récupérateur de calories en toiture, placé sous les tuiles de terre cuite, collectant les apports solaires des tuiles échauffées au soleil et alimentant en énergie gratuite, un chauffe-eau thermodynamique pour la production d'eau chaude sanitaire. | <ul style="list-style-type: none"> ● Sèche-serviette ● Poêle à granulés ● ECS solaire individuelle 4 m² à appoint électrique (couplés à un ballon d'accumulation). |

Aspects particuliers traités : Habitat Social Positif ⁵ (HSP) est un projet de construction des premières maisons HLM à énergie positive en France c'est-à-dire construire des maisons qui consomment moins d'énergie qu'elles n'en produisent avec des matériaux durables, fabriqués localement, et à un coût maîtrisé. TERREAL a participé à la conception et à la construction des 2 maisons individuelles avec le bailleur social Habitat Audois sur la commune de Castelnaudary dans l'éco quartier des Vallons du Griffoul.

Conception architecturale bioclimatique : leur disposition a privilégié le respect des principes de l'architecture bioclimatique (pièces à vivre au sud) tout en optimisant la surface occupée, pour un habitat dense mais respectueux des attentes d'un logement agréable à vivre.



Matériaux et mise en œuvre : un soin a été apporté à la performance d'étanchéité à l'air des maisons. Les façades exposées au sud sont protégées du soleil d'été par des pergolas équipées de brise soleil en terre cuite et les toitures sont prolongées en casquettes.

La brique Monolithe isolée (30 cm d'épaisseur) utilisée dans la maison de type T4 confère une bonne inertie. Un cloisonnement séparatif de la salle de séjour et des chambres, en briques de terre crue, se trouve dans les deux maisons pour favoriser l'inertie.

Instrumentation : mesures en continu des consommations des 5 usages réglementaires de la RT2012 (chauffage, eau chaude sanitaire, ventilation, éclairage, rafraîchissement), mais aussi des paramètres de confort, comme la température, l'hygrométrie et le CO₂, pièce par pièce.

Label / référentiel : leur performance va au-delà de la RT2012 puisqu'elles sont labellisées « Effinergie + » et « Bepos Effinergie 2013 » ⁶.

⁵ L'Habitat Social Positif, Terreal, <https://terreal.com/fr/valeurs-et-engagements/actions-rse/habitat-social-positif/>
Fiche technique des maisons : <https://terreal.com/fr/valeurs-et-engagements/actions-rse/habitat-social-positif/construire/fiche-technique-des-maisons/>

⁶ Pour en savoir plus sur les labels Effinergie : <https://www.effinergie.org/web/>

La Maison Air et Lumière

VELUX®

Type de projet : construction neuve
Type de bâtiment : maison individuelle
Localisation : Verrières-le-Buisson (91)
Année de construction : 2011
Surface nette : 188 m² SHON



Aspects particuliers traités : en phase de conception⁷, la maison Air et Lumière⁸ a fait l'objet d'une attention particulière sur les aspects de l'éclairage naturel, du confort d'été, de l'optimisation de la qualité de l'air intérieur, de la performance énergétique, du pilotage et des économies d'énergie.

Conception architecturale bioclimatique : le concept architectural, construit autour de différentes pentes de toit, permet une exploitation maximale des ressources renouvelables (énergie solaire et lumière naturelle).

Matériaux et mise en œuvre : structure bois (bois et zinc en façades).

Energies renouvelables : panneaux solaires thermiques et photovoltaïques.

Equipements : pompe à chaleur, plancher chauffant basse température.

Ventilation : système associant la ventilation mécanique double flux et le tirage thermique naturel : ventilation hybride régulée en fonction du taux de CO₂, de l'hygrométrie et de la température. VMC Double-Flux activée en hiver (limitation des pertes d'énergie) et tirage thermique naturel + VMC Simple-Flux en inter-saison et en été (ouverture synchronisée des impostes verticales et des fenêtres de toit pour créer un tirage thermique et un rafraîchissement nocturne).

Pilotage : gestion automatisée des besoins de chauffage, de ventilation et de protection solaire par relevés d'informations de confort intérieur CO₂ et lumières. Présence d'une station météo qui anticipe les facteurs extérieurs.

⁷ Le cahier des charges est issu d'un appel à projet européen lancé par VELUX en 2009 « ModelHome 2020 », destiné à expérimenter une nouvelle manière de concevoir l'habitat du futur : autour de l'expérimentation de la construction d'une maison individuelle avec un bilan énergétique positif (Active House) et un impact neutre sur l'environnement, centrée sur le confort des habitants.

⁸ La Maison Air et Lumière, Velux, <https://www.velux.fr/a-propos/habitat-durable/maison-air-et-lumiere>

Vitrage : ratio de baies vitrées élevé (33 % par rapport à la surface habitable) et recours systématique à des éléments de protection solaire.

Label / référentiel : démarche HQE (inspiration du cahier des charges tertiaire), démarche BBC Effinergie, labellisation Active House⁹.

Instrumentation : suivi et encadrement des consommations pendant un an hors et en période habitée.



Maison Air et Lumière
Sources photos : [Velux](https://www.velux.com/fr)



⁹ Pour en savoir plus sur le label Active House : <https://www.activehouse.info/>

Test de capacité de rafraîchissement du plafond hydraulique



Type de projet : instrumentation d'équipements du 28 août au 27 septembre 2018 puis du 07 décembre 2018 au 13 janvier 2019.

Type de bâtiment : tests à échelle 1 dans deux maisons individuelle du CRCT, Centre de Recherche sur le Confort Thermique¹⁰ du Groupe Atlantic

Localisation : Saint-Jean-de-la-Ruelle (45)



Aspects particuliers traités : les 2 maisons laboratoires ont été équipées d'un plafond hydraulique Innovert pour tester sa capacité de rafraîchissement. Les performances de rafraîchissement du plafond ont été comparées à celles du plancher rafraîchissant puis à celles de la climatisation par PAC air-air multi-splits.

Plafond hydraulique

Source photo : [Innovert](#)

Observations : le confort est évalué en fonction de la température ambiante comparée selon les systèmes de production de froid : plancher rafraîchissant, PAC air-air multi-splits et plafond rafraîchissant. Sont observées la température et la stratification de cette température. L'approche qualitative de l'expérimentation a évalué également la vitesse de déplacement d'air (la ventilation est assurée par une VMC simple flux avec un débit fixe de 118 m³/h (hygro B simulé)) et l'acoustique des systèmes.

Instrumentation : afin de mieux évaluer le confort ressenti, des personnes de l'entreprise ont participé à un test de confort dans les pavillons rafraîchis avec les différentes solutions testées.

¹⁰ « Objectif du Centre de Recherche pour le Confort Thermique (CRCT) », Groupe Atlantic, <https://groupe-atlantic.fr/nos-engagements/innovation/objectif-du-crct/>

Mesures des impacts de remplacement d'appareils de chauffage électrique (Powermetrix)

Type de projet : instrumentation d'équipements de septembre 2014 à avril 2015.



Type de bâtiment : 22 foyers (maisons individuelles et logements sociaux)¹¹.

Aspects particuliers traités : mesurer les impacts d'un remplacement d'appareils de chauffage électrique, du point de vue des consommations et du confort thermique (un même échantillon de foyers, avant/après remplacement de leurs émetteurs).

- **Phase 1** – pose de capteurs dans les logements et monitoring des consommations et du confort avec d'anciens appareils de chauffage (convecteurs et rayonnants).
- **Phase 2** – remplacement par des appareils de nouvelle génération (radiateurs avec auto-apprentissage) et monitoring des données de consommations.
- **Phase 3** – entretiens qualitatifs (ressenti) avec les occupants.

Observations : les composantes particulièrement étudiées étaient

- l'évolution des consommations des appareils et du logement entre la phase 1 et la phase 2.
- le confort thermique : quelle température demandée à quel moment ? la qualité perçue de la chauffe ?
- le confort d'usage avec notamment la fonction auto-apprentissage (automatisation de la chauffe selon les rythmes de vie des occupants).

¹¹ D'après les échanges issus lors des réunions de travail (Mesures des impacts de remplacement d'appareils de chauffage électrique – Atlantic / Powermetrix)

Observation de logements équipés de radiateurs connectés

Etude réalisée pendant l'hiver 2019 auprès de 5000 logements

Type de projet : analyse de données provenant de l'instrumentation des radiateurs connectés ainsi que celles de l'application Cozytouch¹² permettant de piloter ces appareils.



Type de bâtiment et localisation : maisons individuelles (70%) et logements collectifs (30%) équipés de radiateurs connectés. Le parc sous observation est plutôt récent (années 1980/90 et 2000).

Localisation : parc qui représente l'ensemble des régions françaises.

Aspects particuliers traités :

- analyse des consommations de chauffage des logements.
- compréhension des paramètres influents.
- connaissance des températures de chauffe souhaitées par les habitants, déterminantes pour évaluer le niveau de confort thermique demandé.
- identification de la nature des interactions entre les utilisateurs et les appareils (confort de pilotage, comportement d'usage).

¹² Solution de pilotage Cozytouch proposée par Atlantic : <https://www.atlantic.fr/Piloter-les-appareils/Via-smartphone/Solutions-connectees/Cozytouch>

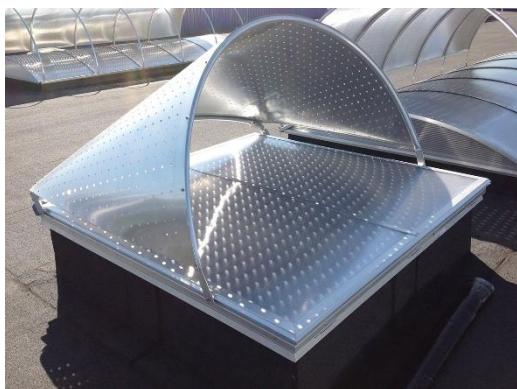
Mesures de Facteur de Lumière du Jour



Type de projet : mesures réalisées suite à l'installation de voûtes et lanterneaux Bluetek avec brise soleil en forme de dôme.

Type de bâtiment et localisation : bâtiment neuf de type industriel (chantier industriel Guy Cotten).

Localisation : Trégunc (29)



Aspects particuliers traités : Bluetek, filiale d'Adexsi, a eu pour rôle d'élaborer le plan d'éclairage et de désenfumage.

Observations : prendre en compte la contrainte d'éblouissement et limiter le réchauffement. Mesures du facteur solaire¹³ des produits équipés de brise-soleils pour éviter un substantiel inconfort de travail par la suppression de l'effet de serre c'est à dire protéger du soleil en été, mais laisser entrer la chaleur en hiver, grâce à une orientation optimisée.



Facteur Lumière du Jour

Source photos : [Adexsi](#)

¹³ « Guy Cotten mise sur le Facteur Lumière du Jour de son nouveau bâtiment », Adexsi, <https://www.adexsi.fr/actualites/chantiers-clients/guy-cotten-mise-sur-le-facteur-lumiere-du-jour-de-son-nouveau-batiment>

Monitoring d'une CTA couplée à un module adiabatique

adexsi
Opening new perspectives //

Type de projet : dans le cadre d'un suivi après-vente/installation, une CTA couplée à un module adiabatique ADEXSI a été monitorée.

Type de bâtiment : bâtiment existant de type tertiaire.

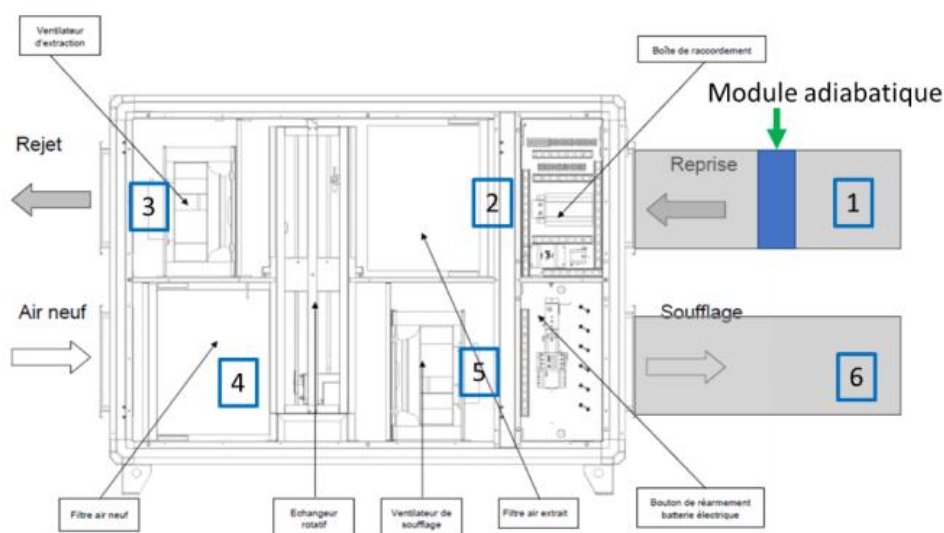
Localisation : MJC des 4 vents à Lyon (69)



Aspects particuliers traités : afin de promouvoir des solutions économes en énergie dans un contexte d'augmentation de la demande en climatisation, GrDF met en œuvre l'instrumentation et le suivi d'installations utilisant un rafraîchissement adiabatique indirect pour valider la performance énergétique et la pertinence économique de cette solution.

Missions d'Adexsi :

- mise en place de l'instrumentation de la CTA Adiabatique¹⁴.
- suivi de la qualité et de la fiabilité des données remontées.
- analyse des performances et calcul de l'efficacité du système (pilotage du couplage).



Source : Instrumentation CTA adiabatique (Bilan 2018-2019) / Adexsi

¹⁴ D'après les documents transmis lors des réunions de travail, « Instrumentation CTA adiabatique – Bilan 2018/2019 – MJC espace 4 vents », Adexsi.

Observations : mesure de

- température extérieure ;
- hygrométrie extérieure ;
- mesure locale de la température et hygrométrie dans 7 espaces du bâtiment ;
- consommation générale du bâtiment ;
- consommation électrique chaufferie ;
- consommation électrique CTA (total + détail des ventilateurs) et module adiabatique ;
- CTA aéraulique → mesure de Température et hygrométrie en 6 points (air repris avant + après humidification ; air rejeté ; air neuf ; air soufflé avant + après batterie) ;
- CTA eau → mesure du volume d'eau consommée, de la température d'entrée d'eau, de la température eau du bac.

Simulations Thermiques Dynamiques (STD) sur des maisons modélisées

Type de projet : simulations Thermiques Dynamiques (STD)¹⁵ sur des maisons « modélisées » représentatives des constructions actuelles.



Type de bâtiment : modélisation de logement neuf en maison individuelle (maison plain-pied - 3 zones climatiques : H1a, H1c et H2c / Maison R+1 - 4 zones climatiques : H1a, H1c, H2c et H3).

Equipements et matériaux :

Maison plain-pied (Simulation thermique dynamique uniquement en zone H1c et H2c) :

- PAC Air/Eau double service – avec froid et nouveau gaz réfrigérant R32.
- Isolation des murs R3,55 avec plaque 90 mm solution PU + laine minérale.
- Plancher bas avec entrevous béton + plaque PU 57 mm R2,6.
- Isolation cloison garage solution panneau isolant 120 mm préfabriqué autoportant avec deux plaques de plâtre hydrofuges et un isolant PU : R4,10.

➔ **Cas étudié STD :** Isolation solutions PU + PAC Air/Eau sur plancher chauffant / rafraîchissant.

Maison R+1 (Simulation thermique dynamique uniquement en zone H1c et H2c) :

- PAC Air/Air monosplit + EJ à l'étage (froid uniquement au RdC) + CET ou PAC Air/Eau PCBT + ventilo convecteurs à l'étage – avec froid – nouveau gaz réfrigérant R32.
- Isolation des murs avec plaque 90 et 110 mm solution PU + laine minérale.
- Plancher bas avec entrevous béton + plaque PU 57 (R2,6) et 80 mm (R3,70).

➔ **Cas étudié STD :** Refroidissement par PAC Air/Air uniquement au RdC + effet joule R+1 et isolation avec solutions PU.

Aspects particuliers traités : penser le confort dès les modes constructifs, en toutes saisons (notamment le confort d'été), les enjeux économico-techniques du recours au rafraîchissement ou à la climatisation.

¹⁵ D'après les échanges issus lors des groupes de travail et les documents transmis.

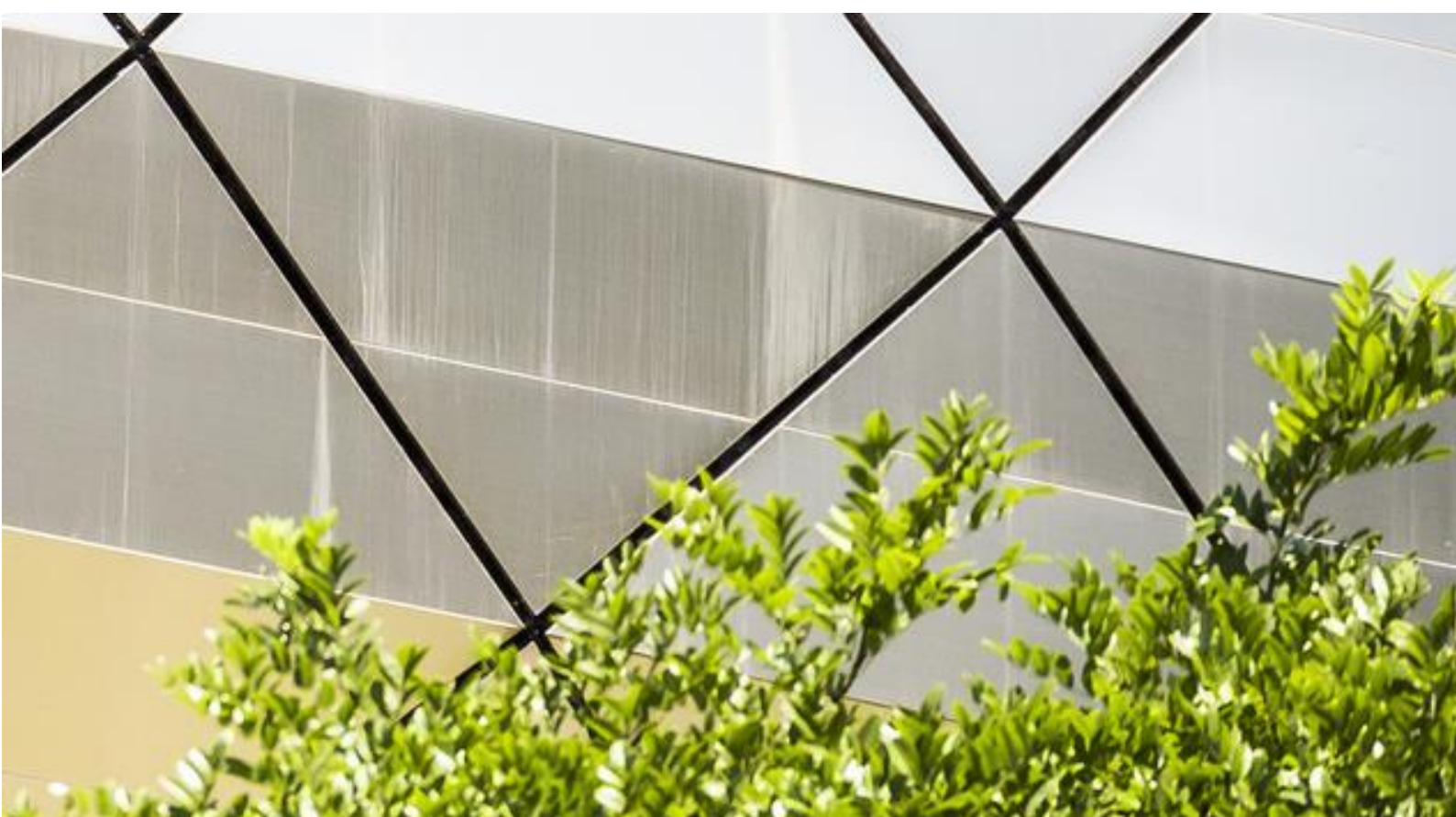
Observations : en deux étapes

- Est-il possible de construire bas carbone et confortable tout en restant compétitif ? (selon référentiel de l'expérimentation E+C- au 06/19) ;
- Analyser le confort perçu par le client selon des simulations thermiques-dynamiques avec une température de consigne de 26° C maximale (température qui préfigure le confort dans la future réglementation contre 28°C en RT 2012) en occupation sur la période estivale (1er juin-31 août).

Les enseignements mis en avant par les expérimentations

5 enseignements ont pu être tirés à la fois des expérimentations et des réflexions menées par le Groupe de Travail « *Le confort et la santé en pratique dans les bâtiments neufs et existants* » du Fonds de Dotation Cercle Promodul/INEF4.

L'objectif est de mettre en avant les constats observés, issus de ces expérimentations, permettant ainsi de mieux définir et caractériser les éléments favorisant le confort des occupants, sous forme de bonnes pratiques et de points de vigilance.



1

Allier apports lumineux, protections solaires & ventilation pour une meilleure performance énergétique

Contexte

Les apports en lumière naturelle ont de nombreux effets positifs sur les usagers, notamment sur la question du bien-être et de la santé en habitation tout comme sur la productivité et la concentration dans le tertiaire (bureaux, écoles)¹⁶. Toutefois, ces apports lumineux ne doivent pas compromettre le confort thermique, en toute saison, pour maintenir des conditions d'habitat et de travail acceptables.

Constat

Le confort par les apports lumineux dépend de l'orientation des surfaces vitrées, de leur inclinaison ainsi que de la localisation en France. La plupart des retours d'expériences étudiés présentent une architecture (conception) bio climatique (orientation des pièces de vie au sud, solutions de protections solaires etc.).

Pour la maison Air et Lumière, une bonne optimisation des surfaces vitrées permet, malgré un hiver avec 53% d'ensoleillement en moins par rapport à la moyenne lors des mesures effectuées¹⁷ :

- d'allonger la durée d'éclairage naturel dans l'habitat d'environ 1h par jour ;
- de couvrir 43% des besoins d'éclairage¹⁸ ;
- de réduire de moitié les consommations d'électricité pour l'éclairage artificiel.

L'avis du sociologue

« La lumière et la ventilation naturelles participent au confort de vie en tertiaire comme en résidentiel. La lumière naturelle est recherchée et réputée agréable, énergisante »,
[G. Brisepierre, Livret blanc, « La gestion énergétique naturelle », Adexsi.](#)

Par ailleurs, l'appréciation des apports lumineux et de leur intensité (tamisée ou plus lumineuse) dépend de chacun.

¹⁶ Livret blanc, « La gestion énergétique naturelle » (pages 10 à 20), Adexsi, <https://www.adexsi.fr/actualites/corporate/gestion-energetique-adexsi-lance-son-premier-livre-blanc>

¹⁷ Brochure « La Maison Air et Lumière », Velux, <https://www.velux.fr/a-propos/habitat-durable/maison-air-et-lumiere>

¹⁸ Par rapport à 22 % dans la même maison virtuelle moins vitrée (Etude comparative réalisée par Cardonnel Ingénierie entre la Maison Air et Lumière et la même maison dont la surface vitrée est de 17 %). D'après la brochure « La Maison Air et Lumière », Velux, <https://www.velux.fr/a-propos/habitat-durable/maison-air-et-lumiere>

La maison Multi-Confort, malgré une large surface vitrée, montre que grâce à un double vitrage 4 saisons ou à contrôle solaire (vitrage réfléchissant le rayonnement solaire vers l'extérieur), un apport solaire conséquent peut être garanti tout en contrôlant le confort thermique toute l'année (par exemple, la température d'une pièce en été peut être réduite de 5°C).¹⁹

Un système de ventilation performant, ventilation mécanique et tirage thermique naturel, associés à des protections solaires réduisant le rayonnement direct du soleil dans les pièces peuvent permettre de réduire la température intérieure de l'habitat jusqu'à 5°C en été²⁰.

Le rafraîchissement adiabatique peut venir améliorer le confort thermique (en passant de 32°C à l'extérieur, à 26°C à l'intérieur) en complément de la ventilation naturelle (Tertiaire)²¹.

Dans le tertiaire, l'optimisation de l'éclairage naturel est également possible en associant d'abord l'apport lumineux des fenêtres sur la façade à une meilleure installation des voûtes et lanterneaux de désenfumage sur la toiture²² :

- exposition au rayonnement solaire direct faible : les brise-soleil longitudinaux protègent du soleil en été, mais laissent entrer la chaleur en hiver, grâce à leur orientation optimisée (facteur solaire des produits équipés de brise-soleils de 0,12 ce qui permet d'éviter un substantiel inconfort de travail, par la suppression de l'effet de serre).
- bon niveau d'éclairement dans le local : le Facteur Lumière du Jour (FLJ) moyen de la construction est de 2,8 %, soit plus de 300 lux pendant 50 % du temps de travail.

Les enseignements

- * Les apports en lumière naturelle ont un impact positif sur la santé : diminution des migraines, amélioration du confort visuel et pour le secteur tertiaire, meilleure efficacité dans le travail²³.
- * Il est possible de créer un bâtiment énergétiquement performant avec des apports lumineux et un confort thermique adéquats.
- * Les apports lumineux (quelle que soit la typologie de construction) doivent être nécessairement accompagnés d'une bonne ventilation ainsi que de protections solaires pour ne pas induire d'inconfort thermique en saison estivale.
- * Les expérimentations ont montré que le confort lumineux et thermique peuvent être garantis à l'aide de protections solaires permettant d'atténuer l'impact des

¹⁹ La surface vitrée de la maison Saint-Gobain Multi-confort représente 28% de la surface habitable. D'après les documents transmis lors des réunions de travail (Saint-Gobain Glass Bâtiment / GLASSOLUTIONS).

²⁰ La Maison Air et Lumière, Velux, <https://www.velux.fr/a-propos/habitat-durable/maison-air-et-lumiere>

²¹ D'après les documents transmis lors des réunions de travail, « Instrumentation CTA adiabatique – Bilan 2018/2019 – MJC espace 4 vents », Adexsi.

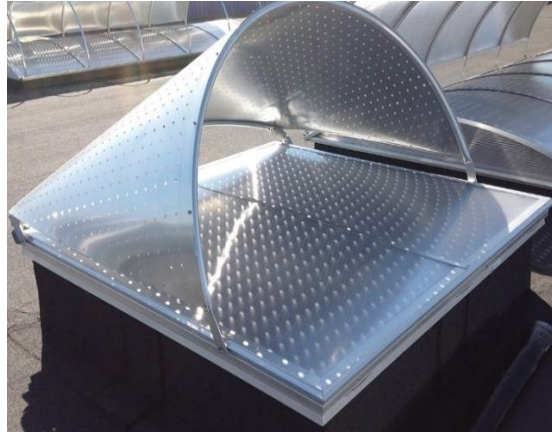
²² « Guy Cotten mise sur le Facteur Lumière du Jour de son nouveau bâtiment », Bluetek / Adexsi, <https://www.adexsi.fr/actualites/chantiers-clients/guy-cotten-mise-sur-le-facteur-lumiere-du-jour-de-son-nouveau-batiment> et d'après les échanges issus lors des groupes de travail et les documents transmis.

²³ La Maison Air et Lumière, Velux, <https://www.velux.fr/a-propos/habitat-durable/maison-air-et-lumiere>

rayonnements directs en été, tout en laissant entrer la chaleur des rayonnements en hiver (Cf Photos 1 et 2).



*Protections solaires en
maison individuelle (Terreal)*



*Protection solaire sur toiture atténuant les
rayonnements tout en garantissant l'apport en
lumière naturelle (Bluetek)*

- * Il est possible de concilier surfaces vitrées (supérieure à la demande réglementaire de 1/6 des surfaces de mur pour les maisons individuelles), et réduction des besoins en chauffage (à l'échelle annuelle) tout en évitant le problème des surchauffes d'été.
- * Une réorganisation des protections solaires et une gestion optimisée de l'éclairage en toiture permettent de prendre en compte la contrainte d'éblouissement et de limiter le réchauffement.

2

Combiner gestion automatique des équipements et prise en main de l'utilisateur

Contexte

Le pilotage et la gestion active permettent de réaliser un certain nombre d'opérations automatiquement sur les équipements sans l'intervention de l'utilisateur. Par ailleurs, la gestion active en Maison Individuelle, Logements Collectifs ou Tertiaire, permet d'optimiser la consommation des équipements. Les automatismes se déclenchent selon des détecteurs de présence, taux d'hygrométrie etc.

Mais le pilotage peut également permettre à l'habitant d'améliorer son confort. Une visibilité est donnée à l'utilisateur sur ses sources de consommation d'énergie, et pics d'émissions de CO₂ par exemple, avec un suivi en temps réel : les solutions sont ajustables aux comportements des habitants.

L'avis du sociologue

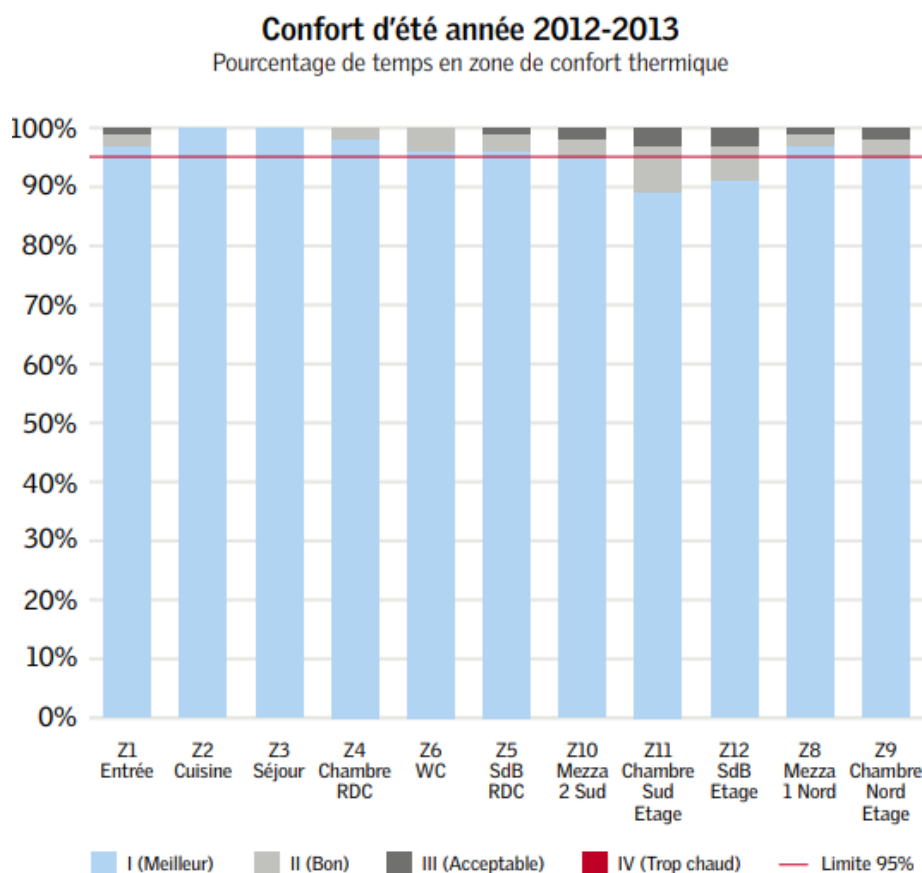
Opter pour une construction participative : « On écoute les besoins des usagers, puis les concepteurs cheminent avec eux. En clair, au lieu d'expliquer le fonctionnement des équipements en aval des projets, les professionnels retiennent les choix techniques en amont en se basant sur les besoins, l'objectif étant que les occupants s'approprient les moyens mis à leur disposition » , [G. Brisepierre, Livret blanc, « La gestion énergétique naturelle », Adexsi.](#)

Yankel Fijalkow fait la distinction être le confort hédonique (abri, santé et sécurité), le confort qui conforme (équipements pour respecter les normes d'habitat) et le confort qui conforte (affranchissement des contraintes) : l'utilisateur souhaite « *pouvoir maîtriser [son] environnement* ». [Y. Fijalkow, « Le confort dans l'habitat en pratique », Interview par Cercle Promodul/INEF4.](#)

Constat

La gestion automatisée des ouvertures et des protections solaires contribue au confort thermique, en particulier en été (de jour comme de nuit - rafraîchissement nocturne) et permet de garder une maison tempérée.

Pour la maison Air et Lumière de Velux, la maison s'est située dans les meilleures classes de confort thermique (selon la norme EN 15251) plus de 90 % du temps²⁴.



Dans le but de réaliser des économies d'énergie et de faciliter l'accessibilité, l'allumage automatique de la lumière selon la présence et de la luminosité extérieure est possible²⁵.

La gestion de la température pièce par pièce a permis de s'adapter aux besoins de chacun²⁶.

Retours sur le démarrage d'équipements de chauffage / climatisation selon une programmation préalable (selon région, type d'habitat, pièces, taux de présence, moment de chauffe en journée) et de l'adaptation de la température aux besoins :

- d'après l'étude Powermetrix d'Atlantic²⁷, la programmation sur une installation de chauffage a permis de réaliser des gains de 13% par rapport à une installation pilotée de manière binaire (à température constante).
- cette même étude nous apprend également que l'autoapprentissage des équipements (selon les rythmes de vie des occupants) permet de réaliser des gains supplémentaires de 5% par rapport à la programmation.

²⁴ La Maison Air et Lumière, Velux, Brochure page 14, <https://www.velux.fr/a-propos/habitat-durable/maison-air-et-lumiere>

²⁵ La Maison Air et Lumière, Velux, <https://www.velux.fr/a-propos/habitat-durable/maison-air-et-lumiere>

²⁶ Idem note précédente

²⁷ D'après les échanges issus lors des réunions de travail (Mesures des impacts de remplacement d'appareils de chauffage électrique – Atlantic /Powermetrix)

Paradoxalement, Il est important de donner la possibilité à l'utilisateur de reprendre la main sur les équipements :

- l'analyse de données provenant de l'instrumentation de radiateurs connectés reliés à une application permettant de piloter ces appareils²⁸ montre que 85% des usagers se disent satisfaits du pilotage par l'application – plus de 30% disent interagir plusieurs fois par semaine pour régler la température. La connectivité est perçue par les utilisateurs comme une avancée pour optimiser le confort : pouvoir gérer la température de manière très réactive et à distance, et gérer les imprévus grâce à un pilotage intuitif et guidant.

La connectivité des équipements permet de gérer intuitivement la température de manière réactive et à distance.

Les enseignements

- * Il faut pouvoir prendre la main sur les automatismes (allumage lumière, variation de l'intensité lumineuse, ouverture automatique des fenêtres etc.) pour combler le manque de prise en compte d'événements et facteurs comportementaux dans l'habitat (taux d'occupation par pièce, rythme de vie, appétence ou non des appareils, départ d'un occupant et désactivation des équipements etc.).
- * L'équilibre doit être recherché entre confort et pilotage de l'énergie. Le « tout automatique » n'est pas réaliste ; la possibilité, comme le prévoit le système, de pouvoir gérer manuellement certaines fonctions est indispensable.
- * Fournir à l'utilisateur final des notices simplifiées des équipements, mais également des applications faciles d'usages / ergonomiques permettant un coaching sur les consommations (notifications sur les bonnes pratiques, alertes etc ..).
- * L'émission de CO₂ dans la maison est une variable très tributaire du comportement des habitants selon les habitudes d'aération des pièces. Des capteurs et une meilleure visibilité pour les habitants sur ce point est sans doute nécessaire.
- * De même, donner à l'utilisateur une meilleure visibilité de sa consommation d'énergie (suivi en temps réel) et la possibilité de piloter soi-même ses équipements pour son confort est important.
- * Le pilotage automatique d'ouverture des fenêtres doit prévenir contre les tentatives d'intrusion et se refermer lors d'intempéries.
- * La maintenance des équipements et des différents capteurs doit être effectuée régulièrement.
- * Faire un bon diagnostic « comportemental » des occupants, selon les taux d'occupation par pièce, leurs rythmes de vie, leurs attentes en matière de confort et leur appétence au pilotage ou pas des appareils sera utile.

²⁸ D'après les échanges issus lors des réunions de travail (Observation de logements équipés de radiateurs connectés - Groupe Atlantic)

3

Garantir un air de qualité par le choix des matériaux et d'un système de ventilation efficace

Contexte

Un air de qualité ne contient pas de polluants toxiques ou bien en concentrations non détectables.

Les émissions de Composés Organiques Volatils (COV) peuvent provenir des matériaux de construction (enduits, parois etc.) comme des produits à l'intérieur de l'habitat. Une concentration de CO₂ trop élevée, indique un mauvais renouvellement de l'air d'une pièce occupée et donc une exposition aux polluants présents dans l'air, qui peut avoir des effets néfastes sur la santé : fatigue, baisse d'attention et d'efficacité intellectuelle, irritations des voies respiratoires ou à terme des maladies plus graves.

Une hygrométrie trop élevée favorisant le développement des moisissures et des acariens, peut également entraîner des réactions allergiques et respiratoires. Et à l'inverse, une hygrométrie trop faible peut conduire à une sécheresse des muqueuses.

Constat

Dans la Maison Air et Lumière, le choix de matériaux performants (classement A+) couplé à une ventilation efficace, combinant système mécanique double flux et l'ouverture des fenêtres en fonction des saisons, a permis d'obtenir une concentration en CO₂ < 900 ppm²⁹.

La qualité de l'air de la maison a donc été régulée de façon satisfaisante en fonction des taux de CO₂ et d'hygrométrie dans chacune des pièces. La santé des usagers a également été améliorée (interruption des crises d'asthmes par exemple).

| Qualité de l'air intérieur | INT1 : Excellent qualité | INT2 : Qualité moyenne | INT3 : Qualité modérée | INT4 : Qualité basse |
|---|--------------------------|------------------------|------------------------|----------------------|
| Niveaux de CO ₂ (ppm) par rapport à l'air neuf entrant | < 400 | 400 – 600 | 600 – 1000 | > 1000 |

Tableau 1 : Concentration intérieures en CO₂ par niveau de qualité de l'air (anciennement selon la norme NF EN 13779, désormais NF EN 16798-3 (août 2017)).

²⁹ La Maison Air et Lumière, Velux, <https://www.velux.fr/a-propos/habitat-durable/maison-air-et-lumiere>

Dans la maison Multi-Confort³⁰, un suivi régulier de la qualité de l'environnement a été mis en place. Ce suivi repose sur :

- la mise en œuvre de matériaux peu émissifs (c'est-à-dire limiter les émissions de polluants à la source) en composés organiques volatils (COV) voire actifs sur la réduction des émissions (ex. laine minérale avec faible taux de formaldéhyde, plaque de plâtre intégrant une technologie active visant l'élimination jusqu'à 70% des principaux COV présents dans l'air, bois non traité et sans colle pour l'ameublement, peintures murales minérales sans solvants organiques).
- une étanchéité à l'air efficace pour éviter les fuites d'air parasites³¹ ce qui permet une circulation conforme de l'air dans la maison (des pièces de vie vers les pièces humides).
- un renouvellement d'air suffisant assuré par un système de ventilation adapté à l'usage du bâtiment pour évacuer la vapeur d'eau et les polluants (CO₂, gaz de combustion, COV et radon).

L'utilisation de briques en terre cuite et crue dans la structure permet aussi de stabiliser le taux d'hygrométrie dans l'habitat sans émettre de COV ni de moisissures ³².

Les enseignements

- * Le choix des matériaux de construction doit être réfléchi en amont pour minimiser tout effet néfaste sur la santé (matériaux émettant peu de Composés Organiques Volatils (COV)) : mise en œuvre de matériaux peu émissifs voire actifs, peintures murales minérales sans solvants organiques, meubles en bois non traité, sans colle et sans vernis.
- * Avec des COV traités à la source, en exploitant un système de ventilation performant, associant ventilation mécanique et tirage thermique naturel en fonction des saisons permet de limiter la pollution de l'air intérieur dans les environnements confinés (notamment le maintien de l'hygrométrie dans la plage souhaitable) en assurant un renouvellement d'air suffisant.
- * Des gestes simples (entretien régulier des équipements de ventilation, contrôle des remontées capillaires sur les parois, nettoyage des bouches d'aération etc.) suffisent pour maintenir la qualité et l'efficacité des systèmes de ventilation.
- * La variable acoustique est également à prendre en compte dans le choix des systèmes de ventilation afin d'éviter les effets indésirables liés au possible bruit des bouches d'extraction ou de soufflage.
- * La mesure de la qualité de l'air (suivi en temps réel par exemple) doit pouvoir être affichée pédagogiquement dans l'habitat ou le bâtiment tertiaire pour sensibiliser les usagers et inciter à agir pour leur propre confort et leur santé.

³⁰ D'après le dossier de presse « Maison Multi-Confort » fourni par Saint-Gobain lors des réunions de travail.

³¹ Un défaut d'étanchéité à l'air peut aussi provoquer des déperditions énergétiques pouvant aller jusqu'à 18%, avec pour conséquences une surconsommation en chauffage, une sensation d'inconfort thermique et acoustique (Maison Multi-confort).

³² L'Habitat Social Positif, Terreal, <https://terreal.com/fr/valeurs-et-engagements/actions-rse/habitat-social-positif/>

4

Assurer le confort thermique d'été comme d'hiver

Contexte

Plusieurs éléments entrent en considération pour garantir un confort thermique 4 saisons, qu'ils soient liés à une bonne inertie thermique, une isolation efficace des parois et recourent à une combinaison de systèmes actifs et passifs de ventilation.

Constat

Pour la plupart des usagers, l'impact du confort thermique est davantage valorisant que les gains de consommation³³.

Enveloppe : Les briques en terre cuite, utilisée dans « Habitat Socail Positif », type BMI de 30 cm, asymétriques avec une concentration de l'essentiel de la masse côté intérieur de la maison, permet d'assurer une bonne inertie et donc un meilleur confort en saison estivale³⁴.

Cloisonnement : L'utilisation des briques en terre crue permet de réguler le taux d'humidité dans les pièces (confort d'été) et d'assurer une bonne diffusion/répartition de la chaleur (confort d'hiver)³⁵.

Les apports solaires contribuent également au confort thermique en hiver³⁶.

Le pilotage permet d'optimiser le fonctionnement des équipements entre eux (rafraîchissement avec protections solaires).

L'avis du sociologue

« Le confort thermique n'est qu'un des aspects du confort : confort acoustique, confort visuel, confort olfactif, l'espace intérieur, l'emplacement, l'environnement, le voisinage, l'accessibilité, les équipements, l'attachement affectif, la sécurité [...] Il existe de fortes variations inter-individuelles et collectives, selon l'âge, le genre, la localisation, la culture d'appartenance ».

[C. Beslay, « Le confort dans l'habitat en pratique », Interview de Cercle Promodul/INEF4.](#)

³³ D'après les échanges issus lors des réunions de travail (Etude Powermetrix)

³⁴ L'Habitat Social Positif, Terreal, <https://terreal.com/fr/valeurs-et-engagements/actions-rse/habitat-social-positif/>

³⁵ Idem note précédente

³⁶ La Maison Air et Lumière, Velux, <https://www.velux.fr/a-propos/habitat-durable/maison-air-et-lumiere>

D'après des simulations thermiques-dynamiques avec une température de consigne de 26°C maximale (température qui préfigure le confort dans la future réglementation contre 28°C en RT 2012) en occupation sur la période estivale (1^{er} juin-31 août)³⁷, on observe :

Maison de plain-pied (isolation solutions PU + PAC Air/Eau sur plancher chauffant / rafraîchissant) dans les 2 zones H1C et H2C :

- *Séjour Salon* : température confort 26° respectée jusqu'à une température extérieure de 30°C. La température de 26°C n'a pas été respectée seulement durant 3 jours caniculaires, avec un pic de 34°C.
- *Dans les chambres* : température confort 26°C respectée même sur la semaine la plus chaude observée avec un pic à 34° sans atteindre la puissance maximale admissible du plancher rafraîchissant.
- Cette solution permet de maintenir un delta de température d'environ 4 à 5°C inférieur à une maison non équipée de plancher rafraîchissant.

Maison R+1 (PAC Air/Air uniquement au rez-de-chaussée) : dans les 2 zones H1c et H2c et pour le logement complet :

- Température confort 26°C respectée hormis pendant les pics de chaleur à 34°C où la puissance maximale est atteinte et la PAC Air/Air ne tient pas la consigne de 26°C durant H1C : 6 heures / H2C : 23 heures.

Vitrage : la maison Multi-Confort, malgré une large surface vitrée, montre que grâce à un double vitrage 4 saisons ou à contrôle solaire (vitrage réfléchissant le rayonnement solaire vers l'extérieur), un apport solaire conséquent peut être garanti tout en contrôlant le confort thermique toute l'année (par exemple, la température d'une pièce en été peut être réduite de 5°C et la chaleur est gardée à l'intérieur du logement en hiver)³⁸.

Equipement : d'après le monitoring d'une CTA - bâtiment tertiaire - couplée à un module adiabatique, l'air chaud passe à travers un échangeur humide. L'eau absorbe les calories présentes dans l'air, ce qui par conséquent le rafraîchit (démarrage du module adiabatique si température reprise > 23°C). Un module adiabatique performant peut permettre un rafraîchissement efficace avec une différence de température de l'ordre de 6°C avec l'extérieur (baisse de la température de l'air repris d'environ 4 à 7° C³⁹).

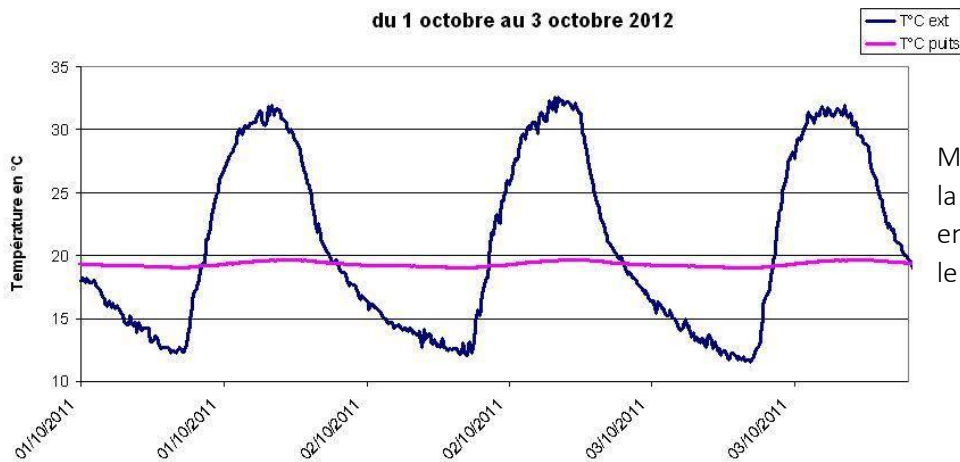
Dans la maison Multi-Confort, le puits canadien couplé à une ventilation double flux contribue au confort thermique, notamment l'été. Ce système permet un confort thermique hiver comme été : l'air étant préchauffé l'hiver à 2 mètres sous terre et également rafraîchi l'été, il

³⁷ D'après les échanges issus des réunions de travail (Etude STD sur des maisons modélisées - Unilin Insulation).

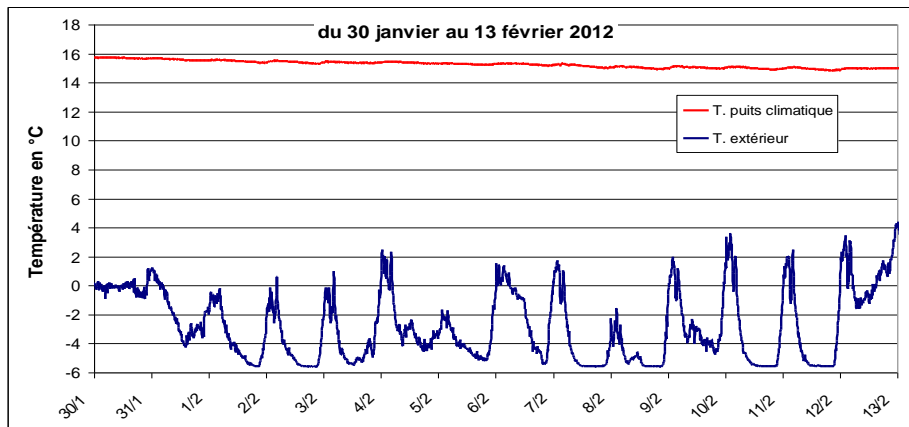
³⁸ La surface vitrée de la maison Saint-Gobain Multi-confort représente 28% de la surface habitable. D'après les documents transmis lors des réunions de travail (Saint-Gobain Glass Bâtiment / GLASSOLUTIONS).

³⁹ D'après les documents transmis lors des groupes de travail, « Instrumentation CTA adiabatique – Bilan 2018/2019 – MJC espace 4 vents », Adexsi.

assure une température intérieure stable et confortable, notamment pendant les fortes variations de température journalières en période de canicule⁴⁰.



Mesures effectuées dans la maison Multi-Confort en période chaude (cas le plus défavorable).



Mesures effectuées dans la maison Multi-Confort en période froide : stabilité de la température de sortie.

Quelle que soit la température extérieure, l'air est soufflé à la température de la terre.

Les enseignements

- * La puissance des appareils installés ne doit pas tenir compte que de la taille des pièces mais aussi de leurs configurations et orientations (proximité avec cheminée, baies vitrées, parois froides etc.)⁴¹
- * L'installation de plancher réversible chauffant / rafraîchissant doit veiller à ne pas créer de points de rosée qui contribueraient à augmenter le taux d'humidité ambiant.⁴²
- * Le puits canadien couplé à une ventilation double flux contribue au confort thermique en toute saison⁴³.

⁴⁰ D'après les échanges issus des réunions de travail (Etude maison Multi-Confort Saint-Gobain et données puits canadien PAM - Saint-Gobain).

⁴¹ D'après les échanges issus des réunions de travail (Etude Powermetrix).

⁴² D'après les échanges issus des réunions de travail (Etude STD sur des maisons modélisées Unilin Insulation).

⁴³ D'après les échanges issus des réunions de travail (Etude maison Multi-Confort Saint-Gobain et données puits canadien PAM - Saint-Gobain).

- * Le plafond hydraulique permet de garantir une réversibilité chaud/froid. En revanche, l'installation étant effectuée par le plaquiste, celui-ci doit être formé pour maîtriser la pose.⁴⁴
- * Un double vitrage 4 saisons ou à contrôle solaire permet, tout en laissant rentrer un maximum de lumière naturelle, de garantir un confort optimale toute l'année (notamment dans les régions chaudes et pour les grandes fenêtres ou baies vitrées orientées Sud et Ouest)⁴⁵.

Confort thermique d'hiver :

- * Mieux contrôler la répartition de la chaleur dans les pièces pour assurer une bonne hétérogénéité du confort et s'assurer que les pièces éloignées des sources de chaleur soient chauffées correctement⁴⁶.

Confort thermique d'été :

- * Des systèmes de rafraîchissement (type plafond ou plancher hydraulique) permettent de limiter la stratification des températures, sources d'inconfort, d'amortir la dérive vers l'élévation de la température intérieure. Toutefois, il ne permettent pas d'abaisser la température ou de la maintenir à une consigne comme le font les climatiseurs⁴⁷.
- * Le rafraîchissement adiabatique (CTA) permet de limiter la consommation énergétique (comparativement à une climatisation) sans toutefois pouvoir garantir une température de consigne fixe mais selon les cas de gagner jusqu'à 7°C sur la température extérieure⁴⁸.
- * Une maison peut rester fraîche en été avec une importante surface vitrée grâce au rafraîchissement naturel passif (effet cheminée entre fenêtres verticales et de toit) et à l'utilisation dynamique des protections solaires extérieures en journée. Sur une semaine représentative on note un rafraîchissement d'environ 5°C en moyenne⁴⁹.
- * Il est important de gérer la ventilation nocturne pour bénéficier de la fraîcheur en été et de gérer l'occultation de jour pour limiter les apports solaires excessifs en cas de forte chaleur.

⁴⁴ D'après les échanges issus des réunions de travail (Test de capacité de rafraîchissement du plafond hydraulique - Groupe Atlantic)

⁴⁵ D'après les échanges issus lors des réunions de travail (Maison Multi-Confort Saint-Gobain / Saint-Gobain Glass Bâtiment / GLASSOLUTIONS).

⁴⁶ L'Habitat Social Positif, Terreal, <https://terreal.com/fr/valeurs-et-engagements/actions-rse/habitat-social-positif/>

⁴⁷ D'après les échanges issus des réunions de travail (Test de capacité de rafraîchissement du plafond hydraulique - Groupe Atlantic)

⁴⁸ D'après les documents transmis lors des groupes de travail, « Instrumentation CTA adiabatique – Bilan 2018/2019 – MJC espace 4 vents », Adexsi.

⁴⁹ La Maison Air et Lumière, Velux, <https://www.velux.fr/a-propos/habitat-durable/maison-air-et-lumiere>

5

Concilier le confort avec les coûts

Contexte

Pour beaucoup, le confort peut être associé à une catégorie socioprofessionnelle privilégiée et à priori considéré comme coûteux à mettre en œuvre. Pourtant, le confort dans l'habitat peut être accessible.

Constat

La gestion des coûts doit être abordée sur l'ensemble de la durée de vie du projet (construction, exploitation, démolition).

Le recours aux usages électrodomestiques (phase d'exploitation) doit aussi être intégré dans la gestion des coûts.

Une construction à coûts modérés pour des logements sociaux permet d'avoir des loyers modérés⁵⁰.

Pour l'enveloppe du bâtiment il faut avoir recours à des matériaux de construction simples et robustes pour réduire la dépendance à des systèmes énergivores et coûteux à entretenir.

Les enjeux économique-techniques du recours au rafraîchissement ou à la climatisation sont également à prendre en compte. D'après l'étude⁵¹ E+C- menée sur les configurations suivantes :

- Maison de plain-pied (*isolation solutions PU + PAC Air/Eau sur plancher chauffant / rafraîchissant*) : l'intégration du rafraîchissement sur le plancher se fait avec un coût maîtrisé sur les 3 zones climatiques : H1a, H1c et H2c, tout en atteignant un niveau de performance E2 et C1-30%.
- Maison R+1 (*PAC Air/Air*) : si le coût est maîtrisé en H3, avec un bon niveau de performance carbone, il reste à optimiser en H1a et H1c et est trop élevé en H2c (solution non adaptée à cette zone).
- Maison R+1 (*PAC Air/Eau*) : le confort toutes saisons dans toutes les pièces entraîne un surcoût significatif par rapport à un bâti RT 2012 sans équipement de refroidissement.

⁵⁰ Performance des maisons Habitat Social Positif, Terreal, <https://terreal.com/fr/valeurs-et-engagements/actions-rse/habitat-social-positif/construire/performance-des-maisons-hsp/>

⁵¹ D'après les échanges issus lors des réunions de travail (Etude STD sur des maisons modélisées - Unilin Insulation)

Enfin, un Français sur deux est déjà aujourd'hui concerné par une perte d'autonomie plus ou moins prononcée, pour lui-même, ou dans son entourage proche. Les capacités d'accueil des structures collectives (EHPAD, Maisons de retraite, etc.) ne pourront plus être en adéquation avec l'accroissement des besoins de la population française et rendent inéluctable les besoins d'adaptation des logements individuels⁵².

L'avis du sociologue

« Économiser l'énergie chez soi a un coût, celui des équipements performants et des travaux de rénovation. Il convient d'aider les ménages les plus modestes et développer des dispositifs contraignants pour interdire les équipements et la location (voire la vente) des logements les plus énergivores.

L'expérience montre que les dispositifs incitatifs sont peu efficaces, seules les réglementations peuvent faire évoluer durablement les consommations d'énergie domestiques, en lien avec des changements culturels de conception du confort et des modes d'habiter.

La maîtrise des consommations d'énergie domestiques passe aussi par l'accompagnement in situ des nouveaux résidents et/ou après une rénovation énergétique pour favoriser l'appropriation du nouveau système technique de l'habitat. ».

[C. Beslay, « Le confort dans l'habitat en pratique », Interview par Cercle Promodul/INEF4.](#)

Les enseignements

- * Il est possible d'associer bâtiment positif et coûts maîtrisés.
- * La réversibilité du plancher est un système économique mais qui doit être réalisée dans les règles de l'art, en respectant le cahier des charges de prescriptions techniques défini, afin de ne pas créer de points de rosée et augmenter le taux d'humidité ambiant⁵³.
- * La maîtrise des coûts se pense dès les phases de conception du projet. Les coûts d'exploitation et les coûts de construction sont à anticiper de façon distincte.
- * La production locale d'énergie permet de réduire les coûts globaux d'exploitation, incluant les usages électrodomestiques.
- * Éléments à prendre en compte : manutention, remplacement et entretien des équipements durant les phases d'exploitation.
- * Confort et coûts ne sont pas deux principes opposés mais complémentaires.

⁵² D'après les échanges issus lors des réunions de travail, « Confort modulable » de la Maison Multi-Confort, Saint-Gobain

⁵³ D'après les échanges issus des réunions de travail (Etude STD sur des maisons modélisées - Unilin Insulation) : la réversibilité du plancher a été étudiée par convention uniquement sur la période du 1er juin au 31 août. Or, les simulations thermiques-dynamiques ont montré que d'autres périodes hors saison d'été pouvaient générer de l'inconfort dans la maison. Les hypothèses dans les moteurs de calculs, ainsi que les systèmes, doivent en tenir compte, reflétant ainsi la réalité du besoin.

Synthèse des enseignements

Extraits des initiatives présentées dans ce document, les enseignements factuels permettent de mieux définir et caractériser les éléments favorisant le confort.

Allier apports lumineux, protections solaires & ventilation pour une meilleure performance énergétique :

Quelles sont les bonnes pratiques et les points de vigilance ?

Il est possible de vivre dans un bâtiment énergétiquement performant avec des apports lumineux et un confort thermique adéquats. En effet, les apports lumineux, importants au bien-être et à la santé, doivent être largement favorisés pour permettre un bon confort thermique (laisser entrer la chaleur des rayonnements en hiver) sans pour autant créer des problèmes de surchauffes l'été ou encore d'éblouissement. Grâce à une bonne gestion des protections solaires et en exploitant un système de ventilation performant (associant ventilation mécanique et tirage thermique naturel en fonction des saisons) le contrôle des facteurs solaires des produits verriers en été est atténué.

Combiner gestion automatique des équipements et prise en main de l'utilisateur :

Quelles sont les bonnes pratiques et les points de vigilance ?

L'équilibre doit être recherché entre confort et pilotage de l'énergie. Le « tout automatique » n'est pas réaliste et la possibilité de pouvoir gérer manuellement certaines fonctions est indispensable. De même, donner à l'utilisateur une meilleure visibilité de sa consommation d'énergie (suivi en temps réel) ou encore des notices simplifiées des équipements, ainsi que des applications faciles d'usage / ergonomiques permettent un coaching sur les consommations. Enfin, pour un confort optimal, des capteurs sont indispensables pour combler le manque de prise en compte d'événements et facteurs comportementaux dans l'habitat (sécurité, maintenance, taux d'occupation par pièce, émissions de CO₂, rythme de vie, départ d'un occupant et désactivation des équipements etc.).

Garantir un air de qualité par le choix des matériaux et d'un système de ventilation efficace :

Quelles sont les bonnes pratiques et les points de vigilance ?

Le choix des matériaux, pensé en amont pour minimiser tout effet néfaste sur la santé, notamment grâce à des matériaux émettant peu de Composés Organiques Volatils (COV) voire

même actifs (et donc intégrant une technologie active visant l'élimination) associé à un renouvellement d'air suffisant, des gestes simples (entretien régulier des équipements) et à des actions de sensibilisation des usagers permet d'agir pour le confort et la santé.

Assurer un confort thermique d'été comme d'hiver :

Quelles sont les bonnes pratiques et les points de vigilance ?

Avant toute chose, la puissance des appareils installés ne doit pas seulement tenir compte de la taille des pièces mais aussi de leurs configurations et orientations (proximité avec cheminée, baies vitrées, parois froides etc.) afin d'assurer une bonne hétérogénéité du confort. Une importante surface vitrée favorisant la lumière naturelle, peut à la fois permettre un bon confort thermique d'hiver et d'été si la gestion de la ventilation et de l'occultation de jour est optimisée. Enfin, un certain nombre de systèmes permettent à la fois un confort d'été et d'hiver (plancher réversible, puits canadien, plafond hydraulique...) à condition qu'ils soient bien installés pour éviter tout type de pathologies.

Concilier le confort avec les coûts

Quelles sont les bonnes pratiques et les points de vigilance ?

La maîtrise des coûts se pense dès les phases de conception (orientation du bâtiment, configuration et taille des pièces ou encore choix des équipements) et les coûts d'exploitation et de construction sont à anticiper de façon distincte. Le remplacement et l'entretien sont également primordiaux dans une optique de coûts maîtrisés. Autres éléments importants à considérer : la modularité des espaces pensée en amont pour s'adapter au cycle de vie des habitants (modes de vie, contraintes d'accessibilité) et la production locale d'énergie permettent de réduire les coûts globaux d'exploitation.

Veiller au confort et à la santé des occupants dans l'habitat ou les lieux de travail, peut et doit rester accessible à tous. Ce changement de mentalité est possible dans la mesure où le confort et la santé sont aussi garantis par une diffusion plus large des bonnes pratiques :

Le retour sur les constructions évoquées dans ce livret, sur leur occupation, permettent de tirer des enseignements simples qui peuvent être connus de tous à commencer par les maîtrises d'œuvre et d'ouvrage, ainsi que les entreprises d'exécution.

Il existe sûrement d'autres travaux et actions à mener mais ces éléments de réflexion doivent s'illustrer dès les phases de conception / construction des bâtiments ainsi que de rénovation.



Fonds de dotation Cercle Promodul / INEF4
Les Collines de l'Arche - Immeuble Opéra E
92057 Paris La Défense Cedex

Suivez-nous !



<https://cercle-promodul.inef4.org/>