



Programme SMART RENO

Volet 1 fiabiliser la rénovation

Tâche 1.1. Analyse bibliographique des défauts des systèmes d'isolation

LIVRABLE : Choix des couples « geste de rénovation/défauts »

CONTEXTE

Ce livrable s'inscrit dans le cadre général du Volet 1 de SMART RENO visant à Fiabiliser l'acte de rénovation. Nous nous intéresserons à l'analyse des défauts des systèmes d'isolation et à la mesure de leurs impacts. Il s'agira d'établir un catalogue des défauts les plus courants, d'en identifier les causes, d'en mesurer les conséquences puis d'établir des procédures de contrôle qui permettent de les éviter.

Les défauts de mise en œuvre des solutions de rénovation de l'enveloppe des bâtiments (parois opaques et vitrées) peuvent induire des pertes de performances aussi bien en matière d'efficacité énergétique qu'en matière de confort. Les méthodes de conception, basées sur la modélisation des performances théoriques et parfaites, ignorent cet aléa. Si bien qu'en pratique, on attribue souvent aux défauts d'installation la responsabilité de la différence entre la performance réelle et la performance théorique de l'opération de rénovation. Cependant, cette supposition n'a jamais été appuyée par des preuves incontestables. Si certains défauts sont parfois mis en avant, il n'existe que peu d'études permettant d'en évaluer les conséquences sur les plans de la performance énergétique et du confort. Dans ces conditions, il est impossible d'évaluer les enjeux associés aux défauts, que ce soit au niveau du système lui-même ou à une échelle plus large, au niveau du bâtiment et du parc des bâtiments rénovés.

On peut pourtant imaginer que toutes les solutions de rénovation ne sont pas égales face à ce risque. La probabilité d'occurrence d'un défaut et les enjeux énergétiques et de confort dépendront inévitablement du système. Si l'on vise la performance, il doit exister des technologies plus risquées, plus délicates que d'autres, soit parce-que la probabilité d'occurrence d'un défaut est plus élevée, soit parce-que quand un défaut est là, ses conséquences sont plus importantes.

L'analyse de ce risque requiert donc que l'on s'intéresse à la fois à la probabilité d'occurrence et à l'importance de l'impact. Le premier de ces deux sujets relève d'études de terrain que nous n'envisageons pas de mener dans le cadre de ce projet. D'autant moins que, faute d'une estimation des conséquences des défauts, nous avançons à l'aveugle pour ce qui concerne leur priorisation. Nous prenons donc le parti de sélectionner des défauts courants, à choisir suite à une analyse bibliographique fouillée, et d'étudier en détail leur impact sur la performance énergétique et sur le confort.

Tâche 1.1 / Choix des couples « geste de rénovation/défauts »

Le travail bibliographique se basera sur les études des gestes de rénovations les plus courants que nous croiseront avec des études relevant les pathologies des bâtiments suite à des malfaçons ou des défauts de réalisations. La principale étude est celle de l'Agence Qualité Construction. En effet, l'AQC nous a donné accès au « Dispositif REX Bâtiments performants ». Cette étude est riche de nombreux retours terrains et permettra une approche suivant deux méthodologies afin de croisés les résultats et de validés les cas d'étude. L'AQC nous aidera à prendre position sur les couples gestes de rénovations/défauts à tester. Nous nous appuierons par la suite sur un programme de mesures comparatives et de modélisation des défauts sélectionnés. Ces mesures seront réalisées dans les laboratoires BESTLab (Site EDF des Renardières), TIPEE et la maison Eureka (La Rochelle) sur des parois en contact avec le climat extérieur d'un côté, et de l'autre une ambiance thermique intérieure contrôlée. Les défauts mesurés seront comparés expérimentalement à une configuration rigoureusement jumelle mais sans défaut pour 4 cas d'étude à BESTLAB. Les essais dans les laboratoires TIPEE et la maison Eureka se feront en comparaison direct dans une même cellule spécialement aménagée pour le programme Smart RENO.

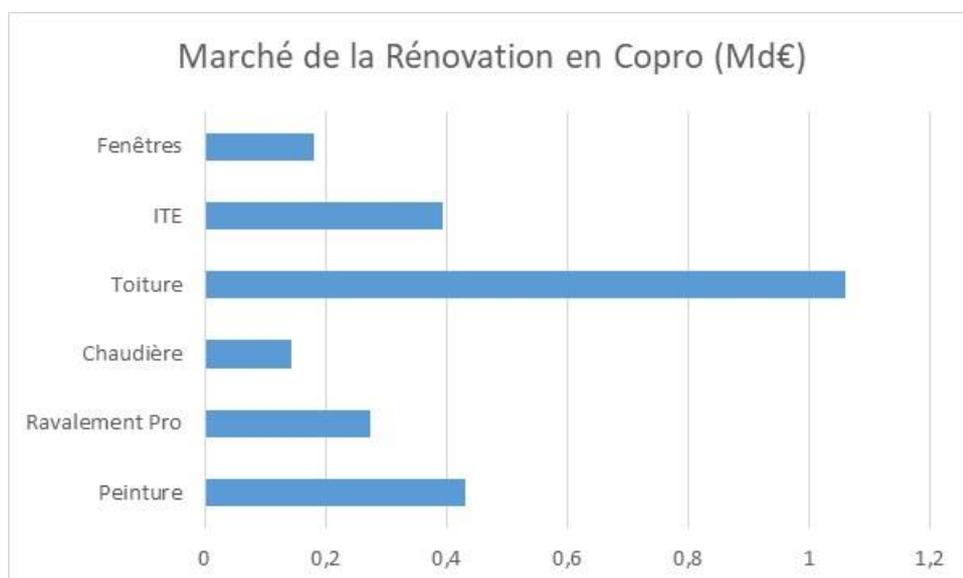
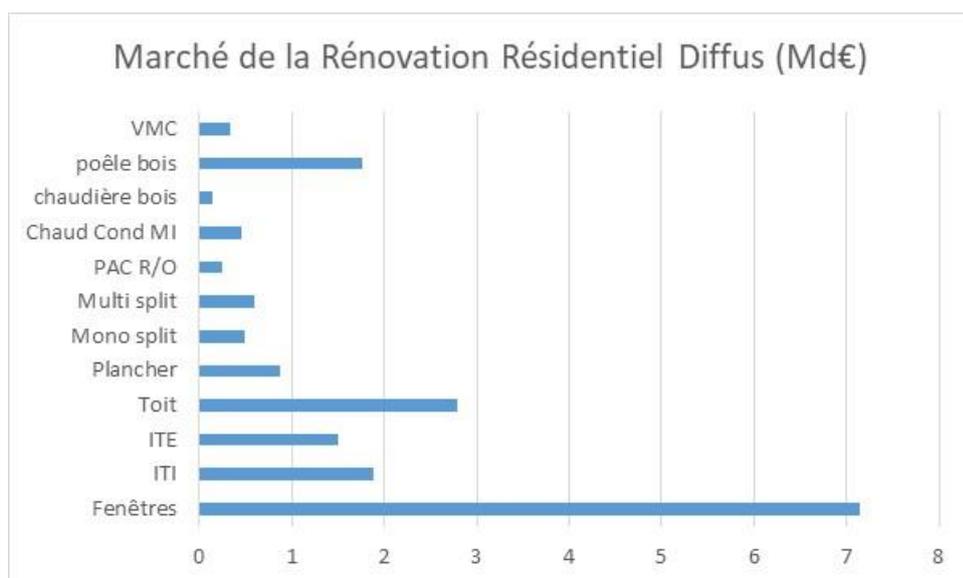
METHODOLOGIE

La première étape est reprendre les chiffres clés des gestes de rénovations. Cette première phase est possible grâce à une étude interne EDF sur les marchés de la rénovation. La seconde étape est de recenser l'ensemble des documents permettant d'avoir un retour sur les règles de l'art et leurs applications dans le monde de la rénovation. Cela ouvre la voie à une première approche sur la bibliographie des défauts rencontrés dans le bâtiment. L'opportunité de travailler sur les fichiers sources de l'étude AQC « Dispositif REX Bâtiments performants », donne une vraie plus-value à l'étude car elle permet une analyse comparée avec deux méthodes différentes (méthode par les impacts et méthode par l'étude de la représentativité et la criticité). La confrontation des deux approches nous conforte dans le choix des couples *gestes de rénovation/défauts* à étudier dans les laboratoires expérimentaux.

1. Les chiffres clés de la Rénovation

L'étude Interne EDF R&D sur les marchés de la Rénovation (dont les deux images suivantes sont extraites) donne nettement les grandes tendances :

Tâche 1.1 / Choix des couples « geste de rénovation/défauts »



Source : Etude Interne EDF R&D

Les chiffres dont nous disposons sur la rénovation du secteur résidentiel (Résidentiel Diffus et Copro – rien sur le social – mais il semble que les chiffres de la rénovation énergétique soient faibles) donnent clairement 4 gestes phares en terme de CA sur le marché :

1. **Les fenêtres (7,3 Md€)**
2. **Isolation en toiture (3,8 Md€)**
3. Presque à égalité : l'isolation thermique par l'intérieur (ITI) et l'isolation thermique par l'extérieur (ITE) des murs (**ITE : 1,9 Md€ et ITI : 1,9 Md€**) mais en terme d'enjeu énergétique, avec un même Chiffre d'affaire pour l'ITE et l'ITI, il est certain que l'ITI (moins chère au m²) passe avant l'ITE en terme de m² rénovés. Par ailleurs, on voit bien la progression très importante de l'ITE depuis plusieurs années maintenant et l'importance de ce geste de rénovation.

2. Les documents de références

Tâche 1.1 / Choix des couples « geste de rénovation/défauts »

DOCUMENTS DE RAGE :

On y trouve le lien vers le site du PACTE <https://www.programmepacte.fr/> avec un onglet « catalogue » qui donne lui aussi accès à des documents en ligne selon plusieurs catégories <https://www.programmepacte.fr/catalogue> :



Chaque onglet s'ouvre en proposant 2 catégories : Bâti et Equipements.

Les recommandations professionnelles RAGE : Elaborées dans le programme RAGE (financé par un gros programme CEE de plusieurs dizaines de millions d'euros en 2012), ces recommandations sont en fait des préfigurations de futurs DTU (règles de l'art pour les technologies traditionnelles) pour les

technologies concernées. Liste (les flèches  indiquent les documents qui nous semblent utiles dans le cadre de Smart-Réno) :

Tâche 1.1 / Choix des couples « geste de rénovation/défauts »

BARDAGES EN ACIER PROTÉGÉ ET EN ACIER INOXYDABLE	
CHAPES ET DALLES SUR PLANCHERS BOIS	
COUVERTURES EN PANNEAUX SANDWICHES À PAREMENT EN ACIER	
FAÇADES OSSATURES BOIS NON PORTEUSES	
ISOLATION EN SOUS-FACE DES PLANCHERS BAS	
ISOLATION THERMIQUE DES SOUS-FACES DES TOITURES CHAUDES À ÉLÉMENT PORTEUR EN BOIS	
ISOLATION THERMIQUE ET ÉTANCHÉITÉ DES POINTS SINGULIERS DES TOITURES AVEC ÉLÉMENTS PORTEURS EN MAÇONNERIE	
ITE - PROCÉDÉS DE BARDAGE RAPPORTÉ À LAME D'AIR VENTILÉE	←
ITE - PROCÉDÉS PAR ENDUIT SUR ISOLANT POLYSTYRÈNE	←
MAÇONNERIES ISOLANTES AVEC ISOLATION THERMIQUE PAR L'INTÉRIEUR OU RÉPARTIE	
MURS DOUBLES AVEC ISOLATION THERMIQUE PAR L'EXTÉRIEUR	
PANNEAUX SANDWICHES À PAREMENTS EN ACIER (BARDAGE)	
PLANCHERS MIXTES BOIS BÉTON - MISE EN ŒUVRE ET ISOLATION	
SYSTÈMES CONSTRUCTIFS À OSSATURE BOIS - MAÎTRISE DES PERFORMANCES THERMIQUES	
VERRIÈRES	

Les guides : S'adressent aux technologies plus innovantes et donnent aux professionnels les recommandations pour bien concevoir, mettre en œuvre et entretenir ces technologies (sorte d'avis technique générique en quelques sortes). Liste :

Tâche 1.1 / Choix des couples « geste de rénovation/défauts »

BALCONS ET COURSIVES MÉTALLIQUES RAPPORTÉS
BRISE-SOLEIL MÉTALLIQUES
COFFRES DE VOLET ROULANT - MISE EN ŒUVRE
DOUBLES FENÊTRES
ESCALIERS MÉTALLIQUES RAPPORTÉS
FAÇADE MULTIPLE - DOUBLE PEAU VENTILÉE NATURELLEMENT SUR L'EXTÉRIEUR
INTÉGRATION DES MENUISERIES EXTÉRIEURES DANS DES PAROIS À OSSATURE BOIS
ISOLATION THERMIQUE PAR L'INTÉRIEUR 
MENUISERIES EXTÉRIEURES AVEC UNE ISOLATION THERMIQUE PAR L'EXTÉRIEUR 
MURS À COFFRAGE ET ISOLATION INTÉGRÉS
PANNEAUX MASSIFS BOIS CONTRECOLLÉS
PLANCHERS À POUTRELLES ET ENTREVOUS
PROCÉDÉS DE PANNEAUX SANDWICHES - PANNEAUX EN BÉTON ISOLÉS
RUPTEURS DE PONTS THERMIQUES SOUS AVIS TECHNIQUES
SYSTÈMES PHOTOVOLTAÏQUES PAR MODULES RIGIDES EN TOITURES INCLINÉES
TOITURES-TERRASSES EN BOIS ISOLÉES INTÉGRALEMENT SOUS L'ÉLÉMENT PORTEUR

Les calepins de chantier : Ce sont des outils pratiques décrivant tout le processus de mise en œuvre des technologies concernées (matériel nécessaire, composants nécessaires, précautions particulières, chaînage des tâches, stockage des produits, etc..). Les informations sont essentiellement graphiques et fournissent toutes les informations nécessaires à une bonne mise en œuvre (et donc à un bon contrôle de la mise en œuvre). Liste :

Tâche 1.1 / Choix des couples « geste de rénovation/défauts »

BARDAGES DOUBLE PEAU EN ACIER PROTÉGÉ ET EN EN ACIER INOXYDABLE	▼
CHAPES ET DALLES SUR PLANCHER BOIS EN RÉNOVATION - CONCEPTION, INTERFACE ET MISE EN ŒUVRE	▼
COFFRES DE VOLETS ROULANTS - MISE EN ŒUVRE	▼
COUVERTURES EN PANNEAUX SANDWICHS À DEUX PAREMENTS EN ACIER ET À ÂME POLYURÉTHANE	▼
DOUBLES FENÊTRES EN RÉNOVATION DE LOGEMENTS	▼
ÉLÉMENTS MÉTALLIQUES RAPPORTÉS, BALCONS, COURSIVES, ESCALIER, ET BRISE-SOLEIL	▼
ÉTANCHÉITÉ ISOLATION THERMIQUE DES TOITURES TERRASSES EN BOIS : CONCEPTION, INTERFACES, MISE EN ŒUVRE	▼
FENÊTRES AVEC ISOLATION THERMIQUE PAR L'EXTÉRIEUR	▼
ITE - PROCÉDÉS PAR ENDUIT SUR ISOLANT POLYSTYRÈNE	▼
MURS À COFFRAGE ET ISOLATION INTÉGRÉS	▼
PANNEAUX MASSIFS BOIS CONTRECOLLÉS	▼
PLANCHERS À POUTRELLES ET ENTREVOUS	▼
PLANCHERS MIXTES BOIS BÉTON	▼
RÉALISATION DES ENCADREMENTS DE BAIES ET INTÉGRATION DES MENUISERIES DANS LES PAROIS BOIS	▼

Les référentiels de compétences : Renvoie vers des liens en ligne selon 2 catégories. 1/ Compétences, connaissances et savoir-faire requis par les personnels d'encadrement et de chantier, pour réaliser la mise en œuvre conforme d'une solution technique clé améliorant l'efficacité énergétique. 2/ Action globale pour le développement des compétences de la maîtrise d'œuvre.

Les rapports : Ce sont des exposés détaillés de travaux ayant servi de base à la rédaction des recommandations professionnelles et des guides. Liste :

ABAQUES DE DIMENSIONNEMENT DES CONDUITS DE FUMÉE, APPLICATION POUR LES APPAREILS DE CHAUFFAGE DIVISÉ À BÛCHES	▼
ANALYSE DÉTAILLÉE DU PARC RÉSIDENTIEL EXISTANT	▼
APPRÉCIATION DES LOGICIELS D'ÉVALUATION ÉNERGÉTIQUE DES BÂTIMENTS D'HABITATION	▼
BASE DE DONNÉES ÉQUIPEMENTS ET MATÉRIEAUX POUR LES LOGICIELS D'ÉVALUATION ÉNERGÉTIQUE DES BÂTIMENTS D'HABITATION	▼
CHAUFFE-EAU SOLAIRES COLLECTIFS À APPONTS INDIVIDUALISÉS (CESCAI) - LES RISQUES SANITAIRES ET DE BRÛLURE	▼
CHAUFFE-EAU SOLAIRES COLLECTIFS AVEC STOCKAGE EN EAU MORTE - CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT	▼
CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT DES VOLUMES TAMPONS	▼
CONSOMMATIONS ET PERFORMANCES RÉELLES DES POMPES À CHALEUR	▼
EVALUATION RISQUES PATHOLOGIES LIÉES À L'HUMIDITÉ (POUTRES ENCASTRÉES DANS UN MUR EXTÉRIEUR AVEC ITE)	▼
LE CONFORT DES INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE DIVISÉ AU BOIS	▼
LES POMPES À CHALEUR AVEC INVERTER	▼
PAC GÉOTHERMIQUES : ANALYSE DE DIFFÉRENTES TECHNIQUES DE CAPTEURS ENTERRÉS	▼

Tâche 1.1 / Choix des couples « geste de rénovation/défauts »

PERFORMANCES DES PUIITS CLIMATIQUES - SUIVIS INSTRUMENTÉS ET SIMULATIONS	▼
POINTS DE DIVERGENCE ENTRE LES CARNETS MINIFIL ET LES RÈGLES DE L'ART - SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE	▼
POMPES À CHALEUR GÉOTHERMIQUES - LES OPÉRATIONS DE FORAGE ET LIMITES DE PRESTATIONS	▼
PRODUCTION D'EAU CHAUDE SANITAIRE EN INDIVIDUEL - PERFORMANCE DES APPAREILS DOUBLE-SERVICE	▼
QUALITÉ TECHNIQUE DES INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE DIVISÉ À GRANULÉS AVEC RÉSEAU D'AIR CHAUD	▼
RETOURS D'EXPÉRIENCES (REX) BÂTIMENTS PERFORMANTS & RISQUES - VERSION 3	▼
STRATÉGIE DE RÉNOVATION	▼
SUIVIS INSTRUMENTÉS DE 20 CHAUFFE-EAU THERMODYNAMIQUES EN MAISON INDIVIDUELLE	▼
TOITURES ÉTANCHÉES AVEC ÉLÉMENTS PORTEURS EN ACIER	▼
VENTILATION DOUBLE FLUX - PERFORMANCE ET RETOUR D'EXPÉRIENCES	▼
VENTILATION DOUBLE-FLUX - SOLUTIONS DE DIFFUSION D'AIR	▼

Les documents de travail : Ce sont des embryons de recommandations techniques ou de guides, mais qui n'ont pas évolué vers ce statut dans le cadre de RAGE. Du coup, ils n'ont pas la valeur de ces derniers documents mais peuvent cependant être exploités à titre indicatif. Cette catégorie ne comporte que 2 documents : Inspection par caméra IR de l'enveloppe du bâtiment et Veille sur les technologies émergentes des équipements (pas de bâti).

On trouve aussi (normalement, mais ça ne semble pas si simple) sur le site <https://reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr/> l'ensemble des documents précédents et des « recommandations pédagogiques », qui sont des documents destinés à alimenter les formations professionnelles et initiales sur les éléments nouveaux contenus dans les recommandations professionnelles et les guides produits par le programme RAGE.

DOCUMENTS SUR LE SITE DE L'ANAH

L'ANAH propose sur son site des fiches techniques par type d'ouvrage (c'est du moins ce qu'annoncent les fiches de l'AQC), mais il paraît impossible d'accéder à ces fiches techniques via le site de l'ANAH <http://www.anah.fr/>.

Il y a par contre pas mal de documents sur les copropriétés, le maintien à domicile. Il semble que tous les documents en ligne sont accessibles sur l'onglet médiathèque puis publications. Cependant, les fiches techniques n'y sont pas.

AUTRES DOCUMENTS SUR LE SITE AQC :

Des articles (extraits de la revue QUALITE CONSTRUCTION, publication de référence de l'AQC) à éplucher en ligne à l'adresse <http://www.qualiteconstruction.com/nos-ressources> (un moteur de filtrage permet d'isoler les publications par thème, par public, etc...)

Des fiches « pathologie » (uniquement consultables en ligne) <http://www.qualiteconstruction.com/categorie-fiche/227>.

Dans la rubrique toitures :

Tâche 1.1 / Choix des couples « geste de rénovation/défauts »

Fiche C9 Transformation d'une charpente pour aménagement de combles.

Fiche C10 Ecrans de sous-toiture : désordres possibles d'infiltrations.

Dans la rubrique enveloppe :

Fiches D2 et D3 sur les infiltrations d'eau par les parties basses des menuiseries.

Fiche D6 sur les pathologies de l'ITE.

Dans la rubrique aménagements intérieurs :

Fiche F03 Infiltrations d'air parasite.

Dans la rubrique gros-œuvre :

Fiche B11 sur les remontées capillaires

La référence suivante donne la liste des fiches techniques.

<http://www.qualiteconstruction.com/node/933>

Une collection « Rénover son habitation » sous forme de fichiers PDF. La liste à jour apparaît en tapant « AQC rénover son habitation » sur Google. Ce sont des petits guides grands publics (quelques pages) qui mettent en lumière les grandes questions à se poser. On y trouve :

Les clés d'une rénovation de qualité

Rénovation d'une façade

Aménager ses combles

Il y a aussi une collection « avant de rénover » (que l'on peut aussi lister sur Google avec le même procédé). On y trouve :

Planchers, charpentes, murs

Les aspects extérieurs et leur environnement

Et puis beaucoup de documents sur la rénovation en général :

Rénovation performante par étapes (par exemple)

Par ailleurs, l'Agence Qualité Construction a mis en place en 2010 un « Dispositif REX Bâtiments performants » (REX BP) dont l'AQC a permis l'accès à l'intégralité de l'enquête. Cette étude est très riche et il a été décidé de l'étudier en profondeur suivant deux méthodologies distinctes.

3. Analyse de la Base AQC

L'Agence Qualité Construction a mis en place en 2010 un « Dispositif REX Bâtiments performants » (REX BP). Au sein de ce dispositif, une enquête a permis de recenser pendant 9 ans des retours d'expérience des professionnels et usagers du bâtiment (maîtres d'ouvrages, architectes, bureaux d'études, artisans, occupants, exploitants) sur des actions de construction ou rénovation de bâtiment. Les enquêtes [réalisées, via des visites de bâtiments \(1400 bâtiments visités\) et des rencontres avec les acteurs des projets \(3500 acteurs rencontrés\)](#), ont permis d'alimenter une base de données recensant des défauts et impacts observés pendant les travaux, après la réception ou plusieurs années après les travaux pendant la phase d'exploitation du bâtiment [\(54% en neuf et 46% en rénovation\)](#). Une extraction de cette base a été mise à disposition du consortium de SMART RENO afin d'identifier, parmi les 1842 cas décrits, les défauts les plus observés et les plus impactants. Pour cela, deux méthodes ont été utilisées.

Remarque : nous savons déjà que les défauts qui seront testés en laboratoire puis modélisés, seront rattachés aux éléments techniques suivants du bâtiment : menuiseries, isolation toiture, isolation thermique par l'extérieur, isolation thermique par l'intérieur. La base de données nous permettra de choisir une typologie de défaut plus précise.

Tâche 1.1 / Choix des couples « geste de rénovation/défauts »

3.1 ANALYSE DE LA BDD AQC PAR LES IMPACTS

La première analyse a consisté à prendre le fichier fourni par l'AQC sans prétraitement, à recenser les impacts observés dans tous les cas (colonne « Type d'impact »), et à reclasser l'ensemble des défauts selon le critère « impacts ».

1. Première étape de sélection de cas : selon le type d'impact

Nous avons pu identifier une première sélection de cas dont les impacts sont bien cohérents avec notre sujet d'étude :

- **Perte de performance enveloppe**
- **Défaut d'étanchéité à l'air**
- **Inconfort thermique et risque pour la durabilité de l'élément** : conservé en cas de défaut diminuant la capacité de l'élément à réduire les pertes thermiques de l'enveloppe
- **Risque pour la qualité sanitaire ou la qualité de l'air intérieur** : conservé dans un premier temps dans le cas où un lien pourrait être fait avec le Volet 3 de SMART RENO
- **Condensation**
- **Surconsommation**
- **Surcoût** : conservé en cas d'identification de défaut entraînant un surcoût de la consommation en chauffage/climatisation du bâtiment
- **Défaut d'étanchéité à l'eau** : conservé en cas de défaut diminuant la capacité de l'élément à réduire les pertes thermiques de l'enveloppe

Les cas correspondant aux autres impacts ne sont pas conservés.

Tous les cas identifiés ont été recensés de manière synthétique dans 8 tableaux « impacts ». Voici un exemple ci-dessous :

Perte de performance enveloppe					
Element technique	(Appartenance) Description	Détail (origine) du défaut	SAISONS / COUVERTURES / TOITURE	Détail impact et les solutions proposées	Remarque
Acrotère	(MeO) La couverture en bois qui recouvre l'acrotère	(exécuté) l'entreprise (SOPREMA) a tardé à mettre le me		couverture dégradée au contact de l'eau (couverture changée)	
Charpente bois massif	(exploitation après 2 ans) Appartenance de traces d'eau	(exécuté) Un rongeur a percé le pare pluie en toiture poi		Il y a un risque pour que l'isolant soit humide et perdre ses propriétés isolan	
Charpente métallique	(MeO) Il y a des infiltrations d'eau par le toit.	(exécuté) L'entreprise en charge du lot couverture a per		Installer un modèle de gaineau solaire adapté à la toiture.	
Couverture en grands éléments (fibre)	(MeO) Dès la mise en oeuvre du bac acier en toiture.	(Exécuté)		Dès la mise en oeuvre du bac acier en toiture, une fuite a été observée. Il au	traitement de non qualité Pendant la deuxième an
Couverture en petits éléments (ardo)	(I) Déjà des eaux constatés dans la cuisine en nou	(I) Exécuté		1) Suite au sinistre, on peut s'interroger sur le fait que l'isolant aura la	traitement de non qualité Pendant la deuxième
Toiture terrasse	(MeO) Le toit a pris feu sur l'une des trois tours. En eff	(comportement usagers)			
Toiture végétalisée	(I) Appartenance de traces d'eau dans la cuisine et da	(I) Mauvaise pose de la membrane EPDM par		1) Il y a également un risque quant aux performances thermiques de	1) traitement de non qualité pendant la première
FAÇADE : REVETEMENT & ELEMENT particulier (balcons, garde-corps...)					
Balcon métallique	(concept) Des balcons à la française sont fixés directe	(exécuté)		Défaut d'homogénéité de l'isolation et création de pont thermique qui eng	traitement de non qualité Pendant le chantier
Barriage bois	(I) Problème d'étanchéité à l'eau au niveau des tab	(exécuté) l'entreprise chargée de l'ITE et des enduits de		Dégradation de l'isolant sous le bardage.	Cette partie des travaux aurait dû être traitée par
Élément de façade rapporté (autre)	(I) (MeO) Pas de liaison thermique entre l'ITE et la voi	(I) (concept) l'ITE s'arrête juste avant l'élément		1) Il existe, à cet endroit, une rupture de l'isolation par l'extérieur et le mur	1) traitement de non qualité Pendant le chantier
Enduit	(I) (exploitation après 2 ans) Enduit de façade présen	(I) Exécuté		1) L'enduit ainsi décollé peut engendrer une perte de performance de	2) Correction non faite pour le moment
Panneau de façade	(I) (concept) Le choix des façades rideaux à rendu enu	(I) (concept)		1) L'entreprise a repris les joints. Le niveau de qualité est à tester dans	1) traitement de non qualité Pendant le chantier
Revêtement naturel (terre crue, etc)	(I) Des fissures sont apparues sur l'enduit de finition	(caractéristiques propres du produit) Les murs en terre		poser une couche d'enduit avec plus de chaux dans son mélange	
Véture	(MeO) Pluie. Les constructeurs se sont re	(produit) Le pare pluie n'est pas complètement étanché		1) L'isolant en laine de bois situé sous les appuis des fenêtres a été dégradé ca	1) traitement de non qualité Pendant le chantier Pro
ISOLATION & étanchéité à l'air					
Autres isolants (sous vide, aérogels)	(MeO) De la mousse expansive a été utilisée au niveau	(exécuté) Formation et compétence des entreprises/ou		1) Cela engendre une perte de performance de l'enveloppe.	3) traitement de non qualité Pendant le chantier
Autres	(I) (MeO) Le test d'étanchéité à l'air a montré une inf	(I) Exécuté			
Flocage	(I) (MeO) Le flocage de plancher bas n'a pas été fait de	(I) Exécuté) défaut d'exécution de l'entreprise.		1) création de pont thermique au niveau des sous épaisseurs d'isolants	1) Il existe des buses adaptées pour aller dans les
Isolants biosourcés (autres...)	(I) (exploitation après 1 an) Pour anticiper le tasseme	(I) Caractéristiques propres au produit		1) En se tassant l'isolant vertical crée un pont thermique. La coupe de	1) traitement de non qualité Pendant la première
Isolation dalle & plancher bas	(I) (MeO) La poutrelle en béton armé du sous sol n'es	(I) (concept) l'isolation de la poutrelle en béton n'a pas		1) La poutre non isolée constitue un pont thermique à l'échelle de	1) traitement de non qualité Pendant le chantier
Isolation portes entrées	(I) (concept) l'isolation des sous-sollements est discor	(I) (progra)		1) l'absence d'isolation au niveau des seuils présente un pont thermique	4) Ce pont thermique aurait facilement pu être évit
Isolation plancher haut	(I) (MeO) Différence d hauteur de l'isolant en laine de	(I) Exécuté		1) Les endroits concernés (ou la hauteur de l'isolant en vrac) n'est pas	2) traitement de non qualité Après 2 ans
ITE en isolant bio-sourcé	(I) (MeO) L'isolant en fibre de bois posé sur la toiture	(I) Défaut de coordination des acteurs) Un mauvais		1) L'eau présent dans l'isolant provoque une perte de performance de	5) On peut s'inquiéter de l'état de la panne juste
ITE en laine minérale	(I) (MeO) Le repérage de la hauteur n'a pas été réali	(I) Exécuté) l'entreprise n'a pas correctement préparé		1) La hauteur d'isolant ne pourra pas être contrôlée.	9) le défaut a été détecté au test à la caméra
ITE en plastiques alvéolaires	(I) (test d'étanchéité à l'air) Les tests d'étanchéité in	(I) Exécuté		1) Corrections effectuées sur chantier. Test final à 0.53	1) traitement de non qualité Pendant le chantier
ITI toiture	(I) (MeO) L'isolation des rampants de la toiture est fai	(I) Exécuté) L'entreprise a prévu des panneaux d'isolant		1) Les chevrons créent des ponts thermiques intégrés. (mettre en place	2) traitement de non qualité pendant le
Laine de bois (panneau)	(I) (MeO) Absence de retour d'isolant au niveau des	(I) Exécuté		1) Création d'un pont thermique.	3) Du à une procédure d'un voisin empêchant le
Laine minérale/laine minérale	(I) (MeO) Pour gêner l'humidité des parois, une prem	(I) (progra) Le choix du traitement de l'humidité n'est		1) Le percement des parois accentue la mauvaise étanchéité à l'air de	3) traitement de non qualité Pendant le chantier
Membrane d'étanchéité à l'air	(I) (test d'étanchéité à l'air) Des fuites d'air ont été n	(I) Exécuté) La jonction entre la trémie et le bloc		1) De la mousse expansive a été mise en oeuvre et le contrôle final de	1) traitement de non qualité Pendant le chantier
Quate de cellulose soufflée	(I) (MeO) Les caractéristiques de la machine utilisée	(I) Exécuté) l'entreprise qui a réalisé le soufflage n'a pas		1) La répartition de la ouate dans les combles n'était pas uniforme. La	6) Le phénomène de glissement de la ouate n'a pas
Plastique alvéolaire	(I) (MeO) Lors de l'isolation du garage, des ponts thermi	(exécuté) L'isolant a été découpé afin de conserver l'em		1) découper l'isolant sur un point précis, un pont thermique va être cré. Ce	Afin d'éviter l'isolation sur des points singuliers.
Rupteur pont thermique	(I) (I) La jonction entre le mur extérieur, le planche	(I) (concept) Le choix d'isoler par l'intérieur n'était pas		1) Pont thermique non traité (grande surface dépenditive)	
MENUISERIE / OCCUPATION					
Autres	(I) (I) Trois trappes de désenfumage viennent cour	(I) (concept) L'importance de la surface d'exposition de		1) inconfort hygrothermique tant l'été que l'hiver	2) Manque de choix dans les magasins. Manques d'
Fenêtre & porte-fenêtre double vitr	(I) (test d'étanchéité à l'air) Les menuiseries en bois n	(I) Exécuté		1) Les tests d'étanchéité ont permis de se rendre compte des fuites aux	1) traitement de non qualité pendant le chantier
Fenêtre & porte-fenêtre triple vitr	(I) (concept) L'organisation globale des bâtiments n'es	(I) (concept)		3) Le triple vitrage n'est plus aussi performant car il y a une légère fuite	1) traitement de non qualité Pendant la première
Fenêtre de toit/Fenêtre de toit	(I) (I) Le revêtement de l'encadrement de la trappe	(I) Exécuté) L'étanchéité à l'air de l'ouvrant n'est pas		2) La trappe a été conservée dans son jus d'origine. L'air froid continue à	3) traitement de non qualité pendant le chantier
Menuiserie extérieure autre	(I) (MeO) L'isolant du volet roulant présente des tra	(I) Exécuté) Défaut de stockage : les produits sont		1) L'isolant risque de se dégrader (pourriture).	
Menuiserie intérieure	(I) (MeO) L'accès à la cave est en lien direct avec le lo	(I) Exécuté) Une petite fuite au droit du bâti existant n'a		1) Une légère fuite dégrade la performance énergétique de l'opération.	3) En solution correctives, on privilégie la mise en
Porte d'entrée/Porte d'entrée	(I) (I) Pour que la porte d'entrée puisse s'ouvrir et se	(I) Exécuté) Problème de niveau du plancher final : une		1) La porte n'est plus étanche à l'air vu que le joint n'est plus comprimé. Le	
Store	(exploitation après 1 an) Une fenêtre d'une cuisine o	(concept)		Afin de réduire que l'occupant positionne à l'extérieur de sa fenêtre.	
Volet battant/volet battant	(exploitation après 1 an) Après la réalisation des trav	(concept)		Afin de poser les volets, il a fallu percer l'ITE et rattraper le parpaing, du la	
Volet roulant (coffre inclus)	(I) (concept) Le câble du CVR électrique crée un pont	(I) (concept) conception ou exécution		1) pont thermique	

Figure 1 : exemple de réorganisation des cas par tableau « impact »

On retrouve les informations suivantes : rangement des cas observés par paquets de « lot technique » (toiture, façade, isolation/étanchéité à l'air, menuiseries), puis pour chaque pour chaque ligne du tableau synthétique

- Colonne 1 : détail du lot technique concerné

Tâche 1.1 / Choix des couples « geste de rénovation/défauts »

- Colonne 2 : description du défaut, et quand il a été observé
- Colonne 3 : détail du défaut (lorsqu'il est décrit)
- Colonne 4 : détail de l'impact / solutions proposées (lorsqu'il y en a)
- Colonne 5 : remarques particulières (lorsqu'il y en a)

Donc, par exemple, on retrouvera dans une même ligne : tous les défauts relatifs à « l'ITE en laine minérale » ayant un impact de type condensation.

Condensation				
Element technique	(Apparition)/Description	Détail (origine) du défaut	Détail impact et les solutions proposés	Remarque
CHARPENTE / COUVERTURE / TOITURE				
Charpente bois massif	(MeO) Les combles sont isolés	(exécu) Pour effectuer la continuité d'	En chantier, la jonction solive/membrane d'étanché	
FAÇADE : REVETEMENT & ELEMENT particulier (balcons, garde-corps...)				
Balcon métallique	(concept) Plusieurs éléments de f	(concept) Les choix des systèmes mis e	Chaque percement crée un pont thermique ponct	
Elément de façade rap	(1)(MeO) Pas de liaison thermiqu	(1)(concept) L'ITE s'arrête juste avant	(1) Il y a également des risques que se forme de la	
Enduit	Exploitation (après 2 ans)Lors de	(exécu) La succession des enduits non	Expertise en cours	
ISOLATION & Etanchéité à l'air				
Flocage	(MeO) Les problèmes sont appar	(exécu) L'opération de flocage qui a	Dégager l'ensemble des grilles de ventilation par	
Isolants biosourcés (au	(1)(progra)Le pont thermique au	(1)(concept)	(1) L'absence de traitement au niveau de cette	(1) Pour plus d'informations (impacts,
Isolation dalle & planch	(1)(concept) Le traitement du pont	(1) Réglementaire, norme, assurance	(1) Ce pont thermique représente un point	
Isolation parties enterr	(1)(progra) Absence d'isolation e	(1)(progra)	(1) Ce pont thermique représente un point froid	
Isolation plancher hau	(1)(concept) Isolation en ouate de	(1)(concept)	(1) Risque de condensation en cas de forte	
ITE en isolant bio-sourc	Exploitation (après 2 ans)Apparit	(concept) L'entreprise réalisant les trav	Le pont thermique crée un point froid où il y a form	On peut s'inquiéter de l'état de la pan
ITE en laine minérale	(1)(MeO) Absence d'isolation en	(1)(progra)	(1) Risque de condensation sur les surfaces	(9) Légende de la photo ci-dessous : th
ITE en plastiques alvéol	(1)(MeO) Absence de retour d'is	(1)(exécu)	(1) Ces zones non isolées représentent des	(2) Ce type de solutions induit un
Laine de bois (panneau	(1)(MeO) Absence de retour d'is	(1)(exécu)	(1) Le phénomène de condensation se produit sur	
Membrane d'étanchéité	(1)(progra) Le choix de ce type de	(1)(concept)	(1) L'utilisation d'une membrane de type pare-	(3) Privilégier des œillets adhésifs
Ouate de cellulose souf	(1)(MeO) Les caissons d'insufflat	(1)(exécu) Si les caissons	(1) Suite au tassement de l'isolant, la partie haute	

(1)(MeO) Absence d'isolation en sousbassement.

(2)(MeO) Le nouvel isolant a été posé pour une partie durant l'hiver et exposée à toute la période pluvieuse avant d'être recouvert de son parement.

(3)(progra) Le pont thermique au niveau du balcon n'a pas été traité. L'isolation s'arrête au niveau des 2 faces du balcon sans avoir un retour d'isolant.

(4)(concept) L'isolation des sousbassements est discontinue au niveau des seuils béton des portes d'entrées.

(5)(concept) La structure initiale est en murs de refend puis dalles les rejoignant. Les murs de refend dépassent de la façade, mais l'ITE installée est plane, si bien que de les endroits couvrant les murs de refend sont moins isolés que le reste de la façade.

(6)(MeO) La mise en œuvre de l'ITE n'est pas suffisamment soignée.

(7)(MeO) Des percements pour passage de câble électrique de l'enveloppe n'ont pas été rebouchés.

(8)(1*) Source thermographie : constat de nombreuses irrégularités thermiques de l'enveloppe.

(1) L'isolant a été dé

(2) L'immeuble n'

(3) M

(4) oduit

(5) Il semblerait qu

(6) mauvais étanc

(7) Probablement

(1) Risque de condensation sur les surfaces froides.

(2) La mise en œuvre d'un isolant humide peut causer un développement de moisissures au sein la paroi.

(3) Ce balcon non traité représente un pont thermique linéaire, cette zone peut devenir l'endroit idéal pour la condensation des flux d'air chaud.

(4) Le pont thermique crée au niveau des seuils de porte favorise les phénomènes de concentration de flux de chaleur, mais aussi les phénomènes de remontées capillaires.

(5) L'isolation est irrégulière et les points de rosées risquent de ne pas être les mêmes non plus.

(6) De la condensation pourra apparaître dans ces zones froides.

(7) Ce type de mal façon en isolation par l'extérieur peut créer des problèmes de condensation avec l'apparition de points de rosée.

(8) surconsommation / risque de condensation(Formation des entreprise à la pose soignée des éléments ossature bois et isolant)

Figure 2 : détail de deux cellules du tableau de synthèse de l'impact « condensation »

Pendant l'enquête menée par l'AQC, il est possible de décrire un REX en plusieurs cas dans la BDD AQC car un diagnostic sur un cas et un lot technique peut donner plusieurs types de désordres différents. Cette proposition de lecture ne s'affranchit pas des doublons de cas initialement présents dans le fichier AQC. Mais nous nous concentrons ici sur une lecture à partir des impacts. Selon cette observation, nous pouvons observer la représentativité des impacts avec leur répartition selon les lots techniques selon le tableau suivant :

	Couverture	Façade	Isolation	Menuiserie	Autres
Perte de performance enveloppe (24%)	4%	5%	63%(186 cas)	20%(59cas)	8%
Défaut d'étanchéité à l'air (21%)	2%	2%	43%(108cas)	46%(115cas)	7%
Inconfort thermique (16%)	2%	2%	20%(40cas)	69%(127cas)	7%
Risque pour la durabilité de l'élément (14%)	15%	26%	25%	15%	19%
Défaut d'étanchéité à l'eau (7%)	32%	18%	12%	25%	13%
Condensation (6%)	1%	8%	68%(52cas)	9%	14%(11cas)
Surcoût (4%)	9%	6%	15%	37%	33%
Surconsommation (4%)	0%	6%	47%(24cas)	39%(20cas)	8%
Risque pour la qualité sanitaire ou la qualité de l'air	2%	2%	35%(16cas)	41%(17cas)	20%

Figure 3 : répartition des cas dans chaque lot technique, et pour chaque type d'impact

Dans ce tableau, nous pouvons voir la représentativité des « lignes impacts » dans la BDD : chiffres en % entre parenthèses. Les impacts recensés montrent une forte domination des pertes de performance de l'enveloppe, des défauts d'étanchéité à l'air, de l'inconfort thermique et de la durabilité de l'élément technique par rapport aux autres impacts.

Tâche 1.1 / Choix des couples « geste de rénovation/défauts »

Pour chaque impact recensé dans la première colonne, on peut observer la répartition des cas dans chaque lot technique : chiffres en % dans les cases blanches et vertes. On observe, pour les 3 impacts les plus représentatifs, que les cas recensés sont surtout reliés à l'isolation et les menuiseries.

Lorsqu'on lit en détail le contenu des cas dans les tableaux « Risque pour la durabilité de l'élément », « Défaut d'étanchéité à l'eau » et « Surcoût » on voit que les cas ne concernent pas des problématiques relatives à la thermique du bâtiment. Ces impacts sont donc mis de côté pour la suite des travaux.

2. Deuxième étape de sélection de cas : selon la représentativité de l'impact et le type de défaut

Pour la suite de l'analyse, on se concentre sur les éléments surlignés en vert dans le tableau de la Figure 3. Pour chaque impact et lot technique conservés, on regarde en détail les types de défaut identifiés dans la base, ainsi que leur représentativité.

3.2 ANALYSE DE LA BDD AQC PAR L'ETUDE DE REPRESENTATIVITE ET CRITICITE

La seconde méthode a consisté à baser l'identification des défauts sur d'une part un prétraitement de la base de données (BDD) et d'autre part sur une analyse experte des défauts observés. L'objectif était de définir les configurations tests via une approche impact = Fréquence x Criticité.

La méthode de renseignement de la base repose sur une classification des observations suivant les lots et éléments techniques, le moment d'apparition (mise en œuvre, conception, exploitation...), origine (défaut d'exécution, défaut de conception...), et le type d'impact (inconfort thermique, risque pour la durabilité de l'élément). Le reste des informations liées à l'observation relève de l'enquêteur et de sa formulation.

Ainsi la description du défaut est libre de choix par l'enquêteur et n'est pas classifiée, cela a pour conséquence qu'une même situation peut être décrite de deux façons différentes pour un défaut identique. Par ailleurs, la description par l'enquêteur relève de son appréciation mais peut être interprétée différemment par un autre.

La première méthode sans prétraitement a donc pour conséquence de baser l'identification des défauts uniquement par le croisement des impacts et des lots techniques.

Dans la seconde méthode nous avons fait le choix de compléter ce croisement par l'identification pour chaque observation du défaut associé.

Pour se-ce faire, nous avons procédé à un enrichissement de la base afin de qualifier pour chaque observation le défaut originel, ce défaut originel étant issu d'une liste fixe de défauts jugés les plus représentatifs de la base. Les tableaux qui suivent montrent un exemple de défaut décrit selon la BDD originale puis le même exemple requalifié.

Tableau 1 - Champs présents dans la base avant enrichissement

LOT TECHNIQUE	ELEMENT TECHNIQUE	APPARITION	DESCRIPTION	ORIGINE	DETAIL ORIGINE	TYPE D'IMPACT	DETAIL IMPACT	SOLUTION PREVENTIVE OU CORRECTIVE
CHARPENTE / COUVERTURE / TOITURE	Toiture terrasse	Mise en œuvre	Le chaluveau de l'étanchéité est posé et dirigé vers le voile en bois.	Défaut d'exécution		Défaut de sécurité incendie		

Tâche 1.1 / Choix des couples « geste de rénovation/défauts »

Tableau 2 - Champs avec l'ajout d'une nouvelle information « description corrigée » qui correspond au choix d'un défaut représentatif de l'observation mais issu d'une liste de défauts classifiés.

CATEGORIE	TYPE D'EVENEMENT	LOT TECHNIQUE	ELEMENT TECHNIQUE	APPARITION	DESCRIPTION	DESCRIPTION CORRIGEE	ORIGINE	DETAIL ORIGINE	TYPE D'IMPACT
Non-conformité	Difficulté	CHARPENTE / COUVERTURE / TOITURE	Toiture terrasse	Mise en œuvre	Le chalumeau de l'étancheur est posé et dirigé vers le voile en bois.	Pratique étancheur non sécuritaire	Défaut d'exécution		Défaut de sécurité incendie

Au total les défauts génériques représentatifs de l'ensemble des observations de la base sont les suivants :

- Absence de dispositif d'évacuation d'eau sur menuiseries extérieures
- Absence de protections solaires sur zones critique
- Dysfonctionnement BSO
- Calepinage isolant non complet
- Défaut de réalisation pare-pluie
- Epaisseur d'isolant non efficiente sur jonctions structurales
- Etanchéité espace extérieur non fonctionnelle
- Infiltrations liaisons toitures terrasses/ voile extérieur
- Liaison ouvrant/ dormant non optimale
- Problématique de garde au sol du bardage
- Problématique de traitement des joints de dilatation
- Problématique pont thermique/ stratégie d'isolation
- Produit non étanche à l'air

L'avantage de procéder à l'ajout de ce champ pour chaque observation est de permettre une identification des défauts non plus uniquement par le lot et l'impact mais également par une description synthétique de l'origine.

A savoir qu'il n'était pas réalisable de procéder à une qualification de chacune des 1842 cas¹. Aussi nous avons procédé manuellement par notre expertise à la qualification de plus de 300 cas, le reste des cas ayant été traité par des algorithmes d'apprentissage basé sur le langage naturel.

Ce post traitement par algorithmes a pu très probablement introduire un biais étant donné que l'analyse effectuée par l'algorithme n'a reposé que sur un apprentissage d'environ 300 cas et qu'il en aurait fallu environ 1000 afin d'augmenter le degré de certitude. Une fois le travail de posttraitement complet de la base, nous avons pu faire ressortir le nombre de cas rencontré par défaut générique. C'est sur cette compilation que l'analyse croisée a été mise en œuvre.

Il s'agit d'associer pour chaque défaut générique non seulement la fréquence de cas rencontrés mais également la criticité par dire d'expert. C'est la combinaison des deux qui doit permettre de dégager les défauts les plus intéressants du point de vue de l'expérimentation échelle 1. On trouvera ci-après le tableau synthèse :

7

¹ A noter qu'une première analyse de la base a montré la présence de 474 doublons qui correspondent à un même défaut décrit mais associé à plusieurs impacts. Avec notre mode d'analyse cette répétition fausse l'occurrence des défauts.

Tâche 1.1 / Choix des couples « geste de rénovation/défauts »

Défaut générique TIPEE	Défaut générique reformulé	Types de défauts récurrents	Criticité	Réurrence selon classement TIPEE*	Avis terrain sur la criticité
Absence de dispositif d'évacuation d'eau sur menuiseries extérieures	Défaut de gestion de l'humidité dans les parois lors d'une opération de rénovation	- Problèmes de migration de vapeur d'eau (études inexistantes ou incomplètes)		54	Problèmes de pérennité et de performance des isolants. Ce sujet est très mal appréhendé par les professionnels (ce qui justifie SMARTRENO). Ce sujet est très récurrent sur la base de données, sous différentes formes (et souvent classé dans les autres sujets)
	Défaut de gestion des intempéries en façade	- Problèmes d'écoulement d'eau sur la façade entraînant des problèmes d'esthétique - Remontées capillaires sur ouvrages bois - Apparitions de fissures sur la structure liées au dilatations des matériaux			Ce sujet entraîne des problèmes de pérennité et d'esthétique mais pas de performance Ce sujet entraîne des problèmes de pérennité mais pas de performance Ce sujet entraîne des problèmes de pérennité mais pas de performance
Absence de protections solaires sur zones critique	Protection solaire absente ou inefficace	- Absence de dispositif de protection solaire après rénovation		95	Ce sujet impacte lourdement le confort, au-delà de la consommation. C'est un sujet très important, notamment avec le réchauffement climatique, objet de nombreuses expertises judiciaires que nous avons. La rénovation fait la part belle à la thermique d'hiver, souvent sans souci de la thermique d'été
		- Protection solaire inadaptée (lames trop fines, casquette trop courte, etc.) - Protections obligeant à une occultation totale			Il pourrait être intéressant de calculer quelle est la conso d'éclairage associée pour voir l'impact sur le consommateur
Dysfonctionnement BSO	Dysfonctionnement des occultations	- Détérioration ou problème de maintenance des BSO empêchant son fonctionnement		14	C'est un fait aujourd'hui, venant d'un dispositif technique exigeant. Au fond, quand le BSO ne fonctionne plus, on en revient au sujet précédent (absence de protection...)
		- Problèmes de fonctionnement des occultations			IDEM ci-dessus
Calepinage isolant non complet	Défaut de mise en oeuvre de l'isolation	- Isolant laissé aux intempéries		157 (dans cette catégorie, on retrouve de nombreux sujets liés à la migration de vapeur, donc à rapprocher du sujet 1)	C'est un sujet très important et qui pose question aujourd'hui à toute la filière, avec des réponses très variables selon les lobbys... La dégradation est semblable-t-elle évidente mais difficile à prouver sur la performance et donc difficile à argumenter auprès des artisans.
		- Défauts de mise en oeuvre de l'ITE (outils non adaptés, pose non continue ou non soignée entre plaques)			C'est un sujet très récurrent et lié à la formation des acteurs, à l'origine d'une dégradation importante des prévisions de performance
		- Pose d'isolant insufflé non adapté (outils non adaptés, non respect des règles de l'art)			Plus anecdotique à mon sens
Défaut de réalisation pare-pluie		On y retrouve des types de défauts imputés principalement au sujet 1 (problèmes d'écoulement d'eau en façade et de dégradation du revêtement extérieur face aux aux intempéries)		86	
Epaisseur d'isolant non efficiente sur jonctions structurelles	Difficulté de mise en oeuvre d'une isolation continue en rénovation	- Pont thermique lié à l'absence d'isolant sur les tableaux de menuiseries		120	La criticité est évaluée en fonction de notre ressenti et expérience sur la récurrence réelle. Vrais sujets liés à la configuration de l'existant et à la conception de pose du nouveau châssis ou des isolants. Ces ponts thermiques sont récurrents et à l'origine d'une dégradation de performance possiblement importante
		- Isolation du plancher bas discontinue (retombées de poutres, réseaux existants, etc.) ou inexistante			
		- Isolation des combles discontinue (refends non isolés, insufflation non homogène, etc.)			
		- Pas d'isolation des soubassements enterrés			
		- Absence de continuité de l'isolation par l'intérieur au niveau des planchers intermédiaires			

Tâche 1.1 / Choix des couples « geste de rénovation/défauts »

Etanchéité espace extérieur non fonctionnelle	A rapprocher du sujet 3 dans un sujet générique : "Dysfonctionnement des occultations"	- Problèmes de fonctionnement des occultations		81	
		Les autres défauts sont très disparates et non hiérarchisables dans cette catégorie (problèmes de coûts, réservations au mauvais endroit, hérissons submergés, problèmes de mise en oeuvre de pare-vapeur, etc.)			
Infiltrations liaisons toitures terrasses/ voile extérieur	Infiltrations en rive de toiture	- Infiltrations d'air à la liaison mur/ toiture		89	Ces infiltrations constatées sont la conséquence du bâti existant et non d'une non-conformité de l'acte de rénovation. Elles sont par ailleurs peu récurrentes dans la base de données.
		- Dysfonctionnements et mauvaises mises en oeuvre sur les chéneaux et gouttières			Ces sujets sont bien réels mais leurs répercussions sont plus en termes de pérennité et de sinistralité que de performance.
		- Infiltrations d'eau par le toit/ problèmes d'étanchéité (notamment toiture végétalisée)			
Liaison ouvrant/ dormant non optimale	A rapprocher du sujet 3 dans un sujet générique : "Dysfonctionnement des occultations"	- Problèmes de fonctionnement des occultations		487	
	Déterioration et défaut de mise en oeuvre des menuiseries	- Pose de la menuiserie (porte ou fenêtre) empêchant son bon fonctionnement			Ce défaut de fonctionnement a principalement des conséquences sur l'usage, mais peu sur la performance, même s'il est souvent lié à un acte de rénovation
		- Défauts d'étanchéité à l'air de la jonction menuiserie/ bâti après changement de la menuiserie			Ce sujet est récurrent (nombreux sujets d'expertises) et source de nombreux inconforts après rénovation, surtout lorsqu'on s'attend à une qualité irréprochable au regard de l'ancien. Attention cependant à la sur représentation de ce défaut en raison des habitudes des mesureurs.
	- Déterioration des menuiseries suite aux intempéries (vent notamment)		Sujet qui n'est pas propre à la rénovation		
Problématique de garde au sol du bardage	Dégradation du bardage	-Problématiques de dégradation esthétique du bardage pour différentes raisons		52	Sujet qui n'est pas propre à la rénovation et qui a un impact majoritairement esthétique
Problématique de traitement des joints de dilatation		Les défauts sont très disparates et non hiérarchisables dans cette catégorie		49	Le sujet des joints de dilatation n'est pas imputable à la maison individuelle
Problématique pont thermique/ stratégie d'isolation	A rapprocher du sujet 5 dans un sujet générique : "Difficulté de mise en oeuvre d'une isolation continue en rénovation"	- Problèmes de ponts thermiques notamment en soubassement Les défauts sont très disparates et non hiérarchisables dans cette catégorie		158	
Produit non étanche à l'air	Défaut d'étanchéité à l'air des produits	- Défaut d'étanchéité à l'air des produits de quincaillerie de serrurerie		9	Il s'agit d'un problème récurrent mais minime à l'échelle de la perte de performance pouvant être entraînée par d'autres sujets Sujet récurrent dans les faits et pouvant créer de l'inconfort thermique, souvent associé à des problèmes de pose (joints non jointives, entrées d'air mal réglées).
		- Défaut d'étanchéité à l'air des coffres de volets roulants			

Tâche 1.1 / Choix des couples « geste de rénovation/défauts »

Les Récurrences du tableau sont à utiliser avec précaution car de nombreuses lignes ne sont pas réellement imputables au sujet concerné (entre 30 et 70% selon les sujets).

Les dires d'expert ont été confiés au Bureau d'études thermiques Wigwam. Une coloration « étanchéité à l'air » est également évidente de par leur compétence reconnue et recherchée sur le sujet. Dans la figure ci-dessus les lignes grisées correspondent à des sujets non analysés par dires d'expert car hors du champ de compétences.

En conclusion, ce croisement entre fréquence et criticité a fait ressortir le stockage des isolants aux intempéries durant la phase chantier comme un défaut qui nécessite une attention particulière du point de vue de la configuration échelle 1. C'est par conséquent le choix de configuration de défaut retenu pour une mise en œuvre sur l'équipement façade test de la Plateforme Tipee.

4. Choix des défauts étudiés dans le cadre du Programme

Sur la question de l'isolation, les défauts sont surtout liés à l'absence d'isolation (ex. : enveloppe non isolée sur une partie de la paroi), au manque d'isolation (ex. : épaisseur plus faible installée que celle demandée), ou à la non continuité d'isolation (ex. : panneaux isolants non jointifs). Le manque d'isolation n'est pas retenu car la performance de l'isolation se joue sur les premiers centimètres. L'impact d'un manque d'isolation sera donc moindre que l'absence ou la non continuité.

L'impact du non traitement de la jonction entre l'isolant et le bâtiment est important. Il peut même annuler l'isolation du mur, comme dans le cas où l'air froid contourne l'isolant pour aller du côté « chaud ».

On retient aussi le cas de la mise en œuvre d'isolants humides, qui présente un taux de criticité très élevé, lorsqu'ils ont été laissés aux intempéries avant la pose. On retrouve ce cas de figure sur des chantiers où les isolants seront stockés à l'extérieur sans protection suffisante pendant un temps conséquent, ou, dans le cas d'une isolation par l'extérieur avec une attente longue avant la pose de l'enduit ou du parement de finition.

On observe aussi une forte question sur les problèmes d'étanchéité (à l'air, à l'eau) de l'enveloppe, côté extérieur ou intérieur de l'isolant.

En particulier, on observe des cas où la pose d'une trappe d'accès à des combles non aménagés génère des défauts d'étanchéité (pas de joint d'étanchéité), ou des défauts d'isolation (trappe non isolée). On sait qu'il y a un impact sur les déperditions du bâtiment et sur le confort des occupants, sans être en mesure de le calculer aujourd'hui.

Un deuxième cas de défaut d'étanchéité observé est l'impact d'un défaut d'étanchéité d'isolation sous toiture, avec des infiltrations d'eau et d'humidité au niveau d'un isolant de type laine minérale.

Enfin, étant donnée la représentativité des actions de rénovation sur les menuiseries, il nous paraît important de réaliser un essai sur un défaut de pose pouvant être observé. Nous proposons un cas d'infiltration d'air entre une menuiserie et le bâtiment ou le cadre existant, qui aura un impact direct sur les déperditions de chaleur du bâtiment et le confort thermique.

Les défauts choisis pour les essais expérimentaux sont les suivants :

- **Défaut de mise en œuvre : jonction d'isolation thermique par l'extérieur (BESTLAB)**
- **Planification de chantier : pose d'un parement extérieur sur un système d'ITE mouillé (pluie) (TIPEE)**
- **Planification de chantier : pose d'un parement extérieur sur un système d'ITI (réflexion en cours) mouillé (pluie) (TIPEE)**
- **Défaut de mise en œuvre : étanchéité et isolation d'une trappe d'accès à des combles perdus (BESTLAB)**
- **Défaut de mise en œuvre : étanchéité sous toiture de combles isolés (BESTLAB)**

Tâche 1.1 / Choix des couples « geste de rénovation/défauts »

- Défaut de mise en œuvre : étanchéité sur des menuiseries de fenêtre (BESTLAB)

1. Défaut jonction d'isolation thermique par l'extérieur

Type d'essai : comparaison d'une mise en œuvre sans défaut à une mise en œuvre avec défaut

Lieu de l'essai : laboratoire BESTLab (EDF Lab Les Renardières 77) – 2 cellules parois verticales orientées au Sud



Figure 46 : position des cellules utilisées du laboratoire BESTLab, schéma de principe de l'installation

Types de défauts testés : jonction avec le bâtiment non traitée → circulation d'air autour de l'isolant
Objectifs : compréhension des phénomènes thermiques (fuites d'air, risque de condensation...),
détermination des coefficients U ($W/m^2/K$) et ψ ($W/m/K$), mesure de l'impact sur les consommations
en chauffage/climatisation.

→ Bilans énergétiques, sondes de températures d'air et de surfaces, hygromètres etc.

2. Système d'isolation thermique par l'extérieur mouillé

Type d'essai : mesure de l'évolution du comportement thermique d'un isolant mouillé et comparaison
avec un isolant sec.

Lieu de l'essai : Façades test Tipee (La Rochelle) – 1 cellule paroi verticale orientée au Sud

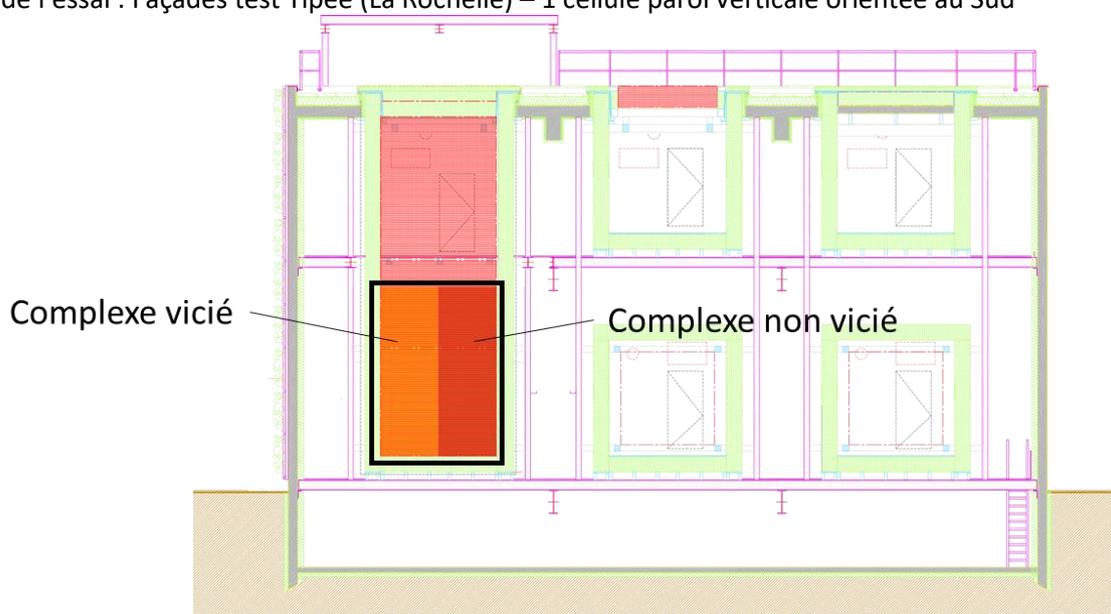


Figure 56 : localisation de l'essai sur la façade test Tipee, schéma de principe de l'installation

Types de défauts testés : mise en œuvre de matériaux d'isolation hygroscopiques suite à leur
exposition à des épisodes hydriques lors des phases chantier

Objectifs : évaluation de la perte de performances, compréhension des phénomènes thermiques
(risque de condensation...), détermination des coefficients U ($W/m^2/K$) et ψ ($W/m/K$), identification
numérique de l'impact sur les consommations en chauffage/climatisation.

Tâche 1.1 / Choix des couples « geste de rénovation/défauts »

→ Sondes de températures d'air et de surfaces, hygromètres etc.

La démarche expérimentale derrière cette campagne d'essai est basée sur le suivi de paramètres physiques à l'intérieur des 2 complexes de façades avec des conditions aux limites identiques. L'identification de l'effet sur le bilan thermique de la cellule ne sera effectuée numériquement.

3. Défaut étanchéité et d'isolation sur une trappe d'accès à des combles perdus

Type d'essai : comparaison d'une mise en œuvre sans défaut, représentée ici sans trappe, à une mise en œuvre avec défaut, avec la trappe

Lieu de l'essai : laboratoire BESTLab (EDF Lab Les Renardières 77) – 2 cellules combles orientées au Sud



Figure 64 : position des cellules utilisées du laboratoire BESTLab, schéma de principe de l'installation

Types de défauts testés : étanchéité de l'ouverture de la trappe, isolation de la trappe

Objectifs : compréhension des phénomènes thermiques (fuites d'air...) et mesure de l'impact sur les consommations en chauffage/climatisation.

→ Bilans énergétiques, sondes de températures d'air et de surfaces etc.

4. Défaut étanchéité sous toiture de combles isolés

Type d'essai : comparaison d'une mise en œuvre sans défaut à une mise en œuvre avec défaut

Lieu de l'essai : laboratoire BESTLab (EDF Lab Les Renardières 77) – 2 cellules combles orientées au Sud

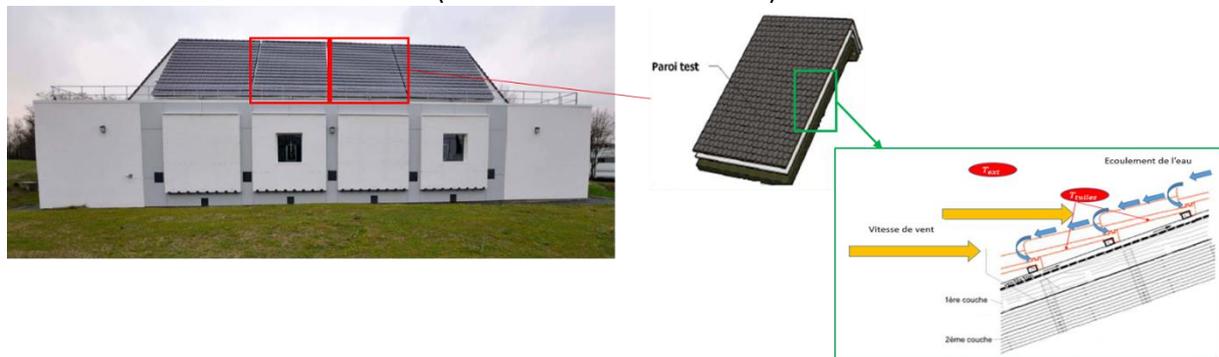


Figure 75 : position des cellules utilisées du laboratoire BESTLab, schéma de principe de l'installation

Types de défauts testés : défaut de pose sur membrane d'étanchéité sous toiture, infiltration d'air et d'eau

Objectifs : compréhension des phénomènes thermiques (fuites d'air, taux d'humidité dans l'isolant...) et mesure de l'impact sur les consommations en chauffage/climatisation.

→ Bilans énergétiques, sondes de températures d'air et de surfaces, hygromètres etc.

5. Défaut étanchéité sur des menuiseries de fenêtre

Type d'essai : comparaison d'une mise en œuvre sans défaut à une mise en œuvre avec défaut

Lieu de l'essai : laboratoire BESTLab (EDF Lab Les Renardières 77) – 2 cellules parois verticales orientées au Sud

Tâche 1.1 / Choix des couples « geste de rénovation/défauts »



Figure 36 : position des cellules utilisées du laboratoire BESTLab, schéma de principe de l'installation

Types de défauts testés : ponts thermiques de jonction menuiserie/bâti, infiltrations d'air
Objectifs : compréhension des phénomènes thermiques, détermination des coefficients U ($W/m^2/K$) et ψ ($W/m/K$), mesure de l'impact sur les consommations en chauffage/climatisation et confort.
→ Bilans énergétiques, sondes de températures d'air et de surfaces, hygromètres etc.

CONCLUSION

L'étude bibliographique a permis de confirmer les quatre grandes pratiques lors de la rénovation des bâtiments et de mettre en évidence les défauts les plus courants en lien avec chaque geste. En effet, on retrouve la pose de nouvelles menuiseries (défaut testé : étanchéité), l'isolation des toitures avec des défauts d'étanchéité au niveau de la sous toiture (isolation comble aménagé) mais aussi au niveau des trappes d'accès aux combles isolés non aménagé. L'isolation thermique par l'intérieur et l'extérieur sont représentés à part égale en termes de marché. Les défauts étudiés pour l'ITE sont de deux ordres : une mise en œuvre défective laissant des circulations d'air autour de l'isolant et une mise en œuvre de l'isolant laissé aux intempéries et gorgé d'eau. Concernant l'ITI, le choix a été arrêté sur la mise en œuvre d'un isolant laissé aux intempéries et gorgé d'eau. Il est important de noter que ces essais sur les défauts sont approuvés par l'Agence Qualité Construction qui y voit une poursuite de leur objectif d'une évaluation in-situ de l'impact des désordres sur la performance énergétique et le confort des bâtiments.