



DOSSIER



Retours d'expériences sur 20 bâtiments performants de la région Auvergne-Rhône-Alpes

Pathologies, risques et bonnes pratiques

Enquête menée de Mars à Août 2016

___ Zoom sur la qualité d'air intérieur et les confort : ___

- Focus sur les questions de gouvernance (acteurs, coordination...) _____ p.17
- Focus sur les aspects techniques (lumière, acoustique, ventilation...) _____ p.25
- Nouveauté : élaboration d'un protocole d'appréciation des ambiances pour la mesure rapide dans les bâtiments performant _____ p.31

Avec le soutien de :



Ce programme d'action est cofinancé par l'Union européenne

Ce dossier présente les résultats de l'enquête de terrain menée par Simon Robin pendant 6 mois sur 20 bâtiments performants en Région Auvergne-Rhône-Alpes et qui vise à collecter les retours d'expériences des acteurs précurseurs de la construction durable dans le but de faire remonter les bonnes pratiques, les pathologies, les difficultés et les dysfonctionnements. Les principaux résultats de cette enquête ont été présentés en septembre 2016 aux professionnels de la Région Auvergne-Rhône-Alpes au cours d'un atelier organisé à Annecy, en partenariat avec le CAUE 74, la Maison de l'Architecture de Haute-Savoie et Prioriterre.

Illustrations : source VAD sauf mention contraire

REMERCIEMENTS

Nous remercions vivement l'ensemble des acteurs interrogés lors de l'enquête pour leur disponibilité et la richesse de leur partage.

Nous tenons également à remercier l'AQC, Manon Capitan (Amstein + Walther) qui a accompagné la mission de l'enquêteur, ainsi que les relecteurs du dossier qui ont apporté leur regard critique et professionnel sur l'ensemble du travail.

SOMMAIRE

1) PRÉSENTATION DE LA MISSION	03
A) Présentation des organismes partenaires de la mission	03
B) Descriptif du dispositif REX Bâtiments performants	04
C) L'enquête en Auvergne-Rhône-Alpes	06
2) DÉFAUTS DE RÉALISATION ET BONNES PRATIQUES OBSERVÉS	07
A) Défauts de réalisation relevant de l'enveloppe	07
B) Défauts de réalisation relevant des systèmes et équipements	10
C) Qualité d'usage des équipements	14
3) ZOOM SUR LA QUALITÉ DE L'AIR ET LES CONFORTS	16
A) Introduction aux focus	16
B) Focus sur les questions de gouvernance	17
C) Focus sur les aspects techniques	25
4) PROTOCOLE D'APPRÉCIATION DES AMBIANCES POUR LA MESURE RAPIDE DANS LES BÂTIMENTS ENQUÊTÉS	31
5) BILAN DE L'ENQUÊTE	34

>>> Retrouvez l'ensemble des dossiers réalisés par Ville et Aménagement Durable sur ville-amenagement-durable.org et enviroboite.net

1) PRÉSENTATION DE LA MISSION

Ce rapport présente les résultats de l'enquête de terrain menée en 2016 pendant 6 mois sur 20 bâtiments performants en région Auvergne-Rhône-Alpes. Ce travail s'inscrit dans le cadre du dispositif REX Bâtiments performants mis en place en 2010 par l'Agence Qualité Construction. L'action a été menée en Auvergne-Rhône-Alpes en partenariat avec Ville et Aménagement Durable.

Cette enquête de terrain est basée sur l'interview de maîtres d'ouvrage, de maîtres d'œuvre, d'artisans, d'utilisateurs, d'exploitants... Elle vise à collecter les retours d'expériences des acteurs précurseurs de la construction durable sur des opérations exemplaires et novatrices dans le but de faire remonter les pathologies, les difficultés, les dysfonctionnements ainsi que les bonnes pratiques. Les résultats sont présentés de manière anonyme, le but n'étant pas de stigmatiser certains projets mais bien au contraire de partager l'expérience des professionnels pour pousser la filière vers une meilleure qualité et technique de réalisation. L'orientation donnée à cette étude, en accord avec les partenaires, porte sur les sujets de qualité d'air intérieur et de confort, en neuf comme en rénovation.

A. PRÉSENTATION DES ORGANISMES PARTENAIRES DE LA MISSION

Agence Qualité Construction

L'Agence Qualité Construction (AQC) est une association loi 1901, financée par une participation volontaire de ses membres collectée par les assureurs. Elle regroupe 44 organisations professionnelles de la construction autour d'une même mission : prévenir les désordres dans le bâtiment et améliorer la qualité de la construction.

L'AQC garantit aux professionnels de la construction un cadre de travail unique et neutre, structuré en trois pôles :

- L'Observatoire de la qualité par des méthodes de recueil (SYCODÉS, VigiRisques, DISPOSITIF ALERTE et REX Bâtiments performants)
- La Prévention : assurée par la Commission Prévention Produit (C2P) et la Commission Prévention Construction (CPC)
- La Communication : information diffusée sous diverse formes (articles, ouvrages, lettres, plaquettes, cédéroms, interventions, communiqués de presse, Revue Qualité Construction).

Chaque pôle s'appuie sur des réseaux de professionnels, des groupes de suivi constitués de représentants des organismes concernés, ainsi que sur des compétences extérieures.

Les outils et les actions de prévention sont élaborés de façon collégiale dans des commissions, puis diffusés principalement par l'intermédiaire des organisations professionnelles et par les moyens de communication propres à l'AQC.

qualiteconstruction.com
@AQC_FR / @AQC_Lyon

Ville et Aménagement Durable

Ville et Aménagement Durable mobilise et anime un réseau de plus de 2 000 professionnels en Auvergne-Rhône-Alpes, sur les enjeux du bâtiment et de l'aménagement durable.

Son rôle est d'agir et de penser les territoires de demain par le retour d'expérience (expertise, retour terrain), le débat, la formation et l'information.

Les actions de Ville et Aménagement Durable reposent sur 4 axes :

- VAD Vision : Des temps forts pour fixer les grandes orientations (forum adhérent, conférence annuelle)
- VAD Lab : Des retours terrain pour observer et capitaliser (visites de site, voyages d'études, recensement d'opérations, reportages chantiers, enquêtes de terrain, groupes de travail, cycles de conférences)
- VAD initiatives : Des rendez-vous pour construire ensemble les territoires de demain (animation du réseau et des territoires, petits déjeuners débat & ateliers, journées techniques, rendez-vous réseau, revues de projets, OFF du développement durable, prises de positions)
- VAD Diffusion : La discussion et le débat pour animer le réseau et se projeter (formations, dossiers thématiques, interventions, photothèque, portail internet et EnviroBOITE).

ville-amenagement-durable.org

@VADurable



Revue Qualité Construction réalisée par l'AQC



Guide technique réalisé par VAD

B. DESCRIPTIF DU DISPOSITIF REX BATIMENTS PERFORMANTS (SOURCE TEXTE : AQC)

>> Principe

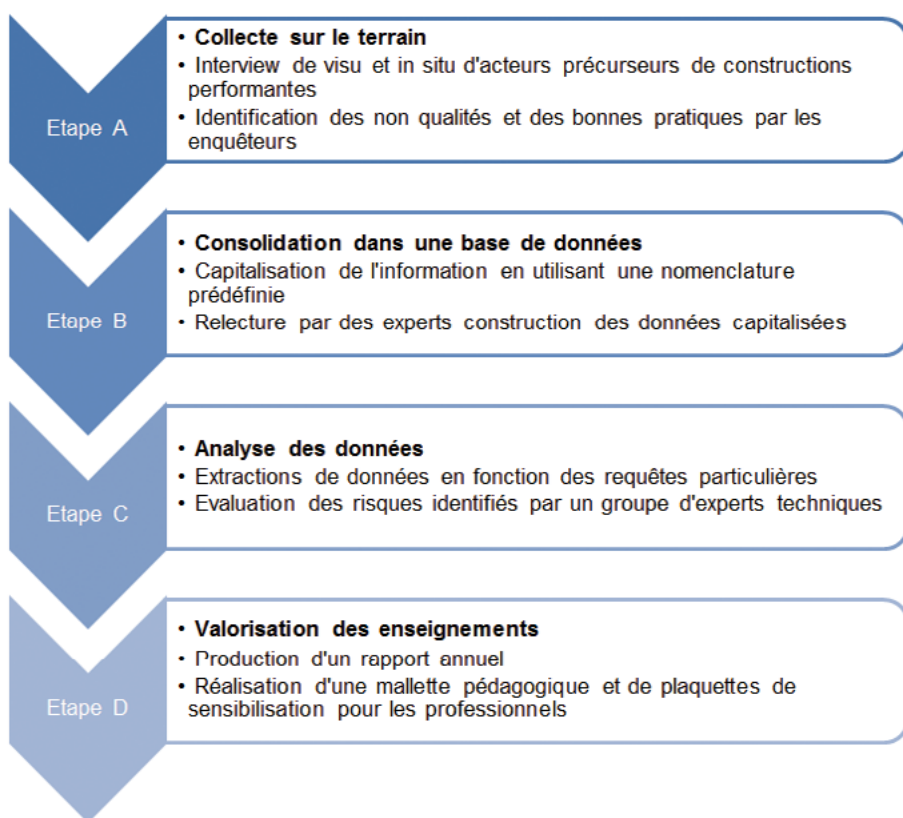
Sous l'impulsion des objectifs de la transition énergétique, le secteur du bâtiment s'est engagé dans une mutation importante qui bouleverse les logiques et les habitudes du passé. Comme dans tous les domaines, ces changements impliquent une montée en compétences des acteurs, qui passe par l'expérimentation. Cette étape, indispensable pour progresser, est cependant naturellement génératrice d'écueils. Capitaliser et valoriser ces retours d'expériences est la seule façon

de gagner en qualité. C'est dans cet esprit que le Dispositif REX Bâtiments performants accompagne, depuis 7 ans, l'ensemble des acteurs de l'acte de construire en les sensibilisant sur les risques émergents induits par cette mutation de la filière Bâtiment.

Ce dispositif consiste concrètement à capitaliser des retours d'expériences en se basant sur l'audit in situ de bâtiments précurseurs allant au-delà des objectifs de performances énergétiques et environnementales

et sur l'interview des acteurs qui ont participé aux différentes phases de leur élaboration. Le partage des expériences capitalisées est au cœur du mode opératoire. Après une étape de consolidation et d'analyse des données, les enseignements tirés sont valorisés pour permettre l'apprentissage par l'erreur. Cette valorisation s'attache également à mettre en valeur les bonnes pratiques.

>> Fonctionnement



Le Dispositif REX Bâtiments performants est conduit en région par les centres de ressources du réseau BEEP



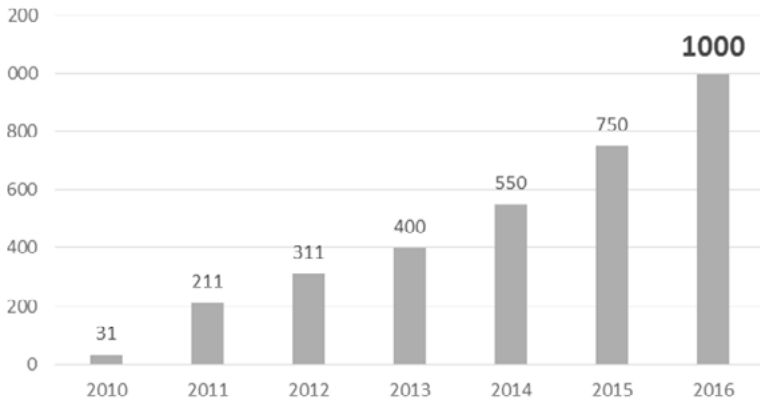
Les rapports thématiques des enseignements issus du Dispositif REX BP sont consultables gratuitement sur qualiteconstruction.com
ex : Les matériaux bio-sourcés - 12 enseignements à connaître (ci-dessous)



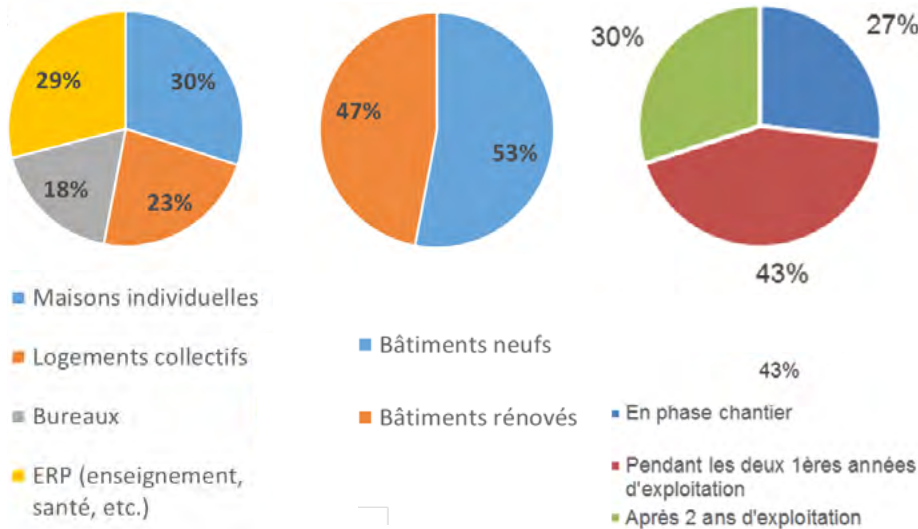
>> En chiffres

Dispositif REX en chiffres	En 2016	Depuis 2010
Nombre d'enquêteurs	8	59
Nombre de bâtiments	163	928
Bâtiments labellisés BBC		188
Bâtiments Passif		52
Bâtiments BBC rénovation		53
Nombre total d'acteurs rencontrés	500	1900

Près de **1 000** bâtiments performants ont été visités sur la période 2010-2016.
Cet échantillon est composé à :
- 30 % de maisons individuelles
- 23 % de logements collectifs
- 18 % de bâtiments tertiaires
42 % des bâtiments visités sont des opérations de rénovation.

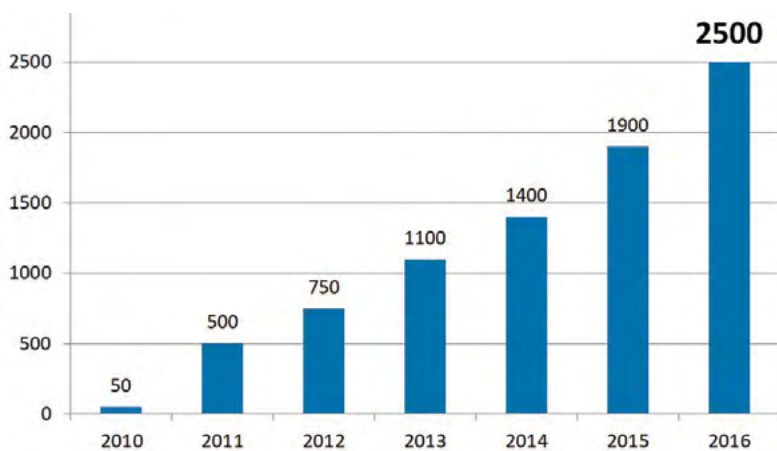


Nombre d'opérations visitées et répartition géographique



Chaque bâtiment n'est visité qu'une seule fois, soit pendant le chantier, soit une ou plusieurs années après la livraison. Près de 2 500 acteurs ont été rencontrés et interviewés afin de capitaliser leurs retours d'expériences. En moyenne, 2 à 3 acteurs sont rencontrés par opération. Le choix se fait en fonction du contexte de l'opération et des observations faites durant la visite.

Opérations visitées : répartition neuf/rénové, typologie, ancienneté au moment de l'enquête



Nombre d'acteurs interviewés

La base de données du Dispositif REX Bâtiments performants contient près de :

- 5 000 constats de non qualités (difficultés, dysfonctionnements, sinistres)
- 2 000 constats de bonnes pratiques (solutions préventives, correctives, outils d'autocontrôle, etc.).

C. L'ENQUÊTE EN AUVERGNE-RHÔNE-ALPES

>> Partenariat engagé depuis 4 ans

Ville et Aménagement Durable est engagé depuis 4 ans dans le dispositif REX Bâtiments performants. Ainsi, depuis 2013, 75 opérations ont été visitées, correspondant à 122 acteurs interrogés et à plus de 360 événements recensés.

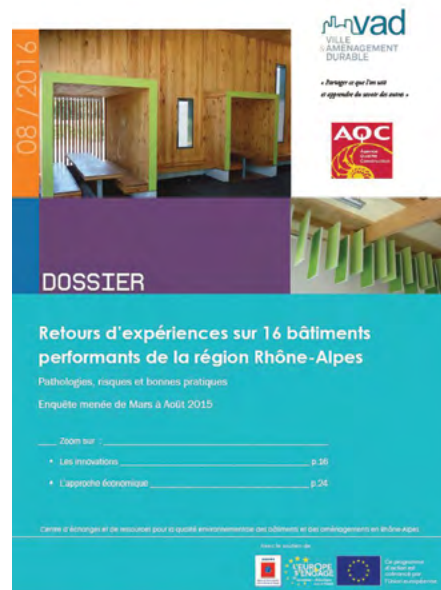
Des focus ont été réalisés sur les sujets suivants :

>> Sélection des opérations

La sélection des opérations a été réalisée par Ville et Aménagement Durable en partenariat avec l'AQC et en lien avec l'ADEME et la région Auvergne-Rhône-Alpes. Les opérations ont été identifiées en interne par Ville et Aménagement Durable et la liste a été complétée par des propositions

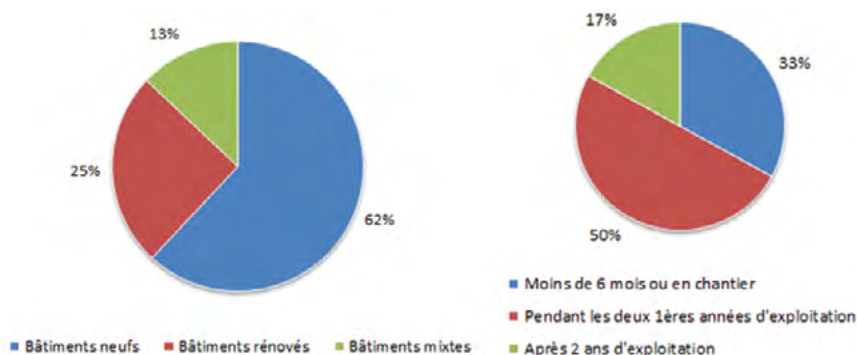
- En 2013 : l'instrumentation, le suivi et la gestion des bâtiments, ainsi que l'implication des usagers dans l'atteinte des performances
- En 2014 : l'utilisation des éco-matériaux et la réhabilitation énergétique
- En 2015 : Les innovations et l'approche économique de projets.

des adhérents. La sélection s'est faite en partie sur la base du fil conducteur de l'enquête propre à la région, choisi par Ville et Aménagement Durable et l'AQC, à savoir la qualité de l'air intérieur et les confort. Cela a conduit à la sélection de 20 opérations de la région.

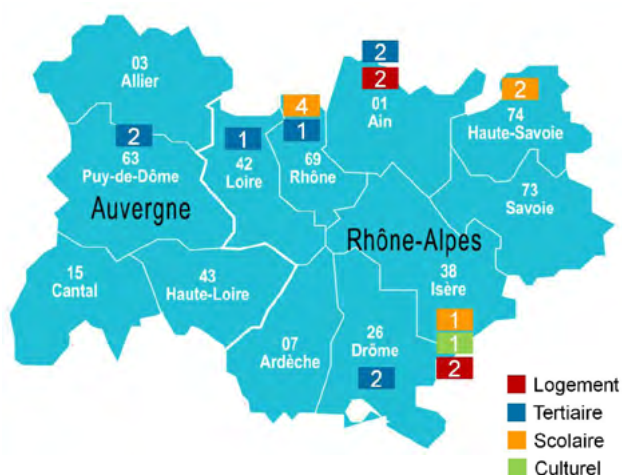


CRITÈRES DE SÉLECTION

Les opérations ont été sélectionnées pour leur pertinence en termes de performance énergétique globale et de qualité environnementale, mais également du point de vue du traitement de la QAI et des confort. Par ailleurs, l'accent a été mis sur la diversité territoriale des projets en couvrant l'ensemble des départements de la région ainsi que sur une diversité de typologies (logement, tertiaire, scolaire...) et de modes constructifs (béton, bois, pisé...).



Opérations visitées : répartition neuf/rénové, ancienneté au moment de l'enquête



Répartition des opérations visitées

>> Alimentation régionale, contribution aux actions de Ville et Aménagement Durable

L'enquête en Auvergne-Rhône-Alpes permet de contribuer aux actions de retours d'expériences menées depuis 2001 par Ville et Aménagement Durable :

- Réalisation de fiches opérations présentant les caractéristiques techniques et environnementales des opérations visitées afin d'alimenter le recensement d'opération présent sur le site internet
- Rédaction d'un rapport de synthèse présentant les résultats des 6 mois d'enquête
- Présentation des résultats au cours d'un atelier de restitution pour les professionnels de la filière. Celui-ci a eu lieu le 8 septembre 2016 à Annecy.

L'ensemble de ces documents sont consultables sur le site internet de Ville et Aménagement Durable.



2) DÉFAUTS DE RÉALISATION ET BONNES PRATIQUES OBSERVÉS

L'enquête a permis de recenser plus de 210 évènements de bonnes pratiques et de non-qualités, sur les 20 opérations visitées de la région Auvergne-Rhône-Alpes. Ce chapitre met en évidence les dysfonctionnements les plus fréquents et surtout les bonnes pratiques qui auraient permis de les éviter.

Les évènements sont classés par éléments techniques et présentés sous forme de tableau. A chaque évènement sont associés :

- Le constat identifié sur place lors de la visite et/ou par le témoignage des acteurs
- L'origine et l'impact de l'évènement
- Des photos illustrant les différents propos
- Les bonnes pratiques (issues des témoignages mais aussi de l'expérience de l'enquêteur).

Pour rappel, les résultats sont présentés de manière anonyme, le but n'étant pas de stigmatiser certains projets mais bien au contraire de partager l'expérience des professionnels pour pousser la filière vers une meilleure qualité et technique de réalisation.

QUELQUES CHIFFRES

- 6 mois d'enquête
- 20 opérations visitées dont 4 rénovations et 1 rénovation-extension
- 57 acteurs interrogés
- 216 évènements recensés
- 12 opérations labellisées

! Ce document contient la description d'évènements relevés lors d'une enquête. Il ne reflète que l'expérience issue de l'échantillon d'opérations visitées. C'est donc un retour partiel à partir duquel aucune extrapolation statistique ne peut être réalisée. Il propose également un ensemble de bonnes pratiques qui sont issues de l'expérience des acteurs rencontrés sur le terrain ou de celle des spécialistes qui ont participé à ce travail. En aucun cas ces bonnes pratiques ne peuvent se substituer aux textes de référence concernés.

A. DÉFAUTS DE RÉALISATION RELEVANT DE L'ENVELOPPE

PAROIS ET TOITURES

INFILTRATIONS D'EAUX

Constat : Infiltrations d'eau dans le bâtiment lors de fortes pluies, aux endroits de jonction entre plusieurs éléments de structure

Origine : Défaut d'exécution : Les endroits charnières entre plusieurs éléments de structure (entre béton et structure acier par exemple) sont vulnérables aux défauts d'étanchéité. Le défaut d'étanchéité provient vraisemblablement du joint de dilatation (infiltration en tête, ou en façade). Le traitement des joints de dilatation est un vrai souci pour l'étanchéité à l'eau et à l'air, mais aussi un pont thermique potentiel

Impact : Perte de performance enveloppe : Les infiltrations risquent d'endommager fortement la laine de bois
Impact sur la QAI : Développement de moisissures si les matériaux ne sont pas séchés rapidement

Bonne pratique :

Solution correctrice : L'entreprise est chargée de trouver l'origine du problème et de le corriger



Infiltration à la jonction entre structure lourde en béton et structure légère en acier

POSE DE L'ISOLANT

Constat : La laine minérale n'est pas posée de manière homogène dans les combles

Origine : Défaut de conception : Isoler en paroi froide (comme dans ce cas) est pertinent en cas d'inoccupation totale des combles. Or dans cette opération, plusieurs systèmes y sont présents et les mainteneurs doivent pouvoir y avoir accès : ceci complexifie la pose de l'isolation au sol et sa tenue dans le temps

Impact : Inconfort thermique et perte de performance enveloppe : Une isolation partielle entraîne des surchauffes dans le bâtiment, en particulier dans les appartements situés juste en dessous dans combles ainsi que des pertes thermiques

Bonne pratique :

Une isolation en sous-face de toiture semble plus adaptée dans le cas de combles où sont installés de nombreux équipements

PROTECTION DE L'ISOLANT SUR LE CHANTIER

Constat : L'isolant est protégé partiellement et est soumis aux intempéries (pluie)

Origine : Défaut d'exécution : La bâche protégeant l'isolant a été soulevée par un ouvrier devant intervenir sur un autre élément de la paroi. Problème de coordination sur chantier : les phases intermédiaires doivent être anticipées

Impact : Perte de performance enveloppe : L'isolant humide sera moins performant et aura tendance à se tasser dans la paroi

Bonnes pratiques :

Couvrir systématiquement l'isolant après sa pose.
Éviter d'intervenir sur les éléments sensibles en cas d'intempérie



Partie de l'ITE mal protégée de la pluie

ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

Constat : Afin d'améliorer l'étanchéité à l'air du bâtiment, du mastic et du silicone ont été utilisés

Origine : Défaut de conception et d'exécution : Les percements réalisés pour le passage des tuyaux sont trop larges pour ces derniers et en trop grand nombre

Impact : Défaut d'étanchéité à l'air : Le mastic et le silicone utilisés n'ont pas pour fonction d'assurer l'étanchéité à l'air, leur efficacité et leur durabilité dans cet usage ne sont pas prouvées

Bonnes pratiques :

Utilisation de produits adaptés garantissant une bonne performance et une bonne durabilité (membrane d'étanchéité et ruban adhésif).
En conception, limitation des traversées de parois étanches par les réseaux



Passages de gaines dissociés et étanchés par du mastic et du silicone

ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

Constat : Afin d'éviter des percements ultérieurs de la façade, le maître d'ouvrage a intégré au programme l'installation de paraboles en façades et celles-ci ont été posées par des entreprises compétentes

Impact : Positif sur l'étanchéité à l'air



ISOLATION DALLE ET PLANCHER BAS

Constat : ITE réalisée en fond de coffrage

Impact : Amélioration de la performance de l'enveloppe : Pour un plancher bas sur vide sanitaire, une ITE « classique » peut perdre 20 % à 30 % de son efficacité à cause des fixations. La technique du fond de coffrage permet d'éviter ces pertes, sans avoir recours à de la ouate de cellulose



Isolant du sous-sol réalisé en fond de coffrage

MENUISERIES ET OCCULTATIONS

OUVERTURE DES FENÊTRES

Constat : Les usagers ouvrent les fenêtres lorsqu'il fait chaud, même en hiver, plutôt que de régler le thermostat ou d'utiliser les brasseurs d'air

Origine : Comportement usagers : La sensibilisation des usagers est difficile car ceux-ci sont des intervenants extérieurs et stagiaires, donc non permanents

Impacts : Inconfort thermique (été et mi-saison), surconsommation énergétique (saison de chauffe)

Bonne pratique :

Dans ce cas, une notice distribuée à l'intervenant de chaque salle de cours a suffi à faire adopter les bonnes pratiques

PERFORMANCE DES FENÊTRES



Menuiserie triple-vitrage passive

Constat : Les fenêtres sont certifiées passives et en triple vitrage, ceci est justifié par la proximité forte avec une voie ferrée (moins de 20 mètres de la façade Sud)

Impact : Confort acoustique : Les passages de trains sont à peine audibles, même lorsque la salle est inoccupée

AFFICHAGE SUR VITRES



Vitrage de second-jour masqué par de l'affichage

Constat : Plusieurs fenêtres, sur l'extérieur ou en second jour, sont masquées par les usagers ayant disposé des affiches

Origine : Comportement usagers : Les usagers ont préféré afficher sur les vitres en second jour plutôt que sur les murs pour ne pas détériorer la peinture

Impacts : Inconfort visuel et pérennité du matériau : L'apport de lumière naturelle est diminué par cette pratique. Des cas de vitres brisées par chocs thermiques ont été déjà observés par l'AQC en France (l'affichage sur les vitres modifie la réaction des vitres aux variations de température). De plus, les vitres entre les salles de classes et les circulations coûtent plus cher que du vitrage standard car des exigences coupe-feu sont imposées : il est donc dommage de les masquer

Bonne pratique :

Prévoir des espaces dédiés à l'affichage, notamment dans les établ. scolaires

FONCTIONNEMENT DES STORES



Stores sorti de son rail

Constat : Les stores intérieurs en toile sortent de leurs rails

Origine : Défaut de réglage : Le réglage de la fin de course ne se fait pas par capteur mais en valeur absolue, le moteur continue donc à tourner et fait sortir le store du rail

Impacts : Inconfort visuel : L'obscurité ne se fait pas totalement, ce qui est notamment problématique dans la salle de repos des petits

Bonne pratique :

Prévoir une phase de réglage dès la fin de la pose de la GTB/GTC

COMMANDE DES STORES

Constat : Dans chaque classe, une unique commande électrique actionne les stores : il n'est donc pas possible de choisir quel store abaisser ou relever

Origine : Défaut de conception : L'unicité de la commande a été choisie pour sa simplicité, mais impose une rigidité d'usage dans les salles qui ont plusieurs orientations

Impacts : Mauvaise qualité d'usage, Inconfort visuel

Bonnes pratiques :

Prévoir une phase de réglage dès la fin de la pose de la GTB/GTC

STRUCTURE

ACCÈS A L'INERTIE

Constat : Dans le cas d'un mur ossature bois avec isolation intégrée, accès à l'inertie du béton des dalles près des fenêtres (arrêt du plénum)

Impact : Confort thermique : L'accès à l'inertie des dalles est intéressant dans un bâtiment à inertie légère ou isolé par l'intérieur
Confort lumineux : L'arrêt du plénum permet également l'apport de lumière naturelle plus important en fond de pièce



Accès à l'inertie du béton



REVÊTEMENTS

PLAFOND



Faux-plafond acoustique en dalles amovibles

Constat : Plafond acoustique amovible en dalles longilignes amovibles pour faciliter la maintenance

Impact : Facilité d'entretien et/ou de maintenance

PEINTURE

Constat : Plusieurs cloisons entières ont été peintes (pour leur première couche) en usine pour une mise en œuvre plus rapide sur site, et une émissivité réduite



Impact : Amélioration de la qualité de l'air intérieur : Émissions liées à l'application de la peinture sur chantier réduites

B. DÉFAUTS DE RÉALISATION RELEVANT DES SYSTÈMES ET ÉQUIPEMENTS

CHAUFFAGE/REFROIDISSEMENT

PAC AIR/EAU



Système d'alerte de panne ou de changement de filtre de la PAC

Constat : L'écran et la diode d'alerte de la PAC (pour le changement des filtres notamment) se situent sur l'appareil, situé dans un local de chaque appartement : ils sont donc peu visibles par les occupants

Origine : Caractéristiques propres au produit : Le produit ne prévoit pas de séparer le système d'alerte de la PAC

Impacts : Perte de performance équipement et réseau : Le défaut d'accessibilité entraîne un défaut d'entretien/maintenance

Bonnes pratiques :

Prévoir une alerte sonore ou visuelle en dehors du local de la PAC ou un guide usager

Autre constat : Chaque PAC a été placée dans un local bénéficiant d'un traitement acoustique adapté, afin d'éviter toute nuisance sonore dans le reste du logement



Impacts : Confort acoustique

FILTRE À PARTICULE SUR CHAUDIÈRE À GRANULÉS PETITE PUISSANCE

Constat : Adaptation d'un filtre à particules sur la chaudière bois (puissance 200 kW), même si cette pratique est peu courante sur des petites puissances



Origine : Amélioration de la qualité de l'air intérieur : Le filtre permet de réduire les émissions de particules en dessous de 20 mg/Nm³ (Nm³ : Normaux Mètres Cubes)

TEMPÉRATURE DE CONSIGNE

Constat : Sur cas de radiateurs convecteurs à eau chaude, la température de consigne à 19°C est jugée trop basse par les occupants dans la salle de repos



Origine : La réglementation impose en effet un minimum de 19°C, mais dans une pièce où les occupants ont une immobilité prolongée (comme un travail de bureau), cette température n'est pas suffisante pour assurer le confort des occupants

Impacts : Inconfort thermique

Bonnes pratiques :

Pour certains locaux, autoriser une souplesse dans la température de consigne. En conception, la limitation de l'effet de parois froides, le choix du mode de diffusion de chauffage, le traitement poussé de l'étanchéité à l'air... permet d'agir sur la température ressentie. Sensibiliser le maître d'ouvrage

RÉGLAGE DU PLANCHER CHAUFFANT

Constat : Difficulté de réglage du plancher chauffant à la mi-saison



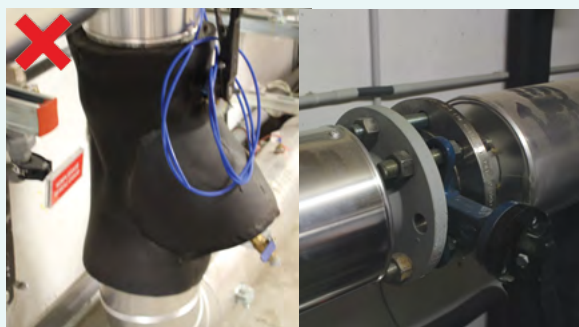
Origine : Défaut de réglage : Le plancher chauffant est activé aussi aux mi-saisons, alors que l'inertie du système rend sa maîtrise très difficile pendant les périodes où la température fluctue beaucoup entre le jour et la nuit

Impacts : Inconfort thermique : Les occupants ont souvent trop chaud en journée à la mi-saison

Bonnes pratiques :

Utiliser une température de consigne basse pour le plancher chauffant, et compléter par des radiateurs

CALORIFUGEAGE DES RÉSEAUX DE FROID



A gauche, élément de raccordement calorifugé sur le réseau de chaud. A droite, élément de raccordement non calorifugé pour le réseau de froid

Constat : Le calorifugeage des réseaux de froid n'est pas réalisé dans sa totalité, contrairement au réseau de chaud (réseau urbain)

Origine : Défaut de conception et défaut d'exécution

Impacts : Perte de performance équipement et réseau : L'eau glacée se réchauffe par ces parties non isolées, baissant l'efficacité du système de refroidissement. De plus, il y a risque de condensation et donc de sinistre associé en été

Bonnes pratiques :

Calorifuger l'ensemble des réseaux, froids et chauds

VENTILATION

ACCÈS POUR L'ENTRETIEN ET LA MAINTENANCE



Isolant d'un conduit aéraulique partiellement enlevé

Constat : Cas DF - Suite à une intervention d'un technicien, l'isolant entourant le conduit de ventilation a été partiellement ôté (réseaux en local non chauffé)

Origine : Défaut de maintenance

Impacts : Perte de performance équipement et réseau

Bonnes pratiques :

Prévoir des trappes d'accès aux endroits stratégiques pour la révision (isolants, conduits...)

VENTILATION

SINGULARITÉS DU RÉSEAU

Constat : Cas *DF* - Adaptation des conduits sur la structure existante, multipliant les singularités et occasionnant même des formes de siphon

Origine : Défaut de conception

Impacts : Perte de performance équipement et réseau : La multiplication des coudes et points bas entraîne généralement des pertes de charges qu'il faut compenser par une puissance accrue de la centrale

Bonnes pratiques :

Pour assurer un renouvellement d'air adapté, il est important de veiller à la fois sur la quantité d'air renouvelée périodiquement (et donc le débit), mais apporter aussi un soin particulier à la qualité des réseaux aérauliques (conception, singularités, pose, entretien...). En réhabilitation, il est important pour le bureau d'étude fluide de prendre connaissance des contraintes de l'existant pour le passage des réseaux afin de limiter les coudes et points bas



Adaptation des réseaux aérauliques sur la structure existante

RÉGLAGE DES DÉBITS

Constat : Cas *Hygro A* - Dans une pièce destinée au repos des enfants, la ventilation passe en haut débit uniquement quand la salle est vide pour éviter les nuisances sonores (bas débit en occupation)

Origine : Défaut de réglage (une ventilation, même à haut débit, ne doit pas être bruyante)

Impacts : Détérioration de la qualité de l'air : L'air est moins bien renouvelé en présence d'enfants que lorsque la salle est vide, ce qui est dommageable pour leur confort et leur santé

Bonnes pratiques :

Il faut privilégier les solutions préventives, par exemples : en conception une ventilation sur sonde de présence ou de CO₂ semblerait plus adaptée (l'utilisateur ne peut estimer le besoin d'aérer que sur un critère olfactif), le matériel utilisé, le dimensionnement des conduits... Et sinon en curatif : vérifier les réglages, corriger le bruit de la ventilation en ajoutant des silencieux sur les réseaux ou au niveau des bouches

ENTRETIEN DES BOUCHES

Constat : Cas *DF* - Les bouches sont encrassées

Origine : Défaut de maintenance : L'entretien, à la charge des locataires, n'est pas réalisé (personnes âgées et parfois handicapées)

Impacts : Détérioration de la qualité de l'air

Bonne pratique :

Mettre en place un contrat d'entretien avec un prestataire



Bouche encrassée

UN ÉQUILIBRE AVEC L'ACOUSTIQUE

Constat : Cas *DF* - Une nuisance sonore provient des bouches d'insufflation situées dans des bureaux individuels. La mesure acoustique a montré un niveau de pression acoustique de 38 dB depuis le poste de travail lorsque le sonomètre est dirigé vers la bouche (position normale de l'oreille si la personne regarde son écran), contre 30 dB en le mettant vertical (bruit ambiant neutre)

Origine : Défaut de réglage : Les bouches d'insufflation semblent bien positionnées, mais elles ne devraient pas produire un inconfort acoustique

Impacts : Inconfort acoustique : L'inconfort acoustique commence, dans le cas d'un environnement calme, dès 35 dB. Selon la nature du bruit, il peut être plus ou moins dérangeant. Ici, un bruit d'équipement continu aura tendance à fatiguer

Bonnes pratiques :

Missionner un BET acoustique avec une mission jusqu'en suivi de chantier avec mesures à réception. Les préconisations sont à apporter en fonction de chaque type de projet : dimensionnement adapté, mise en œuvre des réseaux et leur équilibrage, systèmes, etc. (cf. *Guide AQC « Acoustique des bâtiments neufs d'habitation », 2013*)

VENTILATION

UN ÉQUILIBRE AVEC LES VITESSES D'AIR

Constat : Cas *Hygro B* - Le système de ventilation (notamment les réseaux) a été légèrement surdimensionné pour éviter d'avoir des vitesses d'air trop fortes en insufflation

Impact : Confort thermique

Bonnes pratiques : La conception ne doit pas oublier l'impact des vitesses d'air sur le confort (une vitesse d'air trop grande peut créer des courants d'air et donc des inconforts thermique et acoustique). Surdimensionner légèrement la largeur des conduits permet de diminuer la vitesse d'air tout en conservant le débit nécessaire vis-à-vis de la QAI

UN ÉQUILIBRE AVEC L'HUMIDITÉ

Constat : Cas *DF* - Sensation de sécheresse de l'air par les occupants

Origine : Caractéristiques propres au produit : Le problème semble récurrent avec la double-flux : l'air insufflé provient de l'extérieur et a donc une humidité absolue identique. En se réchauffant, l'air a une humidité relative plus basse et un air « relativement » plus sec est insufflé

Impact : Inconfort hygrothermique : Un air trop sec cause la sécheresse de la gorge, du nez, des yeux, de la peau, du mucus respiratoire, et par ailleurs être à l'origine d'électricité statique

Bonnes pratiques : Dans certains cas, il est possible de prévoir des CTA avec humidificateurs. Quelques bonnes pratiques peuvent être conseillées aux usagers dans les environnements secs et où l'air est correctement renouvelé : étendre le linge pour qu'il sèche (et ainsi humidifier l'air), poser des humidificateurs et les entretenir régulièrement

ENTRETIEN DES FILTRES

Constat : Cas *DF* - Les filtres ont été changés 3 mois après la mise en service puis sont contrôlés et nettoyés tous les 6 mois (ou changés selon le constat), et changés systématiquement 1 fois par an

Impacts : Performance équipement et réseau : Ce fonctionnement semble suffisant compte tenu de l'environnement extérieur : pas d'arbres à pollen, pas de chantier, pas d'industrie ni axe routier majeur

VENTILATION NATURELLE

Constat : La sur-ventilation nocturne est prévue mais non utilisée. La commande est manuelle et placée à l'étage. Elle devrait être activée par les enseignants qui quittent leur salle en laissant leurs portes et fenêtres ouvertes

Origine : Comportement usagers

Impact : Inconfort thermique : La sur-ventilation nocturne permettrait d'évacuer la chaleur accumulée en journée

Bonnes pratiques :

Afficher près des interrupteurs ou sur les portes les indications concernant cet équipement. S'il existe un risque du point de vue de la sécurité, identifier des solutions adaptées (ex: grille anti-intrusion...)



VENTILATION NATURELLE



Tourelle de ventilation en toiture

Constat : Dans une école, mise en place de tourelles de ventilation naturelle plutôt qu'une double flux suite à une étude en coût global (DF conservée dans le restaurant)

Bonnes pratiques : Avantages des tourelles : entretien faible voire nul, ventilation locale/ autonome sur sonde CO₂, fonctionnement nocturne sans risque du point de vue de l'intrusion, débit important vite atteint.

C. QUALITÉ D'USAGE DES ÉQUIPEMENTS

ÉCLAIRAGE

MODULATION DE L'ÉCLAIREMENT

Constat : La modulation de l'éclairage selon la luminosité ne fonctionne pas. Cela a été confirmé par la mesure :
 - CAS 1 : mesure BSO relevés, lumière éteinte : 612 lux / mesure BSO relevés, lumière allumée : 1030 lux, soit un apport de 418 lux
 - CAS 2 : mesure BSO baissés, lumière éteinte : 95 lux / mesure BSO baissés, lumière allumée : 516 lux, soit un apport de 421 lux
 L'apport de lumière est identique, que l'éclairage naturel soit fort ou inexistant

Origine : Défaut de réglage

Impacts : Surcoût Surconsommation

Bonne pratique : Vérifier le fonctionnement des systèmes dès la livraison, afin de pouvoir demander à l'entreprise d'effectuer les réglages en cas de dysfonctionnement, puis contrôle régulier

SENSIBILITÉ DES USAGERS À L'ÉCLAIRAGE

Constat : L'éclairage artificiel des bureaux est trop fort selon les usagers des bureaux individuels. Une mesure ponctuelle indique une valeur de 350 lux sur plan de travail, ce qui est proche de la valeur réglementaire (300 lux).

Origine : Défaut de conception

Impacts : Inconfort visuel : Cela est peut-être dû à la petite taille des bureaux, qui rendent plus importante la part des réverbérations sur les murs, le plafond et le sol, qui ont des revêtements clairs. Surconsommation

Bonnes pratiques : Proposer plus de souplesse dans l'éclairage des bureaux (luminaires sur pieds ou plafonniers orientables), un zonage des luminaires, des variateurs d'intensité, etc.

ÉLECTRICITÉ

TABLEAU ÉLECTRIQUE



Constat : Dans une réhabilitation, le tableau électrique est placé dans un bureau occupé, dont la surface est de moins de 10 m².

Origine : Défaut de conception

Impacts : Inconfort acoustique : L'utilisateur se dit gêné par le bourdonnement continu du tableau. Quid des champs électromagnétiques ?

Bonne pratique : Éloigner les armoires informatiques des zones occupées

RÉSEAU ÉLECTRIQUE PARALLÈLE AU RÉSEAU STANDARD

Constat : Un système de « prises vertes » a été installé dans tout le bâtiment. Il s'agit d'un réseau électrique parallèle au réseau standard, qui se coupe à la fermeture du bâtiment le soir, et se met en route le matin. Les usagers ont pour consigne de brancher sur ces prises tous les appareils qui n'ont pas besoin d'être maintenus allumés : ordinateurs, imprimantes...

Impacts : Surconsommation



COMMANDE AUTOMATIQUE OU MANUELLE ?

MODULATION DE L'ÉCLAIREMENT

Constat : Consigne de chauffe à 19°C en hiver et 15°C en cas d'inoccupation (selon minuterie). Or, certains employés travaillent hors période d'ouverture au public, la consigne était alors à 15°C

Origine : Défaut de réglage : Le réglage de l'automatisation s'est fait sur une minuterie, annoncée par les usagers, mais les horaires des employés ne sont pas les mêmes que les horaires d'ouverture au public

Impacts : Inconfort thermique

Bonnes pratiques : Modifier les horaires de la consignes, en fonction des usages réels. Un détecteur de présence ou une activation manuelle (avec un « reset ») permettrait d'ajouter de la souplesse dans l'usage du bâtiment

INFORMATION DES USAGERS

Constat : Des pictogrammes ont été placés sur les interrupteurs dans le but d'aider les usagers à utiliser les systèmes d'éclairage, les BSO et les brasseurs d'air. À côté des interrupteurs se situe systématiquement une notice

Impact : Mauvaise qualité d'usage (accessibilité, difficulté d'utilisation). Cela est d'autant plus pertinent que les usagers de ce bâtiment n'y sont pas en permanence, puisqu'il s'agit de stagiaires en formation et d'intervenants extérieurs



GTB / GTC

Constat : Les différents systèmes du bâtiment sont gérés automatiquement par différents capteurs, mais l'utilisateur a la main sur plusieurs paramètres comme les BSO, la lumière, le chauffage. Tous les jours à midi et minuit, le système reprend la main pour éviter des oublis de la part des usagers

Impacts : Mauvaise qualité d'usage (accessibilité, difficulté d'utilisation). L'automatisation des systèmes dans un bâtiment, même si elle est bien faite, amène le risque que les usagers ne se sentent pas maîtres de leur lieu et aient l'impression de « subir » le bâtiment. Cela dépend évidemment des personnes et de la manière dont est réalisé l'asservissement

Bonne pratique : Donner la main à l'utilisateur en faisant un « reset » deux fois par jour est un bon moyen d'anticiper les imperfections de l'automatisme et de donner à l'utilisateur une certaine emprise sur son espace

EAU CHAUDE SANITAIRE

RÉCUPÉRATION DE CHALEUR



Constat : L'ECS du restaurant est préchauffée (54°C) par un système de récupération de la chaleur dégagée par les chambres froides des cuisines, via un échangeur à plaques (complément à 60°C par une chaudière bois). Remarque : nécessité en amont de s'assurer auprès du fabricant des chambres froides qu'il est possible d'agir sur le système de refroidissement

Impact : Limitation de consommation énergétique

A. INTRODUCTION AUX FOCUS

Les enjeux de la santé dans les bâtiments sont à appréhender de manière globale par l'ensemble des acteurs à toutes les phases des projets, au même titre que les enjeux énergétiques ou environnementaux. Et pourtant ils sont encore relativement peu intégrés dans les démarches.

La qualité de l'air intérieur (QAI) a bénéficié d'une attention particulière dès 1980, notamment avec l'arrêté de mars 1982 relatif à l'aération des logements. L'étanchéité à l'air de plus en plus poussée dans les bâtiments aurait tendance à conduire à des environnements intérieurs plus pollués : pour éviter cette dérive une stratégie globale est à mener, intégrant la limitation des pollutions internes et un renouvellement d'air adapté. Toutes les composantes de cette large thématique ne sont pas encore réglementées, comme l'humidité et les moisissures dans les bâtiments qui n'ont bénéficié de lignes directrices de la part de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) qu'à partir de 2009, ou les particules fines qui n'ont été reconnues « responsables de cancers du poumon » par l'OMS qu'en 2012. Pour d'autres indicateurs et polluants, les impacts sur la santé sont encore en recherche ou font même parfois l'objet de controverses, c'est le cas des nanoparticules ou des ondes électromagnétiques.

Les techniques du bâtiment, poussées par les enjeux énergétiques actuels, évoluent rapidement et amènent à des configurations qu'il est important de maîtriser. Par exemple, les bâtiments fortement étanches à l'air sont positifs d'un point de vue énergétique, mais demandent en conséquence une vigilance toute particulière sur le fonctionnement de la ventilation. Un cas notamment a été relevé par un bureau d'étude : une commune a mis en place une ventilation double flux dans une crèche, mais ses services techniques n'avaient pas les connaissances suffisantes pour l'entretenir. Une panne sur la ventilation a alors entraîné une accélération de la transmission de la bronchiolite chez les nourrissons.

Enfin, la santé dans le bâtiment est une problématique transversale à plusieurs degrés :

- D'une part d'un point de vue technique : les interactions entre les différents indicateurs de la QAI et de confort impliquent de

penser le bâtiment et ses systèmes de manière globale

- D'autre part du point de vue des acteurs : de la phase programmation à la réception puis l'exploitation, tous les acteurs peuvent impacter, positivement ou négativement, la santé des usagers.

Poussés par ces enjeux, l'AQC, Ville et Aménagement Durable et le CD2E (Création Développement des Eco-Entreprises, Cluster sur les éco-technologies) ont élaboré en 2016 un protocole de mesure simplifié visant à mieux apprécier et quantifier les qualités d'ambiances et les pathologies qui y sont liées, dans le cadre du dispositif REX Bâtiments performants. Les mesures ont pour but d'apporter des précisions dans les pathologies et bonnes pratiques observées voire de tirer de nouveaux enseignements, tels que ceux présentés dans ce dossier. La démarche et les retours d'expériences concernant cette première année de test sont présentés en dernière partie de ce rapport.

LA QUALITÉ D'AIR INTÉRIEUR

L'exposition aux polluants chimiques et biologiques de l'air augmente la contagiosité des maladies infectieuses, aggrave les symptômes allergiques, altère les performances et peut entraîner des pathologies plus graves.

L'ENVIRONNEMENT ÉLECTROMAGNÉTIQUE

L'exposition aux basses fréquences 50 Hz, radio-fréquences et hyperfréquences est susceptible de perturber le bien-être et la santé.

L'ENVIRONNEMENT SONORE

Si les effets du bruit sur l'audition sont indiscutables, il a aussi des effets extra auditifs non négligeables : diminution de la vigilance et des performances, gêne, stress, fatigue, effets cardio-vasculaires et perturbation du sommeil.

LA QUALITÉ D'USAGE ET LA QUALITÉ ARCHITECTURALE

Au-delà de la réponse fonctionnelle, un bâtiment doit pouvoir également répondre à la dimension sensible et psychologique des individus. L'humain doit être au centre de la démarche tout au long du projet, dès sa programmation.

Bâtir en préservant la santé, c'est intégrer :

LE CONFORT HYGROTHERMIQUE

Le confort d'été et le confort d'hiver influencent le bien-être des usagers. Entre une ambiance trop humide (liées à un défaut de ventilation, source de développement de moisissures) ou trop sèche (source d'inconfort respiratoire), l'équilibre entre température et humidité est à contrôler.

L'APPORT DE LUMIÈRE NATURELLE ET L'ÉCLAIRAGE ARTIFICIEL

La lumière naturelle ne se résume pas au seul confort visuel, elle agit sur la régulation des rythmes biologiques, les réponses hormonales, la vigilance, les performances et le bien-être (relation avec l'environnement extérieur).

LES PARAMÈTRES DE « CONFORT »

La température, l'humidité relative et la pression atmosphérique impactent le confort des usagers. Ils influencent les concentrations de polluants dans l'air intérieur.

LA QUALITÉ DE L'EAU

Les paramètres physiques et chimiques de l'eau sont à prendre en compte pour préserver la santé des usagers. De plus, la température de l'eau et le temps d'attente impactent le confort de ces derniers.

B. FOCUS SUR LES QUESTIONS DE GOUVERNANCE

RETOUR D'EXPÉRIENCE

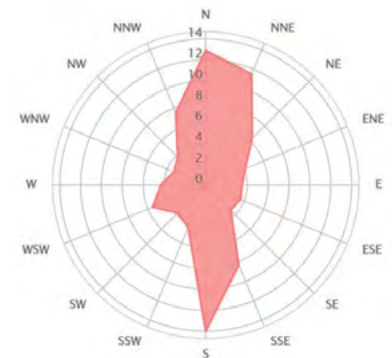
L'analyse environnementale et sanitaire de site, pour anticiper et orienter le projet

↳ Ce qui a été observé

Très peu d'opérations ont réalisé une analyse environnementale et sanitaire de site globale préalablement à la programmation. Pourtant certains dysfonctionnements auraient pu être évités par cette première étape essentielle.

>> Exemples

- L'air extérieur d'une école s'est avéré plus chargé en CO₂ que le standard de référence pour ce niveau d'urbanisation. Le capteur de CO₂ asservissant la ventilation de l'école fonctionnait sur un principe de recalibrage statistique, dont le principe est de supposer que l'air extérieur est à 400 ppm et de s'y référer. Ainsi la ventilation ne doit se déclencher que 600 ppm au-dessus de la valeur extérieure, mais avec les concentrations réelles extérieures (600 ppm), la ventilation ne se déclenchait qu'à 1 200 ppm au lieu de 1 000 ppm.
- Sur une autre opération, des odeurs de bois sont perçues de manière récurrente par les usagers. Or, à quelques centaines de mètres au Nord et à l'Est du bâtiment se trouvent des zones industrielles. La figure 1 montre que les vents dominants de la zone sont en grande partie en provenance du Nord, il est donc possible que des particules de bois ou d'autres, émises par les entreprises de la zone industrielles soient dirigées vers le bâtiment une grande partie de l'année.



Répartition des vents dominants sur une année sur une ville particulière

↳ Ce qu'il faut retenir

Le site et ses alentours sont composés d'une multitude de facteurs pouvant contribuer ou impacter la santé : l'air extérieur, l'environnement sonore et lumineux, l'exposition électromagnétique, les risques naturels, industriels et technologiques, les pollutions souterraines, le climat, la végétation, mais aussi les vues... La santé dans le bâti passe d'abord par la qualité du site sur lequel est implantée l'opération. L'ensemble des focus qui suivent dans ce rapport sont finalement des facteurs qui viennent se superposer, souvent dus à des choix de solutions en décalage avec les besoins réels que le site implique. Par exemple, faire le choix d'une ventilation naturelle dans un site à l'air pollué semble peu judicieux compte tenu de l'absence de filtration. À l'inverse, mettre une ventilation double flux proche d'arbres pollinisateurs impliquera un changement de filtre bien supérieur à ce qui est recommandé habituellement mais limitera les risques de crises d'allergies des occupants. Il en va de même pour le radon, dont la concentration intérieure sera conditionnée par l'étanchéité du bâtiment et le système de ventilation mis en place.

BONNES PRATIQUES

L'analyse de site doit être transversale et les points à surveiller pour anticiper les désordres liés à la santé et au confort des occupants sont les suivants :

- Contexte urbain : environnement physique, socio-économique, qualité des interactions sociales, qualité de service → impact sur la sérénité et la sécurité des occupants
- Climat et microclimat : transfert des polluants, confort d'été, confort d'hiver, confort visuel → impact confort et bien-être des occupants
- Milieu sous-terrain : pollutions de sols, radon → impact la QAI
- Air extérieur : oxydes d'azote, particules fines, plomb, ozone, monoxyde de carbone (CO), benzène, hydrocarbures → impact la QAI
- Risques naturels : inondations, mouvements de terrains, incendies, sismique → impact sur la sécurité
- Végétation : potentiel allergisant → impact la santé et le bien-être psychique et social
- Acoustique : bruits des transports, industries, espaces publics → impact confort et santé
- Electromagnétisme : lignes électriques, antennes relais → impact réel sur la santé encore mal connu

➤ Ce qui a été observé

La question de la qualité de l'air intérieur est bien souvent connue des maîtres d'ouvrage interrogés, mais peu de programmes intègrent des exigences précises en matière de choix des matériaux, d'usage, de mise en œuvre, de réception, etc. Le traitement des confort (thermiques, acoustiques, visuels), même s'il ne bénéficie souvent que d'exigences liées à la réglementation, est en revanche souvent anticipé par le maître d'œuvre.

4 opérations ont exigé dès le programme l'emploi de matériaux et de modes de pose peu émissifs en Composés Organiques Volatils
3 de plus ont exigé des matériaux biosourcés dans les revêtements

>> Exemples

- Sur une opération tertiaire, les exigences sur les émissions en polluants des matériaux ont été définies précisément dès le programme, le MOA ayant comme AMO un bureau d'études spécialisé sur les questions de santé dans le bâti.

LOT N° 10 PLATRERIE – PEINTURE - PLAFONDS				
5 DESCRIPTION DES OUVRAGES DE MENUISERIE				
Désignation	Options prises	Questions ou remarques	Propositions	Justifications
3.7 NETTOYAGE	L'entrepreneur devra assurer le nettoyage soigné des locaux après exécution des ouvrages de son lot.	Nécessité de nous informer sur les produits habituellement utilisés par l'entreprise afin d'éviter toute dégradation de la QAI à réception du bâtiment	L'entrepreneur devra assurer le nettoyage soigné des locaux après exécution des ouvrages de son lot. Pour le nettoyage (tâches, résidus de colles, peintures, vernis et autres salissures), il devra privilégier des produits nettoyants faiblement émissifs de COV et ne pas utiliser des produits contenant les substances suivantes : - méthyléthylcétone, xylène, éthylbenzène, n-undécane, triméthylbenzène, trichloroéthylène, 1 méthoxy-2-propanol, 2-phénoxyéthanol, 2-butoxyéthanol, 1-butanol, 2 Ethyl-1-hexanol	Limitar les émissions de COV
3.8 PRESCRIPTIONS PARTICULIERES QUALITE ENVIRONNEMENTALE	MATERIAUX : Produits de finition : Les peintures (même labellisées) ne doivent contenir aucune substance présentant de danger selon la Directive Substances Dangereuses 67/548/CEE. Les produits ne doivent pas être classés dangereux, conformément au procédé de calcul de la "Directive commune de classification pour les préparations 1999/45/CE" dans la dernière version valable.	Intégrer dès la présentation des prescriptions particulières sur les exigences sur les émissions de COV des peintures	Préconiser pour l'ensemble du lot : Les peintures pour murs et plafonds seront : - obligatoirement en phase aqueuse, - conformes à la classe A+ de l'étiquetage obligatoire des produits de construction et de finition pour les émissions de COV avec rapport d'essai d'un laboratoire indépendant, - avec une teneur en COV en g/l conforme à la valeur limite de l'Écolabel européen pour ces supports (<15 g/l)	Limitar les émissions de COV

Extrait d'un tableau de prescriptions sur le choix des matériaux dans un CCTP

- Sur une crèche, de nombreux usages incompatibles avec une bonne QAI ont été observés : gel hydro-alcoolique (dont les effets négatifs sur la santé ont été montrés à plusieurs reprises depuis leur apparition¹), produits de nettoyage vaporisés directement sur la surface (au lieu d'être mis sur une éponge ou un chiffon). Il s'est avéré que le programme n'avait pas de prescription particulière sur le choix des techniques ni sur l'accompagnement des usagers après livraison. Sur cette même opération, les confort visuels et thermiques bénéficiaient d'un traitement réfléchi et prévu par la maîtrise d'œuvre, par la création de baies vitrées larges, protections solaires (débords de toiture et stores extérieurs), puits de lumière et planchers chauffants.



1. Produits hydro-alcooliques destinés à l'usage cutané: étude rétrospective des cas d'intoxications recensés dans les CAPTV en 2009, septembre 2010, publiée par le comité de coordination de toxicovigilance.

- « Les gels hydroalcooliques : peut-on leur confier nos mains ? » - article datant du 14 septembre 2012, publié par l'Association Santé Environnement France

➤ Ce qu'il faut retenir

Le programme est la première pierre de l'opération, et conditionne la qualité du résultat. La maîtrise d'œuvre puis les entreprises sont très souvent contraintes par le temps et le coût de l'opération. Il est donc ambitieux d'attendre d'eux des propositions de traitement de ces problématiques si le programme est flou et si aucune prestation de ce type ne leur est demandée explicitement dans leur consultation.

BONNES PRATIQUES

- Réaliser une analyse de site sur ces enjeux dès le démarrage du projet, et s'y référer afin d'intégrer des exigences pertinentes en réponse aux atouts et contraintes du site
- Intégrer des programmistes et bureaux d'études en assistance à maîtrise d'ouvrage, sensibilisés voire spécialisés sur les thématiques de confort et de QAI dans la conception des programmes
- Sélectionner des labels ou certifications intégrant les questions de QAI et confort (voir focus)

Actuellement, seul le confort thermique est réellement décrit dans les programmes, par l'exigence d'une performance, d'un niveau de chauffage ou de labels. Les autres confort, visuel en particulier, gagneraient aussi à faire l'objet d'exigences précises dans les programmes. Ils sont certes souvent connus et traités par la maîtrise d'œuvre, mais les résultats ne sont pas toujours ceux attendus. Pour le confort visuel, plusieurs cas d'éblouissement, de manque de luminosité ou d'impossibilité d'occulter les baies ont été relevés et constituent une gêne réelle pour l'utilisateur.

↳ Ce qui a été observé

L'avis des maîtres d'ouvrages interrogés sur la question des labels et certifications est très varié. Certains estiment que les labels sont un bon moteur pour obtenir un bâtiment performant et atteindre des qualités de confort et de qualité intérieure, tandis que d'autres préfèrent ne pas chercher la certification mais réaliser un bâtiment prenant en compte l'ensemble des enjeux du durable dans leur globalité et leur transversalité.

Sur 3 opérations, le MOA n'a pas souhaité obtenir une labellisation alors qu'ils auraient pu y prétendre

>> Exemple

- Sur une opération, la certification Passivhaus a poussé la maîtrise d'œuvre à être particulièrement vigilante aux questions de QAI. Bien que le label n'intègre pas d'exigences spécifiques sur la santé, le rythme de suivi de chantier plus soutenu a donné l'opportunité de surveiller la mise en œuvre des matériaux, des réseaux aérauliques, etc. Ceci présuppose que des exigences aient été fixées sur ces aspects en conception, et donc une sensibilité du MOE et/ou de la MOA sur ces sujets.

« Habituellement, notre bureau d'étude est présent une fois par mois sur les chantiers. Sur cette opération, la recherche du label Maison Passive nous a poussés à y être présents chaque semaine.

Chargé d'opération du BET QEB »

↳ Ce qu'il faut retenir

Les labels ou certifications peuvent être de très bons outils pour s'assurer d'une performance énergétique, de QAI ou de confort dans le bâtiment. Cependant, il faut que l'ensemble des acteurs sache comment la certification fonctionne et quel est le sens de ses préconisations. S'il s'agit juste d'un moyen pour la maîtrise d'ouvrage d'« étiqueter » son opération pour lui donner une plus-value commerciale, le label peut être appliqué dans un cadre restreint sans réflexion globale.

PISTES DE SOLUTIONS

- La maîtrise d'ouvrage doit être convaincue de ce qu'elle met en place dans son opération.
- Envisager des labels dont les objectifs correspondent à ces convictions.
- Choisir une maîtrise d'œuvre capable de donner un sens à la certification. De nombreux AMO, critiques sur ces questions, pourront épauler les maîtrises d'ouvrage désireuses de créer des opérations saines et confortables sur les choix de label ou certification.
- Mettre en place tous les outils à disposition pour atteindre les objectifs du label : choix de la maîtrise d'œuvre sur des critères particuliers, formation des entreprises, vérification à réception, mission de suivi de chantier et d'exploitation...

Certains labels concernent spécifiquement la qualité sanitaire des bâtiments et pourraient être utiles à des maîtres d'ouvrage désireux d'aller au-delà de la simple performance énergétique en proposant des bâtiments dont le confort et la QAI sont attestés. Ces labels commencent petit à petit à être connus ; certains sont assez onéreux. Par contre, sans nécessairement viser la certification, les principes qu'ils proposent peuvent enrichir les démarches des acteurs désireux de bâtir des espaces plus respectueux de la santé.

Pour aller plus loin

- WELL : label administré par le « International WELL Building Institute » (IWBI), orienté sur les performances des bâtiments en termes d'impacts sur la santé et la qualité de vie
- Le passeport Santé, du Sentinel Haus Institut, garantit au client les valeurs limites de la QAI fixées contractuellement avec le constructeur et l'investisseur
- OSMOZ de Certivéa, centrée sur la qualité des cadres de vie

Les phases traditionnellement citées sur les opérations, et celles sur lesquelles on s'arrête le plus, sont les périodes de programmation, de conception, de travaux et d'exploitation. Mais entre chacune d'elles se situent des phases jalons qui sont tout aussi importantes : choix de la maîtrise d'œuvre, choix des entreprises et réception, car elles conditionnent le bon déroulé des autres phases.

Choix de la MOE :

Le choix de la maîtrise d'œuvre est primordial. En effet les nouvelles problématiques qu'apportent les bâtiments performants : étanchéité à l'air, renouvellement d'air... nécessitent des critères précis pour le choix de la maîtrise d'œuvre.

8 opérations ont été suivies par un BET spécialisé dans la qualité environnementale ou sanitaire du bâti

Choix des entreprises :

De nombreux désordres impactant la QAI et le confort sont liés à des défauts de mise en œuvre. On peut relever par exemple le changement de dernière minute de matériaux pour d'autres moins coûteux mais plus émissifs, ou des défauts de réseaux.

Réception du bâtiment : partie développée ci-dessous.

A. Diagnostic et tests

↳ Ce qui a été observé

Peu de tests de QAI et des confort sont réalisés à réception.

>> Exemple

- Sur une opération, un soin particulier a été apporté pour choisir des matériaux peu émissifs et contrôler leur mise en œuvre sur le chantier. La MOA n'a pas souhaité engager les frais de meures au moment de la réception, mais l'a ensuite regretté car aurait finalement aimé savoir si l'ajout des meubles (qui eux n'ont reçu aucune prescription particulière) a eu un impact sur les COV dans l'air.

Parmi les opérations ayant des exigences en matière de QAI, 1 seule a effectué des tests (COV notamment) à réception

BONNES PRATIQUES

La réception des bâtiments est le moment clé pour vérifier le bon fonctionnement du bâtiment, vis-à-vis de la qualité de l'air mais aussi des confort, par le diagnostic visuel et les mesures (à inclure dans le CCTP).

Par exemple dans le cas de la QAI : concordance entre les matériaux prévus et les matériaux réellement installés, nettoyage du réseau aéraulique/remplacement des filtres avant la réception, détalonnage, accessibilité des bouches, fonctionnement des détecteurs de fumée, bon raccordement du système de chauffage à un conduit d'évacuation des fumées, débits de ventilation, équilibrage, étanchéité à l'air des installations aérauliques...

Les mesures à réception permettent : d'évaluer l'impact des choix effectués et la mise en œuvre des produits et équipements, de caractériser et quantifier les émissions uniquement liées au bâti, d'avoir une référence avant ameublement et occupation des locaux.

Pour aller plus loin

- Consulter le dossier « Réception et qualité de l'air intérieur des bâtiments », Ville et Aménagement Durable, 2014

B. Phase de fonctionnement « à vide » pour les réglages + surventilation

Plusieurs acteurs interrogés ont affirmé qu'il serait idéal de faire fonctionner chaque bâtiment 1 à 2 semaines avant la livraison, afin de terminer les derniers réglages et de surventiler le bâtiment notamment pour accélérer la phase d'évacuation des pollutions de chantier. Cette surventilation doit être intégrée dès la phase conception dans le planning du projet et à inclure dans les CCTP et le planning de chantier.

C. Sensibilisation de l'occupant

👉 Ce qui a été observé

La sensibilisation des usagers est hétérogène et les méthodes employées sont variées.

>> Exemples

- Sur un bâtiment tertiaire, aucun livret n'a été remis aux occupants. Des pictogrammes ont été placés sur les différents interrupteurs, accompagnés d'une notice accrochée au mur, ce qui est suffi pour un bon usage des systèmes. Cette méthode de sensibilisation par réaction (absence d'information/sensibilisation au préalable) permet de comparer a part des consommations liées aux usagers avant et après sensibilisation.



Interrupteur avec pictogramme et notice d'utilisation murale particulière

- Sur un bâtiment tertiaire, aucun livret n'a été remis aux occupants. Des pictogrammes ont été placés sur les différents interrupteurs, accompagnés d'une notice accrochée au mur, ce qui est suffi pour un bon usage des systèmes. Cette méthode de sensibilisation par réaction (absence d'information/sensibilisation au préalable) permet de comparer a part des consommations liées aux usagers avant et après sensibilisation.
- Sur une autre opération, la formation des occupants a été faite par les entreprises, en phase chantier. Dans la pratique, les effets ont été limités, car les occupants avaient une connaissance de l'opération inexistante à ce stade.
- Enfin, sur une autre opération, un éclairage avec réglage possible de l'intensité avait été prévu pour l'utilisateur, mais aucune notice ne lui a été fournie. Il n'utilise par conséquent que la fonction de base de l'interrupteur : allumer/éteindre.

Pour aller plus loin

- Consulter le dossier « Prendre en compte et accompagner les usagers sur les enjeux de santé », Ville et Aménagement Durable, 2015
- Consulter le dossier « Retours d'expériences sur 21 bâtiments performants de la région Rhône-Alpes », Ville et Aménagement Durable, 2015

↳ Ce qui a été observé

Sur ces enjeux santé/conforts, on constate que l'ensemble des acteurs impliqués dans l'acte de bâtir - des maîtres d'ouvrages jusqu'aux usagers, gestionnaires et mainteneurs - doivent monter en compétence. Néanmoins, de nombreux désordres impactant la QAI et le confort sont liés à des défauts de mise en œuvre. Certains acteurs commencent à mettre en place des formations aux entreprises, mais elles restent très souvent axées sur l'étanchéité à l'air uniquement, sans faire le lien avec les enjeux en termes de qualité sanitaire.

2 opérations ont mis en place des moments de formation obligatoires aux entreprises sur le chantier

3 autres ont opté pour une assistance continue de la part du MOE sur le chantier

>> Exemples

- Sur une école, il a été imposé aux entreprises de suivre une semaine de formation sur les questions d'étanchéité à l'air, avec une évaluation des participants à son issue.
- Un autre maître d'ouvrage a imposé une journée de formation aux entreprises sur l'étanchéité à l'air du bâtiment et des réseaux. Sur cette même opération, il est prévu de réaliser une formation pratique sur site sur les questions de QAI.



Formation sur l'étanchéité à l'air

↳ Ce qu'il faut retenir

Les questionnements sur la QAI sont encore récents, et les habitudes des entreprises n'intègrent pas encore les bonnes pratiques qui y sont liées. Il est indispensable que les entreprises montent en compétences sur ces enjeux sanitaires par la formation, au même titre que les enjeux énergétiques ou environnementaux.

BONNES PRATIQUES

Mettre en place des formations intégrant le sujet de la QAI à destination des entreprises avant et pendant le chantier

- Qui doit en bénéficier ? les encadrants et surtout les compagnons
- Où réaliser la formation ? sur le chantier (lieu connu des entreprises et cas pratiques à proximité)
- Quelle méthode employer ? Un minimum de théorie et beaucoup de pratique : autocontrôles sur le chantier, modes de poses des éléments, pathologies et bonnes pratiques à montrer sur des photos de chantiers.

↳ Ce qui a été observé

Plusieurs acteurs de maîtrise d'œuvre aimeraient conduire une mission de suivi précise sur les opérations qu'ils livrent, à la fois un suivi énergétique mais aussi un suivi sur les aspects de confort et d'usages, car il ne s'agit bien souvent que d'une mission légère, dans le cadre des garanties de parfait achèvement et décennales, mais sans réel retour global du bon fonctionnement du bâtiment.

12 opérations ont bénéficié d'un suivi instrumenté (en énergie)

Parmi celles-ci, 2 ont mis en place des enquêtes de satisfaction des utilisateurs

« Lors de la négociation d'honoraires, la mission de suivi est souvent la plus vulnérable. »

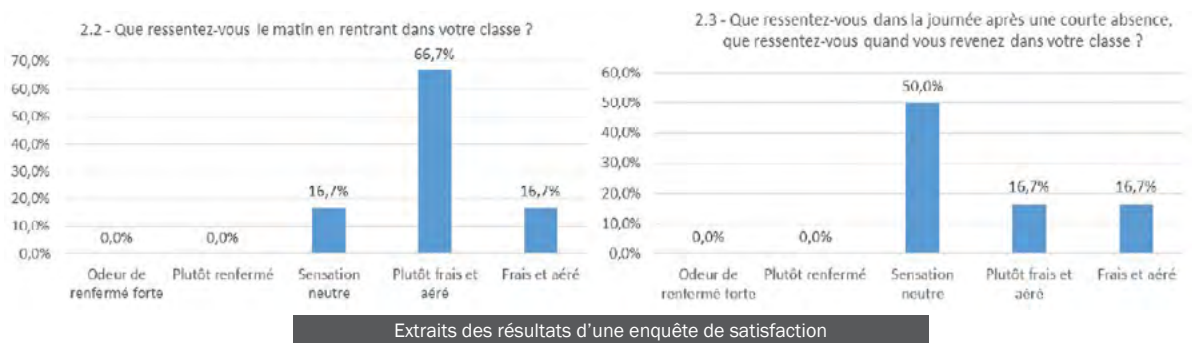
BET qualité environnementale »

« Les missions de suivi sont souvent confiées aux AMO, mais en tant que bureau d'étude, il nous intéresse aussi d'avoir des retours sur les opérations livrées. »

BET fluides »

« On devrait prendre plus le temps de discuter avec les usagers des opérations livrées pour identifier ce qui fonctionne ou non. »

Architecte »



↳ Ce qu'il faut retenir

Les missions de suivi sont encore rares, et lorsqu'elles sont présentes, elles n'intègrent pas toujours les retours des usagers. Les garanties de parfait achèvement et décennales ne font remonter que les dysfonctionnements et non les satisfactions, qui alimentent tout autant les retours d'expériences des acteurs.

PISTES DE SOLUTIONS

Intégrer l'enquête auprès des usagers, lorsqu'une mission de suivi est prévue, permet :

- D'accompagner voire de sensibiliser les usagers au fonctionnement de leur bâtiment, et donc d'éviter les dérives d'usage
- De constater les évolutions d'usage et de comportements, et d'adapter l'accompagnement des usagers et le réglage des équipements. Il faut garder en tête qu'un bâtiment est amené à évoluer, tout comme son occupation.

Le suivi sur les aspects confort et usages peut se faire par de la mesure :

- Ponctuelle : moins coûteuse que la mesure continue, elle permet tout de même de repérer et quantifier des dysfonctionnements, que ce soit à la réception ou après plusieurs mois d'exploitation, et d'effectuer des réglages en conséquence
- Continue : elle permet d'identifier les désordres et de suivre avec précision les pratiques des usagers.

↳ Ce qui a été observé

Les services ou prestataires assurant la maintenance dans les bâtiments sont intégrés tardivement dans le projet, voire jamais consultés jusqu'à la livraison. De plus, un défaut de formation des mainteneurs est observé sur les sujets de la performance énergétique, la thermique, la QAI et le confort du bâtiment.

3 opérations ont intégré le mainteneur en amont de la livraison

2 ont missionné un prestataire extérieur chargé d'assister le mainteneur au début de sa mission

« Les services techniques de la ville sont en décalage avec le niveau technologique actuel du bâtiment, ce qui risque de les pousser à changer des systèmes défectueux par du matériel ancien, plus énergivore, mais sur lesquels ils auront les connaissances nécessaires pour agir.

Directeur des services techniques d'une commune »

« Les systèmes que nous avons mis en place sur cette opération sont très performants et même innovants, mais nous les avons choisis de sorte que n'importe quel technicien puisse intervenir dessus.

Responsable R&D »

« Les mainteneurs privés ont un fonctionnement basé sur l'interim. Cela est historiquement dû aux activations saisonnières des systèmes de chauffage. Mais les systèmes évoluent et il devient risqué de confier la gestion des systèmes de chauffage à des personnes peu qualifiées.

Architecte »

« Mon seul regret est de ne pas avoir plus de temps pour former et informer les différents services de la ville qui interviendront sur le bâtiment.

Responsable Conduite d'Opération des services techniques »

PISTES DE SOLUTIONS

Les sociétés de maintenance doivent prendre conscience que l'évolution actuelle du bâtiment et les nouvelles problématiques qui apparaissent rendront leurs interventions de plus en plus complexes et fréquentes et donc faire évoluer leur métier en conséquence. Cela peut passer par des formations spécialisées et une adaptation des contrats. De plus, si le service qui assurera la maintenance de l'opération est connu d'avance : étudier la possibilité de l'intégrer dès la conception. En effet, cela permet :

- D'avoir les retours d'expérience du mainteneur sur la conception et la disposition des systèmes.
Le mainteneur est celui qui fait vivre le bâtiment, il a la connaissance pratique des bâtiments et de leur fonctionnement sur la durée.
- Au maître d'œuvre de jauger le niveau de compétence des services techniques de la maîtrise d'ouvrage, et d'adapter le degré de complexité du bâtiment à celui-ci.
Le fonctionnement actuel des services de maintenance (publics ou privés) risque de ne bientôt plus satisfaire les besoins de l'ensemble des bâtiments. De nombreuses opérations mettent en place des technologies simplifiées, parfois aussi performantes que des systèmes plus complexes, et en tous les cas plus économes et plus faciles d'entretien (exemple de la ventilation naturelle par tourelles).
- Au mainteneur de mieux connaître le bâtiment et son fonctionnement.
- De profiter de leur présence anticipée sur l'opération pour les sensibiliser aux questions de confort et de QAI, et montrer l'importance de leur travail dans la pérennité du bâtiment et de ses performances.
Demander à un mainteneur d'intervenir sur un système qu'il ne connaît pas et sur lequel il n'a pas été consulté pour sa conception risque d'amener à des dérives qui auront pour impact une chute de la performance énergétique et de confort : remplacement des LED par des halogènes ou utilisation de filtres non adaptés au système de ventilation par exemple.



Ventilation naturelle par tourelle asservie au CO₂

RETOUR D'EXPÉRIENCE

Ecart de traitement entre la lumière naturelle et la lumière artificielle

↳ Ce qui a été observé

Le traitement des apports en lumière naturelle fait souvent preuve d'innovations architecturales ou techniques. En revanche, l'éclairage artificiel est souvent traité par des moyens assez classiques, à la fois pour les sources ou les boîtiers (optique, réflecteur, support).¹

¹ Des constats similaires ont été relevés cette année par le Réseau Breton Bâtiment Durable, effectuant la mission REX Bâtiments performants 2017 sur la thématique du confort visuel (rapport disponible prochainement sur le site de l'AQC)

>> Exemple

- Dans deux écoles différentes, la lumière naturelle a bénéficié de traitements particuliers, par des patios, des hublots, des puits de lumière, mais l'éclairage artificiel est réalisé par tubes fluorescents standards avec grilles anti-éblouissement.

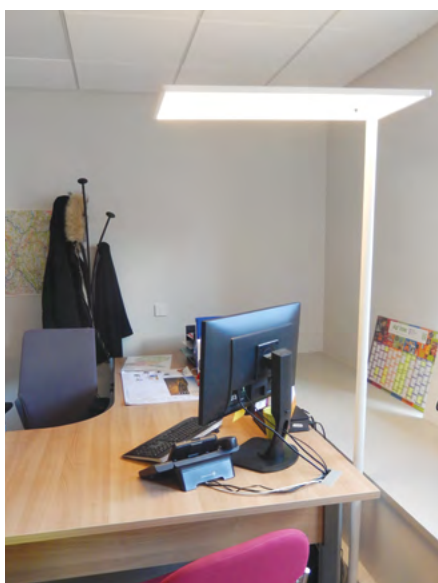
↳ Ce qu'il faut retenir

Le confort visuel des usagers passe autant par l'éclairage naturel que par l'éclairage artificiel. Certes il est important de maximiser et de contrôler les apports de lumière naturelle, mais l'éclairage artificiel doit lui aussi offrir un confort aux usagers.

15 opérations ont bénéficié d'un soin particulier concernant l'éclairage naturel : BSO, vitres larges, puits de lumières, atriums...
Parmi elles, 9 ont opté pour des tubes fluorescents standards, 4 ont opté pour un éclairage type LED et visant davantage de confort visuel (par exemple avec un éclairage direct-indirect et éclairage mural, ou éclairage d'ambiance + d'appoint)



Puits de lumière et tubes fluorescents



Luminaire sur pied (type G) orientables, au niveau de la zone de travail

PISTES DE SOLUTIONS

- Consulter des exemples d'opérations ayant porté un soin particulier sur cette thématique
- Consulter des organismes, comme l'AFE (Association Française de l'Eclairage) dont les missions sont précisément le partage de connaissances et le développement technique et technologique de l'éclairage ou encore des bureaux d'études spécialisés sur la question
- Possibilité de s'appuyer sur les démarches de labels ou programmes (tel le Programme GreenLight)

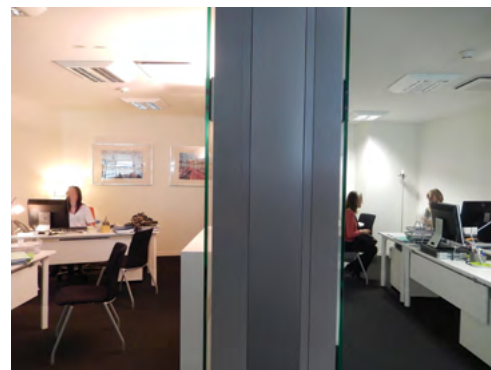
↳ Ce qui a été observé

Parmi les opérations visitées, plusieurs traitaient l'enjeu de l'éclairage par une valeur chiffrée d'éclairement en lux, notamment en réponse à la réglementation qui impose des valeurs minimales. Mais les valeurs trop hautes d'éclairement ont pour conséquence de gêner les usagers. Une lumière trop froide peu aussi amener un inconfort dans l'espace éclairé. La sensibilité des usagers aux ambiances lumineuses peut varier d'un individu à l'autre. Des usagers se plaignent de ne pas « avoir la main » pour moduler leur confort (par exemple la possibilité d'ouvrir les fenêtres même dans les pièces équipées de VMC double flux très efficaces ou le manque de souplesse d'usage).

Sur 3 bâtiments, un surdimensionnement de l'éclairage dans les bâtiments équipés de tubes fluorescents a été observé et plusieurs cas d'arrêt forcé par les usagers ont été observés

>> Exemples

- Les bureaux individuels d'un bâtiment de tertiaire étaient équipés de tubes fluorescents avec grille, mais certains usagers débranchaient les luminaires, les estimant trop puissants, l'activation ne se faisant que sur détecteur de présence et de luminosité. Ce cas montre deux problématiques : le dimensionnement de l'éclairage et le manque de souplesse d'usage pour l'utilisateur.
- Dans une autre opération, les tubes fluorescents ont été remplacés par des lampes à halogène par les usagers, offrant une lumière plus chaude et mieux appréciée, mais plus énergivores. La figure 10 met en évidence que, pour le bureau accolé, les usagers ne semblaient pas avoir la même sensibilité et ont choisi de garder l'éclairage initial.
- Un bureau d'étude spécialisé a été missionné sur une opération de rénovation pour effectuer un diagnostic sur l'éclairage des anciens bureaux. Les résultats ont montré que pour un même éclairage, le ressenti était différent selon les usagers. Les préconisations ont donc été tournées vers une grande souplesse dans la gestion de l'éclairage par l'utilisateur, par exemple la mise en place de luminaires sur pied accompagnés de luminaires encastrés orientables pour les bureaux individuels.



Différence de sensibilité entre les occupants de deux bureaux jumeaux

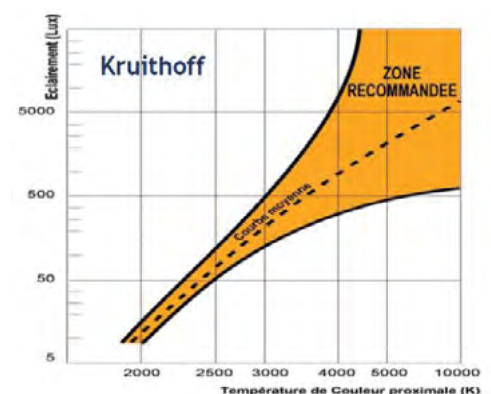


Diagramme de Kruthoff, définissant la zone de confort visuel entre éclairage et température de couleur

↳ Ce qu'il faut retenir

Il faut aborder toutes les dimensions du confort visuel. L'éclairement est un des paramètres du confort visuel et permet de fixer un minimum à atteindre pour que l'occupant puisse voir clair sans se fatiguer. Mais pour offrir un certain confort aux occupants, d'autres critères quantitatifs et qualitatifs doivent également être pris en compte.

Eclairement : quantité de flux lumineux reçu sur une surface

Uniformité : rapport entre l'éclairement minimal et l'éclairement moyen d'une zone

Température de couleur : couleur naturellement émise par la source

PISTES DE SOLUTIONS

- La conception et le dimensionnement de l'éclairage artificiel doit intégrer non seulement l'éclairement mais aussi la qualité et la perception : caractéristiques et activités des futurs usagers, vues, contrastes, ombres, température de couleur, uniformité, homogénéité, rendu des couleurs, éblouissement, souplesse d'usage, puissance par surface...¹
- Se référer à des guides, accessibles par le biais d'organismes comme l'AFE, l'ADEME, le CSTB...²
- Missionner des bureaux d'études spécialisés ou demander des prestations d'études d'éclairage au MOE

¹ Les solutions d'éclairage artificiel sont à ce jour très variées et plusieurs grandes marques proposent des catalogues exhaustifs de solutions d'éclairage. Par exemple, pour des bureaux, les solutions type LED avec des supports adaptables ou sur pied amèneront une souplesse dans l'usage.

² Pour aller plus loin : afe-eclairage.fr/ressources-documentaires.html?p=0&g=3
ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/guide-pratique-bien-choisir-son-eclairage.pdf

Guide « Construire avec la lumière naturelle », CSTB éditions - 2011 - 160 p.

↳ Ce qui a été observé

Le constat de dérives des consommations énergétiques liées aux usages n'est pas nouveau (voir dossier « Retours d'expériences sur 21 bâtiments performants de la région Rhône-Alpes », Ville et Aménagement Durable, 2013) et les impacts sur la qualité de vie sont importants. En effet, plusieurs comportements d'usagers pouvant impacter négativement la QAI ou leur propre confort ont été observés, que ce soit pendant les phases de programmation (où les exigences des occupants ont pris le dessus, parfois au détriment de certains comforts) ou à l'exploitation.

9 opérations ont bénéficié d'une consultation des futurs occupants, par des méthodes variées : votes, réunions, diagnostics

>> Exemples

- Une opération de tertiaire a bénéficié d'un diagnostic des usages et d'une consultation des futurs usagers préalable au chantier. Sur cette même opération, l'utilisateur s'était engagé sur une consommation énergétique. Le résultat a été positif et les occupants ont vite adopté les bonnes pratiques.
- Dans une opération scolaire, la surventilation naturelle nocturne était peu utilisée par les usagers, malgré la consigne donnée aux enseignants, qui ont gardé l'habitude de fermer les portes de leurs salles de classes en quittant les lieux.
- Sur une opération culturelle, les usagers étaient soucieux d'appliquer les bonnes pratiques concernant la ventilation naturelle, mais l'établissement fermait à 17 heures, ce qui était trop tôt en été pour rafraîchir correctement le bâtiment. Le choix a donc été fait, a posteriori, de rajouter une GTC pour contrôler la ventilation aux heures optimales.



Panneau de commandes manuelles de la ventilation naturelle, remplacé par une GTC

↳ Ce qu'il faut retenir

Définir des systèmes puis informer les usagers des bonnes pratiques ne suffit pas, il semble important d'avoir une idée précise des usages qui seront faits du bâtiment pour pouvoir proposer des systèmes adaptés et attendre un usage « optimal » du bâtiment. En particulier, l'équilibre entre automates et des commandes manuelles est délicat et propre à chaque opération.

PISTES DE SOLUTIONS

- Lorsque les usagers sont connus à l'avance, effectuer un diagnostic des futurs usages du bâtiment (horaires, nombre d'occupants, habitudes...)
- Trouver un équilibre entre responsabilisation des usagers et anticipation des dérives d'usages

↳ Ce qui a été observé

Le confort thermique d'hiver ne pose généralement pas problème (à l'exception de certaines réhabilitation et d'une opération où la température de consigne de chauffage est bridée). En revanche, le confort d'été et d'intersaison est plus souvent problématique, notamment à cause des apports solaires parfois difficilement maîtrisés.

3 cas d'inconforts thermiques d'hiver ont été recensés contre **6 cas** de surchauffe d'été
Le confort d'été a été particulièrement apprécié par les usagers sur seulement **4 opérations**

>> Exemples

- Sur une opération de crèche, le confort d'hiver a été très apprécié, géré par une bonne isolation, un plancher chauffant et une ventilation double flux, mais le confort d'été était plus difficile à maîtriser, notamment à cause de l'absence d'arbres protecteurs à l'Est initialement prévus, et de l'absence de pose de BSO prévus en conception (aucune entreprise n'ayant chiffré ce poste). De plus, la ventilation double flux qui a été installée en 2010, ne disposait pas d'arrêt automatique estival et la récupération de chaleur a fonctionné aussi pendant cette période suite à un dysfonctionnement.
- Pour une opération en tertiaire, les usagers se plaignent d'inconfort en hiver. La consigne de chauffe est bridée pour les usagers et la température de l'air ne peut pas dépasser 21 °C dans ce bâtiment. La valeur réglementaire de 19 °C paraît parfois faible pour une position statique prolongée comme pour un travail de bureau. Le confort d'été dans ce même bâtiment a été plutôt apprécié, et la température n'a jamais dépassé 29 °C, même dans les bureaux orientés au Sud.

↳ Ce qu'il faut retenir

Le confort d'hiver a longtemps été une cible principale de l'innovation, et les résultats sont aujourd'hui très positifs. Cependant, le confort d'été semble moins pris en compte ou plus difficilement géré, il demande des arbitrages en conception (quel équilibre entre apport lumineux, chaleur, et air ?), une mise en œuvre soignée ainsi qu'une prise en compte et un accompagnement de l'usage.

BONNES PRATIQUES

- Privilégier une conception bioclimatique pour éviter des consommations électriques liés à la climatisation : puits canadien hydrauliques ou raccordement au réseau de froid urbain par exemple, végétalisation des abords du bâtiment...
 - Associer aux parois vitrées des systèmes adaptés pour réguler les apports solaires, comme les BSO ou casquettes horizontales extérieures
 - Réguler les apports solaires sur les opérations d'envergure par la GTB/GTC.
-

↳ Ce qui a été observé

Les débits de ventilation dans les logements sont réglementés depuis 1982, des systèmes comme la ventilation double flux se démocratisent, et pourtant on constate sur le terrain que les principes de base de la ventilation sont finalement peu maîtrisés. Les singularités dans les réseaux (coudes et embranchements) sont récurrentes et multiples, elles occasionnent des pertes de charges voire des risques d'accumulation de condensation, dans lesquelles les bactéries et les moisissures peuvent se développer puis être insufflés dans le bâtiment. Dans une très grande majorité des cas, la pose et l'entretien de la ventilation ne sont pas assurés par des acteurs spécialisés (par exemple la pose est réalisée en fonction des cas par des entreprises de plomberie, plaquistes, chauffagistes ou électriciens).

10 opérations ont présenté des cas de désordres (singularités multiples, pannes, encrassement des bouches...)

>> Exemples

- Dans une opération, les conduits de ventilation présentent de nombreuses singularités. Par ailleurs, ils ont été d'une part stockés sans encapuchonnage aux extrémités, et d'autre part non nettoyés avant réception : donc des poussières se sont accumulées dans les conduits et créent un terrain favorable pour le développement des bactéries et les moisissures. Ces micro-organismes et poussières seront amenées à être insufflés dans l'air de la pièce ventilée. Il y a également de forts risques que les filtres s'encrassent très rapidement après la réception.
- L'entretien des bouches de ventilation est hétérogène sur l'ensemble des opérations visitées, les contrats d'entretien n'incluant pas toujours cette prestation.
- Un point positif cependant : parmi les opérations enquêtées, toutes ont mis en place des gaines rigides, ce qui est un net avantage pour le rendement des systèmes et leur entretien, en comparaison aux gaines souples ou semi-rigides. Par ailleurs, les gaines lisses réduisent les dépôts et le développement de micro-organismes



Multiplication de singularités sur un réseau aéraulique

PISTES DE SOLUTIONS

- Proposer des systèmes adaptés aux usages et aux compétences techniques du mainteneur. Les systèmes de ventilation, naturelle ou mécanique, se diversifient et une démocratisation de la ventilation double flux est observée. Cependant, celle-ci n'est pas généralisable et elle doit être choisie uniquement si elle est adaptée à l'opération et aux possibilités d'entretien
- Dimensionner la ventilation dans son intégralité au même titre que les autres réseaux
- Anticiper le passage des gaines de ventilation et fournir des plans précis aux installateurs
Le problème est parfois dû à un manque de place, notamment en hauteur sous plafond, pour faire passer les réseaux, mais cela peut être résolu en concevant les gaines d'insufflation et d'extraction dès le départ sur deux plans différents par exemple. Sur le cas de la photo ci-dessus, il y a sur une distance d'un mètre : trois coudes, un embranchement et un point bas. Si les deux réseaux croisés étaient chacun sur un niveau, il n'y aurait eu qu'une seule singularité au lieu de quatre : l'embranchement. La manière de mettre en œuvre la ventilation est tout aussi importante que le choix du système. Pour approfondir, se référer aux règles de l'art proposées par les guides rédigés par des organismes comme le COSTIC ou l'AQC
- Un métier qui manque : ventiliste ?

↳ Ce qui a été observé

Sur les opérations visitées, l'isolation acoustique a été traitée efficacement, en particulier sur des sites contraints (passage d'une route, aéroport à proximité, cour de récréation...). Par contre, les solutions mises en place pour la correction acoustique sont souvent conçues et réalisées a posteriori (plafond acoustiques par exemple), avec plusieurs inconvénients associés : la difficulté de maintenance si les faux-plafonds sont fixes, une qualité esthétique limitée et parfois un surcoût. Par ailleurs, les bâtiments sont de plus en plus insonorisés, notamment à cause des performances énergétiques visées, impliquant des niveaux d'étanchéité élevés et des parois très isolantes. Une conséquence observée de ce phénomène est l'amplification relative des bruits d'équipements, et notamment de la ventilation.

2 cas d'une « trop bonne isolation » ont été relevés : l'alarme incendie étant dans les deux cas inaudible depuis l'intérieur de la pièce. L'acoustique a été jugée « très bonne » par les occupants sur **8 opérations**.

Aucun cas de défaut d'isolation phonique vis-à-vis de l'extérieur n'a été relevé.

>> Exemple

- Dans une école, un occupant a voulu intervenir derrière un plafond acoustique afin de régler le vidéoprojecteur, fixé au plafond, mais cela s'est avéré impossible compte tenu du plafond fixe. Sur une autre opération, faire passer des nouveaux câbles pour installer un système d'interphone s'est avéré compliqué au vu de la nature fixe du plafond. Un cas de vibration a été recensé au dernier étage d'une opération de logement, la centrale de ventilation se trouvant dans les combles, sans dispositif d'isolation acoustique, tandis que sur une autre opération, l'ensemble des équipements placés dans les étages étaient sur des plots anti-vibrations.



Plafond acoustique fixe, laissant peu de possibilité pour la maintenance

PISTES DE SOLUTIONS

La correction acoustique peut certes être traitée par la mise en place de plafonds acoustiques, mais d'autres solutions existent plus en amont :

- L'intégration d'un acousticien dans l'équipe de maîtrise d'œuvre permet d'établir un cahier des charges précis des besoins de l'espace. Par exemple les risques de réverbérations dans un bureau individuel de petite surface et de hauteur sous plafond standard sont très limités, peu utile donc de poser plafond acoustique et moquette
- La forme géométrique de la pièce : un plafond brisé ou des murs non parallèles permettra de réduire la réverbération sans avoir à traiter les surfaces en elles-mêmes
- Les panneaux suspendus : laissent l'accès à l'inertie de la dalle si besoin, et peut être un parti pris esthétique
- La désolidarisation des espaces d'exigences acoustiques différentes (sur une école visitée, la dalle des salles de classes de l'étage était séparée structurellement de celle du couloir dans cet unique but de supprimer la transmission de bruits solidiens).

Isolation acoustique : moyens mis en œuvre pour éviter la propagation du bruit entre deux espaces distincts.

Correction acoustique : mise en œuvre de matériaux absorbants dans le but de réduire la réverbération d'un même espace.

Contexte

La 6^{ème} édition du Dispositif REX Bâtiments performants (REX BP) a permis d'aller plus loin que l'observation visuelle en mettant en place un protocole de mesures qui permettrait d'appuyer les observations par des valeurs mesurées in situ. Afin de proposer une réponse adaptée à cette demande, il est primordial de commencer par définir les objectifs de ce protocole. Le présent protocole n'a pas pour ambition de qualifier un confort ou une qualité d'air intérieur ni de servir d'audit ou de diagnostic. L'objectif de ce protocole, afin qu'il corresponde aux besoins du Dispositif REX BP et à ses contraintes, est donc le suivant : **Accompagner des ressentis et des observations relatifs aux ambiances, par la mesure de plusieurs indicateurs pertinents, en une demi-journée seulement.**

Benchmark

La première campagne de mesures visant à faire état de la qualité d'air intérieur des logements a été menée de 2003 à 2005 par l'Observatoire de la Qualité d'Air Intérieur dans 567 résidences¹. Suite à cela, d'autres organismes comme l'ASPA² ont ensuite entamé une démarche similaire. Avec les années, le nombre de bâtiments observés augmente et les méthodes de mesures employées dans ces campagnes se diversifient et se précisent.

Les campagnes de mesures répondent à des contraintes réglementaires et normatives, l'objectif étant d'avoir des valeurs fiables, comparables entre les différents lieux et temps, et sur lesquels il est possible de se baser pour porter des actions. L'ensemble des protocoles sur lesquels sont basés ces campagnes de mesures sont donc très précis et souvent sur plusieurs jours voire

¹ « État de la qualité de l'air dans les logements français » - Dossier de presse de l'OQAI datant du 21 novembre 2006 - 22p hors annexes.
² ASPA : Association pour la Surveillance et l'étude de la Pollution Atmosphérique

Bâtiments suivis par l'ASPA par année :

2008 : 1, 2009 : 2, 2010 : 2, 2011 : 7, 2012 : 9, 2013 : 6, 2014 : 6, 2015 : 7.

plusieurs mois. De fait, les indicateurs mesurés varient pour la plupart avec les usages, la météorologie, la période de l'année, et semblent difficiles à mesurer sur un temps aussi court et aléatoire qu'une demi-journée.

Sur certains indicateurs, on peut trouver des protocoles simplifiés et rapides d'exécution, comme la méthode « Lux-FLASH » que propose l'Estia pour diagnostiquer le confort visuel d'un bâtiment, mais cela reste rare et toujours pour un seul indicateur.

Ainsi il n'existe à ce jour aucun protocole permettant l'appréciation des ambiances sur une courte durée. Cela s'explique finalement simplement : en créant ce protocole simplifié, il est très rapidement apparu que les données annexes comme les observations, les photos, les discussions avec les occupants prenaient une importance capitale dans l'exploitation des résultats, or les organismes effectuant des campagnes de mesures, souvent sur plusieurs bâtiments à la fois, ne peuvent pas toujours recueillir ces informations.

Démarche et méthodologie

Un protocole de mesure est généralement appliqué de manière systématique et les données périphériques, comme des photos ou des retours d'usagers, viendront apporter ponctuellement des éléments supplémentaires. Le protocole élaboré dans le cadre de cette mission fonctionne de manière opposée : les enquêtes et observations sont appliquées systématiquement car elles forment la base d'une enquête REX BP, et la mesure vient ponctuellement apporter des précisions. Il s'agit pour cela d'un « **protocole à tiroirs** », qui vient ici servir un dispositif d'enquête basé sur l'observation et les retours des acteurs : la mesure a donc pour objectif apporter de la précision, mais pas de diagnostiquer les opérations visitées. Cependant, pour qu'une mesure soit valable, il est nécessaire d'avoir un certain nombre d'informations que le dispositif REX BP initial ne prévoyait pas forcément, c'est pourquoi des outils ont été créés afin de faciliter leur collecte : questionnaires aux occupants, check-list, cartographie des indicateurs et leurs impacts, fiches méthodologiques pour chaque indicateur à mesurer.

Quels sont les indicateurs de ce protocole ?

Compte tenu de la faisabilité technique et de leur pertinence vis-à-vis de notre objectif, les indicateurs du protocole sont les suivants.

Le protocole se focalise sur les thématiques de confort en lien avec l'ouïe, la vision et la thermoréception.

THÉMATIQUE		INDICATEUR
Confort hydrothermique	Thermoception et toucher (dans le cas de ponts thermiques sur dalle par exemple)	Température ambiante
		Humidité ambiante
		Humidité de surface
		Vitesse d'air
		Vitesse d'air omnidirectionnelle
Confort acoustique	Ouïe (Mécanoréception)	Niveau de pression acoustique (bruits émis par des équipements ou autres sources ponctuelles)
Confort visuel	Vision (Réception énergie EM)	Éclairage

En ce qui concerne la qualité de l'air intérieur :

THÉMATIQUE	INDICATEUR
Qualité de l'air intérieur	Débit d'air
	Pression de l'air
	Dioxyde d'azote (CO ₂)
	Monoxyde de carbone (CO)
	Humidité ambiante
	Humidité de surface
	Radon

De plus, des mesures sur l'eau chaude sanitaire ont été préconisées. Elles entrent dans le cadre du protocole dans la mesure où elles font appel à notre toucher et notre réception polymodale lorsque nous sommes en contact avec l'eau chaude, les brûlures pouvant poser un inconfort. Le temps d'attente pour l'obtention de l'eau chaude, un aspect moins sensoriel mais qui fait également partie du confort est également à prendre en compte.

THÉMATIQUE	INDICATEUR
Eau chaude sanitaire	Température de l'eau chaude
	Temps d'attente de l'eau chaude
	Débit maximal de l'eau chaude

L'indicateur Composés Organiques Volatils n'a pas été retenu car la mesure était trop complexe, avec notamment la nécessité d'une analyse en laboratoire. L'indicateur Particules Fines n'a pas été retenu car les sources potentielles sont nombreuses et pas toujours identifiables facilement pour pouvoir tirer des conclusions après une demi-journée de visite seulement.

A noter que la QAI est un terme général qui prend en compte l'ensemble des polluants de l'air. Le protocole tel qu'il a été conçu pour l'instant n'en intègre que certains, c'est pourquoi, dans un souci de justesse, il est préférable de parler de « protocole d'appréciation des ambiances » plutôt que de « mesures de la QAI et du confort ».

Quel matériel est envisageable ?

Le choix du matériel est important car les critères sont nombreux, à commencer par la qualité et le prix. Mais il en existe d'autres et certains sont même à placer devant ces deux critères. Dans l'ordre d'importance, voici finalement la liste des critères de choix du matériel pour ce protocole :

- Encombrement
- Fonctionnement sur batterie ou secteur
- Temps nécessaire pour faire une mesure représentative (inclut le temps de réponse de l'appareil)
- Précision (selon ce que l'on cherche à mesurer)
- Coût
- Gamme de mesures (aussi selon ce que l'on cherche à mesurer)
- Possibilité d'enregistrement et pas de temps
- Polyvalence

Exemple : la boule noire a été longtemps considérée pour mesurer la température résultante, mais le temps de mise en chauffe (30 min environ) était incompatible avec l'esprit du protocole. L'objectif de cet appareil étant notamment de déceler les ponts thermiques, une solution alternative a été évoquée : le thermomètre de surface à infrarouge. Mais la valeur ne peut être interprétée qu'en connaissant l'émissivité radiative du matériau, le choix s'est donc finalement porté sur un thermomètre de contact.



Mallette de l'enquêteur

Retour d'Expérience et évolutions du protocole

L'année 2016 était une phase d'élaboration et de test pour ce protocole, et son application sur quelques opérations a permis de confirmer certaines hypothèses qui avaient été faites, notamment :

- La mesure s'avère compatible avec les enquêtes menées dans le cadre du REX BP, que ce soit au niveau du temps que l'on y accorde comme de l'aspect logistique (encombrement du matériel, gestion du temps)
- La mesure permet dans plusieurs cas de confirmer ou d'infirmer certaines remarques qui pourraient s'avérer difficile à juger objectivement. Un exemple typique est celui de l'éclairage : l'œil s'adapte très rapidement à la luminosité, si bien qu'il est difficile pour une personne non équipée d'un luxmètre de comparer les éclairagements de deux endroits, même avec des écarts de plusieurs centaines de lux
- La mesure permet aussi d'avoir accès à des données comme la concentration en CO₂, en CO, en radon ou en humidité, qu'il est impossible d'estimer par le simple ressenti.

Encore une fois, il faut être vigilant avec les données récupérées et toujours les mettre en face d'autres informations comme les usages, la météorologie, la température extérieure, la période de l'année, etc. Certains

points sont en revanche à revoir compte tenu de cette première phase de test :

- La mesure des COV n'a pas été intégrée mais semble intéresser les acteurs ayant mis volontairement en place des solutions pour réduire leur concentration. Cet indicateur est donc peut-être à reconsidérer pour la suite
- La mesure de CO est inutile dans la majeure partie des cas en été (CO produit par les appareils de combustion en fonctionnement)
- La mise en place de questionnaires à destination des usagers s'avère compliquée pour différentes raisons : mode de diffusion parfois mal adapté, nombre de réponses variant selon la population ciblée, impossibilité de diffuser des questionnaires dans certains cas de tertiaires. Cet outil s'avère donc très difficile à utiliser et est sans doute à perfectionner.

Ce protocole d'appréciation des ambiances est donc prometteur mais sera à améliorer au fil des années, afin que la mesure de terrain trouve une vraie place dans le dispositif REX BP. L'enquête REX Bâtiments performants 2017 systématise l'application du protocole ; un retour de l'application du protocole sera présenté.

>> Tous concernés, tous acteurs, des enseignements récurrents, valables pour la santé...

- La qualité du projet dépend de la précision et de l'ambition du programme
- Des écarts de compétences notables sont observés entre les différents acteurs, notamment un décalage entre le savoir-faire des entreprises et la technicité de plus en plus grande des solutions proposées. Leur formation est nécessaire. Et un nouveau métier « ventiliste » à créer ?
- Le bâtiment doit vivre après sa livraison : une mission de suivi permet un réel retour sur le fonctionnement du bâtiment et son optimisation, les utilisateurs sont à intégrer plus en amont possible
- Les « inter-phases » sont à ne pas négliger (choix MOE puis entreprises, réception du bâtiment), sur ces enjeux également.

Les exigences toujours plus fortes en termes de performances énergétiques,

étanchéité à l'air, coûts, délais, etc. impliquent que les acteurs soient de plus en plus formés et informés sur les techniques du bâtiment et sur sa conception dans sa globalité.

La prise en compte des questions de santé et de bien-être doit s'appréhender de manière globale au même titre que les enjeux énergétiques et environnementaux. Cette approche transversale et multicritères demande des arbitrages et l'implication de l'ensemble des acteurs à toutes les phases des projets, de la programmation à l'exploitation.

>> **Les enseignements d'ordres techniques** portent essentiellement sur les systèmes. 10 opérations présentent des désordres sur la ventilation (encapuchonnage/écrasement des gaines, coudes et points bas, détalonnage des portes, accessibilité/entretien des filtres/bouches...). Au-delà des débits réglementaires, c'est la qualité globale des réseaux aérauliques qui doit être mieux traitée et anticipée.

L'impact des pathologies d'ordre techniques sur la qualité d'air intérieur

et les confort est évidente. L'objectif est d'anticiper au maximum, en intégrant les futurs usagers, les mainteneurs, les gestionnaires le plus en amont des projets.

>> **La notion de confort ne se réduit pas aux indicateurs quantifiables** : l'approche doit être globale et intégrer la dimension sensible du bien-être. Le confort thermique d'été est encore difficile à maîtriser.

>> **Un protocole d'appréciation des ambiances** basé sur des mesures a été élaboré en 2016 par l'AQC, Ville et Aménagement Durable et le CD2E, visant à mieux apprécier les qualités d'ambiances et les pathologies qui y sont liés, en lien avec le ressenti des usagers.

« Parce qu'elle demande de regarder les projets sous un angle nouveau, la prise en compte de la santé fait évoluer le mode de programmer et de concevoir les projets. La santé est un sujet multicritères, transversal et complexe. À chaque professionnel du bâtiment d'aborder cette question dans sa compétence et quelle que soit cette dernière : par exemple le maître d'ouvrage intègre des exigences plus précises sur les enjeux de santé dans le choix du site et dans son programme, le bureau d'études

fluides ne traite pas que l'aspect énergétique mais s'interroge aussi sur les questions de santé. Les enjeux de la lumière ne sont pas seulement regardés sous l'angle quantité d'espaces vitrés mais aussi du point de vue du confort visuel et de l'éblouissement, etc. Ce nouveau regard sur les projets demande à tous d'acquérir du savoir et du savoir-faire, de les partager et de croiser les métiers.

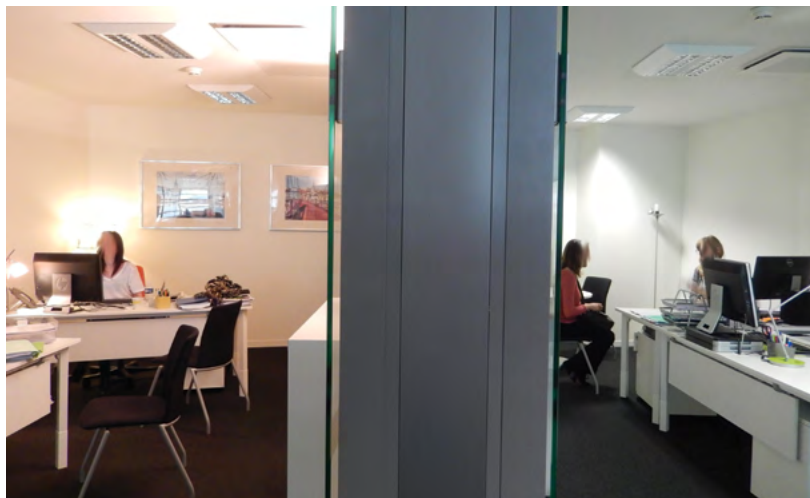
EXTRAIT DE L'INTRODUCTION DU DOSSIER « SANTÉ ET CONFORTS DANS LES BÂTIMENTS », VILLE ET AMÉNAGEMENT DURABLE, 2017

>> La diffusion des résultats et les suites de l'enquête

Avec la mutualisation des enquêtes dans d'autres régions par l'AQC, ce travail, qui sera transmis aux rédacteurs de Recommandations Professionnelles, servira d'une part à faire progresser la réglementation et d'autre part, il participera à la formation de professionnels via une large diffusion de documentations techniques et l'organisation de conférences. Par ailleurs, VAD diffusera ces résultats par le biais d'ateliers et formations.

L'enquête est reconduite en 2017, le focus portera de nouveau sur la santé, la qualité de l'air et les confort, avec l'application du protocole d'appréciation des ambiances élaboré en 2016.

La réflexion sur la santé dans le bâti se poursuit également avec les travaux du groupe de travail Santé de Ville et Aménagement Durable, qui aborde ces enjeux avec une approche transversale et multicritères, en intégrant les notions d'usages et d'ambiances.



« L'erreur est un facteur d'apprentissage pour tous. Elle est d'autant plus utile qu'elle est transformée en expérience; d'autant plus efficace qu'elle est analysée et associée à une solution. »

EXTRAIT DE LA CONCLUSION DU RAPPORT « REX BÂTIMENT PERFORMANTS ET RISQUE - RÉSULTATS 2012 »

Publication de Ville et Aménagement Durable

Ville et Aménagement Durable mobilise et anime un réseau de plus de 2 000 professionnels en Auvergne-Rhône-Alpes sur les enjeux du bâtiment et de l'aménagement durable. Son rôle est d'agir et penser les territoires de demain par le retour d'expérience (expertise, retour terrain), le débat, la formation et l'information.

ville-amenagement-durable.org



(R)éveillons nos pratiques

08 / 2017

VILLE ET AMÉNAGEMENT DURABLE

103 Avenue Maréchal de Saxe

69423 LYON CEDEX 03

04 72 70 85 59

associationvad@orange.fr

ville-amenagement-durable.org

Avec le soutien de :



Ce programme d'action est cofinancé par l'Union européenne