

Rénovation des bâtiments anciens

Quelles pistes pour améliorer leur performance énergétique ?

Atelier n°3

Intervenants :

Tony MARCHAL, Architecte urbaniste, Maisons Paysannes de France ;

Louise RANCK, Architecte, Latitude 48° ;

Sihem TASCA-GUERNOUTI, Chargée de recherche, CETE de l'Ouest.

Modérateurs :

Session 1 : Eric PRUD'HOMME, Chef du Service Animation Territoriale, ADEME

Session 2 : Virginie BOLLINI, Coordinatrice EIE Corse

I. Le bâti ancien et la performance énergétique

1. Présentation

Tony MARCHAL distingue trois types de bâti. Outre le bâti soumis aux réglementations techniques, construit après 1975, il existe un bâti des Trente Glorieuses, érigé entre 1948 et 1975 et très déperditif. A l'époque, les problèmes de performance énergétique ne faisaient pas véritablement figure de préoccupation majeure. Le pétrole était alors abondant et peu cher. Il s'agissait de reconstruire le pays et d'accompagner l'exode rural. Le bâti véritablement ancien est celui de la période précédant la généralisation du ciment, à savoir avant la Première guerre mondiale. L'entre-deux-guerres représente une période de transition, avec l'émergence de nouvelles techniques. Le bâti ancien qualifie généralement les constructions antérieures à 1948, à quelques exceptions près.

Ces trois catégories de bâtiments représentent chacune environ un tiers du parc de logements français (30 millions de logements au total). En termes de performances énergétiques, le bâti traditionnel ancien est comparable à celui qui a vu le jour avec les premières réglementations thermiques. En réalité, le parc actuel n'a fait que retrouver un standard vieux de quelques décennies. L'essentiel du parc ancien a été construit au XIX^{ème} siècle. La période haussmannienne constitue l'apogée au point de vue architectural comme au point de vue thermique. Ceci explique le fait qu'il soit aussi recherché.

A l'inverse, c'est le bâti des Trente Glorieuses, souvent classé G, qui appelle un effort particulier aujourd'hui. Ses racines remontent aux années 20, avec la construction de la villa Savoye, résidence

construite à Poissy pour un banquier qui a été très peu habitée, du fait notamment du manque total de confort thermique. Les voiles de béton sont beaucoup trop fins et par conséquent très conducteurs. Depuis sa construction, la villa a dû être totalement restaurée à deux ou trois reprises, ce qui dénote une réelle fragilité, selon Tony MARCHAL. Pourtant, ce type de construction a fait école. Ensuite, Le Corbusier a poursuivi dans cette voie, développant une architecture qui se veut dépourvue d'ornements, perçus comme un signe de décadence et qui se caractérise en outre par l'existence de matériaux nouveaux, avec notamment des baies panoramiques.

Le bâti ancien correspond bien aux exigences actuelles de la construction bioclimatique, à savoir un bâti situé au mieux dans son environnement naturel pour bénéficier au maximum des bienfaits de la nature. Il s'agit de se protéger du vent, de choisir la meilleure exposition au soleil... Les pièces habitées sont nécessairement les plus confortables et cumulent les avantages en termes d'exposition et d'ouverture. Les anciens avaient bien compris ces notions, malgré les contraintes de l'époque.

Le caractère écologique de ces constructions doit aussi être souligné, même si cette notion peut apparaître anachronique. Le bâti ancien le plus rudimentaire et le plus sommaire est celui qui est construit en milieu rural. Il est construit avec des matériaux locaux issus du milieu naturel et peu travaillés. Si elles ne sont pas entretenues correctement, ces constructions souffrent beaucoup et disparaissent tout simplement en retournant à l'état naturel. Tony MARCHAL évoque à ce propos l'exemple de l'ancienne Babylone ou de la Rome antique, dont les constructions n'ont pas résisté aux siècles. Les Papes ont ainsi construit leurs palais avec des pierres anciennes provenant des constructions de l'époque, cuites pour produire de la chaux. Longtemps, le patrimoine architectural de l'empire romain a été dénigré. Ce n'est qu'à la Renaissance qu'est apparu le désir de le protéger. Aujourd'hui, le respect pour ces constructions est beaucoup plus grand pour des raisons culturelles.

L'inertie thermique constitue une troisième caractéristique pour ces bâtiments. Ils emmagasinent lentement la chaleur pour la restituer ensuite tout aussi lentement, grâce à des matériaux souvent lourds, souvent perspirant ou respirants. Le bois, par exemple, absorbe fort bien la vapeur d'eau et la pierre est capable de stocker et de rejeter l'eau. Les ciments actuels en comparaison sont beaucoup moins efficaces. Par conséquent, ces bâtiments sont fort agréables en été et ne nécessitent pas beaucoup de climatisation.

Le bâti ancien s'appuie aussi sur des espaces tampons (combles, mitoyens, caves...) qui régulent la température. A ce sujet, Tony MARCHAL note que beaucoup critiquent aujourd'hui le caractère peu efficace sur le plan énergétique des combles des appartements haussmanniens. Il faut pourtant se souvenir que ces pièces n'étaient faites que pour abriter un domestique la nuit uniquement. Les combles n'étaient pas conçus pour être habités en permanence. En revanche, aux étages inférieurs, les appartements demeuraient fort agréables en toute saison.

Les constructions anciennes privilégiaient en outre la mitoyenneté, favorisant la densification. En comparaison, l'homme d'aujourd'hui s'est transformé en mangeur d'espace. La construction de lotissements peu denses détruit l'espace agro-pastoral. C'est, en termes d'espaces naturels, l'équivalent de la surface d'un département qui disparaît tous les dix ans au profit des espaces construits.

Le rôle des menuiseries est fondamental et délicat. Les fenêtres et contrevents dont nous avons hérité s'avèrent extrêmement performants pour l'époque. Pourtant, on tend à les remplacer de manière quasi systématique dans le cadre des opérations de rénovation. Enfin, les bâtis anciens, issus de la nature, représentent en quelque sorte une continuité avec le sous-sol naturel par

l'absence de fondations profondes. Ils exercent ainsi un rôle de mèche, les murs permettant une remontée capillaire de l'humidité. Certains sont toutefois suffisamment bien drainés pour éviter l'accumulation d'humidité.

Pour améliorer le confort thermique de ces bâtiments, quelques principes doivent être respectés. Tout d'abord, il faut préserver les flux d'humidité au niveau des parois. Ceci exclut l'usage du ciment ou de peintures qui emprisonnent l'humidité dans les murs, pratique pourtant très courante au cours des décennies passées. De même, les pare-vapeurs sont exclus dans ce type de constructions, afin de créer un moyen d'évacuation de la vapeur d'eau.

Ensuite, il vaut mieux chauffer les parois que l'air, car leur inertie permet de transmettre par rayonnement la chaleur accumulée. Par conséquent, le chauffage par rayonnement est plus indiqué que le chauffage par convection.

Enfin, il faut privilégier les interventions sur l'enveloppe avant les interventions sur les équipements énergétiques. Mieux vaut réduire les besoins en énergie plutôt que d'améliorer les moyens d'en produire. C'est la couverture qui génère généralement les plus grandes déperditions thermiques, devant les murs et fenêtres. L'intervention la plus simple se situe généralement au niveau des combles. Un bon isolement permet souvent de limiter la déperdition à hauteur de 30 %. Il faut en tout état de cause bien examiner les questions de ventilation, toujours délicates dans ces bâtiments, dans la mesure où les fenêtres constituent la première source de renouvellement de l'air. Plutôt que de les remplacer, il est souvent préférable de changer les joints. Le renforcement de la capacité thermique des murs ne doit pas se faire au détriment de leur inertie. Un isolement total par l'intérieur ne représente pas une solution efficace, tandis que l'isolement par l'extérieur est bien souvent exclu pour des raisons esthétiques. Enfin, le recours aux énergies renouvelables constitue une solution particulièrement bien adaptée à ces bâtiments anciens.

En conclusion, Tony MARCHAL insiste sur le fait que c'est sur le bâti des Trente Glorieuses plutôt que sur le bâti ancien qu'il faut concentrer les efforts d'amélioration de la performance énergétique, d'autant que les enjeux patrimoniaux sont beaucoup plus faibles pour cette période. Le bâti ancien est beaucoup plus délicat et présente des qualités intrinsèques importantes. Pour entreprendre de bonnes rénovations, il faut bien faire connaître les exigences réglementaires en vigueur, qui demeurent peu contraignantes s'agissant de l'habitat ancien.

2. Débat

Grégory LAVOUE, Agence locale de l'énergie – Grand Paris Seine Ouest Energie, juge que l'administration ne respecte pas véritablement le bâti ancien. Elle met en place des crédits d'impôt uniquement fondés sur la résistance thermique et qui poussent les utilisateurs à isoler le bâti ancien par l'intérieur. Les résultats sont catastrophiques, en termes de confort d'été notamment et confirment le discours des professionnels.

Tony MARCHAL note que de nombreux bâtiments datant de la Renaissance ont été transformés à partir du XVIII^{ème} siècle. Les plafonds à la française ont alors laissé place à des plafonds en plâtre avec moulure et les murs ont été tapissés de lambris pour éviter l'effet paroi froide. En clair, ils ont créé des enveloppes intérieures pour améliorer le confort intérieur. Lors des rénovations, il faut déterminer s'il faut respecter ces changements datant du XVIII^{ème} siècle ou s'il vaut mieux retourner

à l'état Renaissance. Toute rénovation sur un bâtiment ancien amène à se poser des questions sur ce type d'intervention et sur l'intérêt patrimonial de toute intervention.

Julien HUART, CAUE Charente, se dit gêné par ce discours autour du bâti ancien. Du fait de son aspect efficace en termes thermiques, il ne faudrait entreprendre que des corrections à la marge, insuffisantes pour atteindre les performances attendues à ce jour. Pour Julien HUART, l'approche de Maisons paysannes de France demeure très conservatrice, alors même qu'il est possible d'utiliser des matériaux perspirants, en changeant des menuiseries et en posant des doubles vitrages, tout en préservant l'aspect extérieur.

Tony MARCHAL explique qu'il n'a jamais déclaré qu'il ne fallait pas intervenir sur les bâtiments anciens.

Aurélié MARTINEAU, APC Ile-de-France et **Philippe COLAS, ADIL Oise**, souhaiteraient savoir s'il est possible de respecter les normes bâtiment basse consommation à partir du bâti traditionnel. **Tony MARCHAL** explique qu'il est quasiment impossible de respecter cette norme avec des bâtiments traditionnels, à quelques exceptions près. Elle implique en effet l'usage de procédés qui ne s'accordent pas avec la conception ancienne. Les murs, menuiseries, fenêtres et ventilation ne s'y prêtent pas. Le respect du patrimoine rend généralement impossible des transformations aussi profondes.

Khaled GAJI, IDEMU Ile-de-France, note que Tony MARCHAL a évoqué la méthode de la solution technique universelle prônée par Olivier Sidler. Il se demande si celle-ci est vraiment applicable sur le bâtiment ancien. **Tony MARCHAL** rappelle que, selon Olivier Sidler, dans le cadre d'un objectif national, il faut envisager un problème dans sa globalité. Les solutions uniques peuvent aboutir à des déséquilibres, mais ont l'avantage de la simplicité. Pour Tony MARCHAL, dans le cas du bâti ancien, il n'est pas possible d'appliquer ces solutions uniques.

Alexandre PERAIS, Agence parisienne du climat, note que, sur le terrain, les professionnels prévoient des interventions identiques sur les bâtiments anciens et neufs. Ils détruisent ainsi un patrimoine, par manque de formation. **Tony MARCHAL** reconnaît qu'il s'agit d'un problème de taille, d'autant que le bâtiment ancien ne fait l'objet d'aucun enseignement en France, en dehors de quelques écoles d'architecte et d'un bac pro. Le travail de sensibilisation des professionnels qui reste à produire demeure énorme. Tony MARCHAL explique que, dans cette optique, Maisons paysannes de France mettent actuellement au point des fiches pédagogiques sur les connaissances du bâti ancien (projet ATHEBA). Certaines sont destinées au grand public et d'autres aux professionnels.

Arnaud DUBREIL, MRES Nord-Pas-de-Calais, se demande dans quelle catégorie ranger les maisons typiques du Nord-Pas-de-Calais datant des années 30, qui présentent des performances énergétiques désastreuses. **Tony MARCHAL** explique que, dans ces cas, un débat s'instaure systématiquement pour savoir jusqu'à quel point il faut préserver ce patrimoine et quelle marge de manœuvre laisser aux travaux extérieurs. A l'intérieur, en revanche, il est certainement plus simple d'agir. Tony MARCHAL veut croire que la rénovation thermique n'en est qu'à ses balbutiements. Elle va faire des progrès énormes au cours des années à venir.

Cécile APOUX, CIER Basse-Normandie, s'interroge sur l'intérêt de l'usage d'isolants à l'intérieur des bâtiments anciens, qui ont été recouverts d'un crépi neuf à base de ciment. Beaucoup ne souhaitent pas enlever ces enduits, pour des raisons esthétiques. **Tony MARCHAL** explique

qu'il faut impérativement enlever les revêtements extérieurs non respirants. Les enduits anciens, de même que les mortiers et les joints, comme le plâtre, les chaux ou la terre, stockent quelque peu l'eau avant de la restituer progressivement.

Guillaume FLAMENT, ADIL du Nord, évoque les problèmes rencontrés sur les isolations intérieures en polystyrène sur des murs en brique. Certains professionnels recommandent une lame d'air ventilée entre l'isolant extérieur et le mur, pour limiter les problèmes d'humidité. Faut-il systématiquement enlever dans ces cas-là l'isolant intérieur lorsqu'on pose un isolant extérieur, alors même que cela implique des coûts importants de travaux ?

Tony MARCHAL estime que ces isolations par l'extérieur sont souvent exclues dans les villes, hormis sur les façades sur cour peu intéressantes du point de vue architectural. Cette isolation par l'extérieur est d'autant moins intéressante que le bâti ancien n'est pas très énergivore. Les efforts doivent se concentrer sur les bâtis des Trente Glorieuses et le bâti récent.

L'isolation intérieure doit éviter autant que possible les lames d'air, car elles sont généralement mal gérées. Souvent, la condensation y est trop importante. Les techniques à employer doivent éviter les ruptures de capillarité, par le biais d'une continuité de matériaux respirants permettant une migration progressive de la vapeur d'eau dans les deux sens. Pour **Tony MARCHAL**, la mise en place de pare-vapeurs, solution fréquemment retenue, pose problème au niveau des joints (plafonds et planchers). L'humidité s'engouffre dans ces interstices et vient créer des problèmes de moisissure et de détérioration de l'isolant.

Philippe GAMEIRO, PACT Seine-et-Marne, estime que la laine de bois n'est pas une solution dans le cas des bâtiments anciens présentant une remontée capillaire et un problème d'humidité. Il se demande si le chanvre peut représenter une solution plus efficace. **Tony MARCHAL** note que la plupart des bâtiments anciens ne sont pas bien protégés contre l'humidité. Il faut traiter ces problèmes, par le biais d'un drainage extérieur si possible. Il faut aussi veiller à la bonne ventilation des caves, de sorte que l'humidité soit absorbée naturellement. Les soupiraux ne doivent pas être bouchés. Dans le cas de la construction de nouvelles chapes, il faut aussi drainer pour éviter les remontées d'humidité. Un matériau chaux-liège est une bonne solution dans ce cadre.

Anatole GOUGEON, Synergies, Mayenne, se demande si ces mélanges sont sans risques pour la perméance d'un mur. **Tony MARCHAL** reconnaît que le risque est réel en raison du liège, mais note que la chaux permet une bonne respiration.

II. Le comportement thermique des bâtiments anciens et le projet BATAN

1. Présentation

Sihem TASCA-GUERNOUTI présente le projet BATAN (bâti ancien) qui s'est appuyé sur l'étude de 14 bâtiments suivis *in situ*, grâce à une instrumentation lourde. Il doit aboutir à l'élaboration d'un modèle de calcul du comportement thermique du bâti ancien et des phénomènes physiques. Ce projet fait suite à une première étude élaborée par le CETE de l'Est, le Laboratoire des sciences de l'habitat (LASH) et Maisons paysannes de France. Il s'agissait de comparer les consommations réelles d'une dizaine de bâtiments anciens (antérieurs à 1948), à partir des factures, avec les modèles réglementaires existants (RT2000) et les diagnostics DPE. Un écart énorme est apparu, ce

qui a amené à la conclusion que ces modèles ne prenaient pas suffisamment en compte certains paramètres de comportement thermique, tels que l'inertie et le transfert de masse.

BATAN devait permettre, sur cette base, d'étudier au plus près les phénomènes physiques autour de ces bâtis. Le Ministère du développement durable et l'ADEME avaient en charge la maîtrise d'ouvrage, tandis que la maîtrise d'œuvre est revenue au LASH et aux CETE de l'Est et de l'Ouest, Maisons paysannes de France et l'INSA de Strasbourg. Le projet a débuté en 2008 pour prendre fin début 2011.

La première tâche consistait à établir un état de l'art du comportement du bâti et élaborer les typologies sur lesquelles travailler pour le modèle et l'instrumentation. La seconde impliquait l'étude *in situ* du comportement réel d'un panel de bâtiments restreint. 14 bâtiments résidentiels ont été instrumentés, soit au total 21 logements, pendant une durée de deux ans. Ensuite, sur la base des données recueillies, il s'agissait d'élaborer une modélisation. Enfin, il s'agissait de valider le modèle sur une quarantaine de bâtiments.

Les grands objectifs du travail de typologie consistaient à constituer des grandes familles thermiques pour le bâti ancien, aussi représentatives que possible du parc existant. Le CETE de l'Est et Maisons paysannes de France étaient en charge de cette étape particulière. C'est une approche systémique qui a été retenue. L'implantation, l'enveloppe et les matériaux, le mode constructif, les équipements, l'occupant et l'environnement extérieur interagissent et influent sur les consommations. Cependant, ces trois derniers facteurs ne rentrent pas directement dans les facteurs de comportement du bâtiment. Ils n'ont donc pas été intégrés dans l'élaboration de la typologie, mais pris en compte au moment de l'instrumentation.

Quatre catégories d'implantation ont été identifiées :

- îlot fermé de centre ancien ;
- îlot haussmannien ;
- îlot fermé bas ;
- maisons isolées.

Trois modes constructifs ont été considérés :

- inertie très lourde ;
- inertie lourde ;
- inertie moyenne.

Les matériaux ont été classés en quatre grandes familles thermiques, des plus denses aux moins denses, même si cette catégorisation peut être considérée comme perfectible.

Les bâtiments du panel d'étude étaient tous des bâtiments qui n'avaient pas été rénovés thermiquement, donc sans isolation moderne. Ensuite, il a été décidé d'écarter les logements chauffés au bois, pour appréhender au mieux la consommation heure par heure. Au final, 14 bâtiments ont été retenus et suivis sur deux ans. L'instrumentation (une vingtaine de points de mesure au pas de temps horaire dans un bâtiment type) devait permettre de suivre la consommation énergétique, le climat extérieur (au moyen d'une petite station météo), le confort intérieur et l'occupation. Il s'agissait de suivre tout à la fois les pièces de vie, les espaces tampon et les parois. Cependant, il n'a pas été possible de mesurer l'hygrométrie directement dans les parois, en raison

du coût élevé et de l'efficacité faible des capteurs existants à l'époque. L'étanchéité à l'air a également été prise en compte. Par ailleurs, un diagnostic infrarouge a permis de déceler notamment les remontées capillaires. Des capteurs de CO₂ ont aussi été installés, même si leurs résultats n'ont pas été probants, ainsi que des pyranomètres pour mesurer le rayonnement solaire. Certains compteurs de gaz ont été changés, avec l'aide de GDF.

La moyenne des consommations thermiques des logements suivis atteint 168 kWh d'énergie primaire (électricité, gaz et combustible) par mètre carré et par an, soit l'équivalent d'un niveau D. Ces valeurs confirment les relevés établis lors de campagnes de mesure précédentes. Les performances thermiques sont donc relativement correctes, mais peuvent être améliorées. Les déperditions thermiques se concentrent au niveau des murs, la toiture ne jouant qu'un rôle marginal, du fait de l'existence dans le panel de nombreux logements collectifs mitoyens.

Une forte perméabilité à l'air a été notée, avec un Q4 proche de 2,5 m³/h/m² en moyenne. Ceci implique une surconsommation d'énergie, mais permet en même temps une ventilation hygiénique. Sihem TASCA-GUERNOUTI estime à ce propos que, même si les fenêtres actuelles n'ont pas le cachet des anciennes, elles assurent une certaine maîtrise des débits d'air. De même a été notée une forte variabilité des propriétés thermiques dans le temps. L'hiver, le gradient de température est linéaire, tandis qu'il apparaît sinusoïdal l'été.

Les occupants ont rempli des questionnaires pour étudier au mieux leur comportement et leur ressenti. 80 % des occupants considèrent leur logement comme globalement confortable l'hiver, même si un effet de paroi froide a été noté sur certains bâtiments, notamment ceux construits avec des matériaux denses. Pour Sihem TASCA-GUERNOUTI, il faudra éliminer cette source d'inconfort dans le cadre des réhabilitations. En été, le logement apparaît également plutôt confortable, avec une température qui ne dépasse que rarement les 26 degrés. Le déphasage thermique entre l'intérieur et l'extérieur atteint 10 heures sur certains bâtiments, décalant ainsi les vagues de chaleur et réduisant leur amplitude. Ceci démontre une inertie thermique importante.

Un modèle simple a été élaboré sur la base des outils TRNSYS (simulation thermodynamique) et COMIS (simulation aéraulique). Ensuite, des plans d'expérience ont été mis au point, permettant à partir d'un certain nombre de facteurs d'entrée d'obtenir des réponses sur les besoins en chauffage et le niveau de confort, en fonction de la saison (hiver ou été). Le modèle n'est pas encore diffusable et mérite d'être peaufiné, selon Sihem TASCA-GUERNOUTI. Les résultats sont plus ou moins bons en fonction des bâtiments concernés.

En conclusion, Sihem TASCA-GUERNOUTI note que le projet BATAN a confirmé de manière scientifique des éléments déjà bien connus de manière pragmatique. Tout d'abord, les consommations moyennes des bâtiments étudiés sont inférieures à celles du parc existant. Ont ensuite été notés un certain confort en été ainsi qu'une forte perméabilité à l'air. Enfin, il apparaît que les propriétés thermiques varient énormément en fonction de l'humidité. Par ailleurs, il semble que les espaces tampons jouent véritablement un rôle régulateur, en été comme en hiver. Ils apportent de la chaleur l'hiver et du frais l'été.

A l'heure actuelle, les rapports sont en cours de validation et de nouvelles études pourront être lancées à partir de cette énorme masse de données. Ils devraient être mis en ligne sur le site www.rt-batiment.fr. Le modèle obtenu semble assez efficace pour prédire le comportement des immeubles haussmanniens. En revanche, des problèmes ont été mis en évidence sur les maisons individuelles, probablement du fait de la diversité des habitations. La typologie choisie mériterait peut-être d'être

affinée à cet égard, selon Sihem TASCA-GUERNOUTI. Enfin, il faudra procéder à une validation plus large et exhaustive du programme. Par ailleurs, l'instrumentation in-situ a montré ses limites, dans la mesure où il n'était pas possible d'isoler les sollicitations lors de l'analyse des données mesurées. C'est pourquoi des travaux devront être menés en cellule expérimentale pour mieux maîtriser les conditions aux limites surtout pour le comprendre les transferts de masse et de chaleur.

Ce projet servira à alimenter ATHEBA et ATHEBA Pro. Le travail analytique devra être approfondi, notamment pour la caractérisation des matériaux anciens. Des mesures en laboratoire devront être réalisées pour mesurer la conductivité et tester le comportement isolant et les comportements exothermiques. Deux étudiants en thèse se pencheront sur ces problématiques (pierre calcaire et tuffeau pour l'un et la modélisation des aspects hygrothermiques pour l'autre) à partir d'octobre. Enfin, un travail devra être mené sur l'évolution du modèle de calcul réglementaire THCex, en vue de la révision de la réglementation thermique existante, qui devra prendre en compte le bâti ancien.

2. Débat

Philippe DUBREUIL, ELISE Pays-de-la-Loire, s'étonne du terme de « conductivité variable » employé par **Sihem TASCA-GUERNOUTI**. Celle-ci explique que cette notion ne s'applique qu'à la paroi et correspond à une conductivité apparente. Elle n'est pas constante en fonction de la température extérieure. Les conductivités affichées dans les bases de données sont calculées en fonction de conditions de température et de pressions données. En l'occurrence, il s'agissait d'étudier des comportements *in situ*.

Johann VANDEN BOGAERDE, CoDEM Picardie, se demande ce qu'une perméabilité de $2,5 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ représentait en termes de taux de renouvellement de l'air. **Sihem TASCA-GUERNOUTI** répond qu'elle n'a pas encore effectué la conversion, mais qu'elle figurera dans les rapports.

Emilie ROSE, Agence parisienne du climat, s'interroge sur le résultat de 168 kWh par mètre carré par an. **Sihem TASCA-GUERNOUTI** explique qu'il s'agit bien d'une consommation réelle, mais certains résultats ont été retirés en vue du calcul de cette moyenne. Parfois, en effet, une occupation discontinue ou des comportements atypiques peuvent fausser les données. Sihem TASCA-GUERNOUTI veut croire que ces performances peuvent être améliorées, sans détériorer les qualités préexistantes des bâtiments. Il faudra veiller à ne pas tomber dans certains pièges comme le fait d'améliorer l'isolation au détriment d'une plus grande humidité.

Laurent HERAUD, Association ELISE, Pays-de-la-Loire, estime qu'il est difficile d'avancer de tels chiffres qui sont le résultat de mesures directes. Ils ne peuvent être comparés à des DPE calculés à partir d'outils standardisés. **Sihem TASCA-GUERNOUTI** rappelle que les DPE pour les bâtiments de 1948 s'appuient sur les factures. Elle estime qu'il ne faut pas comparer les bâtiments modernes avec les bâtiments anciens en termes de consommation énergétique. De plus, elle remarque que les DPE ne sont pas des outils très précis. Ils peuvent donner des résultats très divergents pour deux bâtiments identiques. S'agissant des calculs réglementaires, elle note qu'ils ne sont pas faits pour ce type de bâtis anciens, car ils ne prennent pas en compte l'inertie hydrique et thermique. Sihem TASCA-GUERNOUTI explique que les caractéristiques des bâtiments suivis seront entrées dans les moteurs existants pour comparer les consommations réelles et celles issues des modèles réglementaires.

Samuel JOUANNY, CAUE 71, juge que le DPE n'est pas très pratique pour les bâtiments anciens et se demande si une évolution est prévue. **Sihem TASCA-GUERNOUTI** explique que ce projet doit justement permettre de mettre au point un DPE adapté à ce type de bâtiments. Si les résultats ne sont pas totalement satisfaisants, ils sont assez encourageants. Les bureaux d'étude réclament la mise au point d'un modèle s'appuyant sur un nombre de données d'entrées aussi limité que possible. Pour l'heure, cet objectif n'est pas encore atteignable, même avec une dizaine de paramètres. Pour autant, le projet pourra servir de base pour améliorer la réglementation actuelle.

III. Deux exemples de rénovation BBC

1. Présentation

Louise RANCK présente deux projets de rénovation BBC de bâti ancien (construit avant 1975). Le premier projet, sélectionné dans le cadre de PREBAT et quasiment terminé, est celui d'un pavillon construit en 1970 dans l'Essonne. A l'origine, il s'agissait d'une « passoire thermique », symptomatique de ces constructions d'après-guerre avec des matériaux industrialisés, des parois relativement fines et donc une inertie faible et des déperditions importantes. Le bâtiment est partiellement mitoyen, ce qui complique le traitement de la performance thermique. La consommation sur la base du calcul THCex était évaluée à 471 kWh d'énergie primaire par mètre carré par an (classe G). Le bâtiment devrait être certifié BBC Effinergie au terme des travaux et des derniers tests d'étanchéité à l'air, avec une consommation de 91 kWh d'énergie primaire par mètre carré par an. L'habitabilité, le confort des espaces intérieurs et la fonctionnalité ont également été améliorés grâce à ces travaux.

Pour améliorer l'efficacité énergétique du bâtiment, il a été décidé de mettre en place une isolation par l'extérieur partielle, les pignons étant isolés à l'intérieur car les voisins ont refusé une isolation par l'extérieur. La toiture a été isolée et remodelée, avec l'installation d'une lucarne avec stores toile à projection sur la façade sud, pour augmenter l'espace habitable et pour réduire les surchauffes en été causées par les Velux. Les pannes ont été remplacées par des chevrons de 30 cm porteurs du faîtage jusqu'au mur. Ces caissons ont été insufflés de cellulose. La couverture a été refaite en zinc à la place des tuiles d'origine.

Sur les façades extérieures ont été posés 20 cm de laine de bois, sauf au niveau de la dalle du rez-de-chaussée, où a été installée une isolation en liège, pour assurer une meilleure protection contre l'humidité. Pour la finition, des bardages recouvrent l'étage et de l'enduit a été posé au rez-de-chaussée. Les pignons libres ont aussi été isolés (12 cm d'épaisseur) et le garage/atelier, qui n'est pas chauffé, a fait l'objet d'un travail particulier d'isolation au niveau des murs (10 cm) comme du plafond (6 cm).

La vieille chaudière fioul a été remplacée par une chaudière à granulés bois automatique. L'eau chaude sanitaire est produite grâce à 4 mètres carrés de panneaux solaires thermiques. Une ventilation double flux très performante, avec récupération de chaleur, a été installée. Les menuiseries ont aussi été remplacées pour réduire les ponts thermiques. Cependant, malgré tout le soin apporté à cette opération délicate, il apparaît encore des défauts d'étanchéité, qui peuvent être dus au débordement des joints. Par ailleurs, il s'est avéré que les fenêtres n'étaient pas aussi étanches à l'air qu'annoncé, même si les fuites sont assez limitées. Les volets roulants originaux ont été conservés et des stores seront déposés sur la lucarne. Des cloisons ont été cassées pour agrandir

les espaces et, grâce à l'aménagement des combles, ce sont 10 mètres carrés d'espace habitable qui ont été gagnés.

Le budget atteint 160 000 euros HT pour 110 mètres carrés habitables et 135 mètres carrés SHON. Une partie de ce montant cependant n'est pas liée à la performance thermique.

Un premier test a été réalisé avant travaux pour évaluer l'étanchéité à l'air. Les résultats se sont avérés assez bons, ce qui a permis d'éviter des travaux d'isolation intérieure. Un deuxième test en cours de travaux, une fois l'isolation, les menuiseries et la VMC posées, a donné un Q4 proche de $1 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$. Le N50, indice de renouvellement d'air, atteignait en revanche 4 par heure, contre 0,8 pour le neuf. Un test final aura lieu à l'issue des travaux en vue de la certification.

Le deuxième exemple développé par Louise RANCK concerne une maison en ruine dans le Vexin français, inoccupée depuis une cinquantaine d'années et dont les planchers et la toiture s'écroulaient. La façade principale de cette maison était orientée au nord, alors que les autres ne présentaient quasiment aucune ouverture. Le propriétaire, qui voulait y créer un logement social, a obtenu de nombreuses aides financières, de l'ANAH notamment, ainsi que de nombreux conseils de la part de divers organismes.

Une étude thermique a permis de déterminer que la consommation initiale approchait 354 kWh d'énergie primaire par mètre carré et par an (classe F). Le projet prévoit une consommation réduite à 78 kWh d'énergie primaire par mètre carré et par an (classe B). L'aspect d'origine de la maison a pu être retrouvé, malgré l'utilisation de techniques nouvelles. Ainsi, du triple vitrage a été installé ; les menuiseries ont été remplacées par des menuiseries bois d'aspect ancien mais techniquement performantes ; la charpente a été refaite, de même que la corniche. Les enduits ont été refaits également et les pignons ont été armés. La toiture a elle aussi été isolée (40 cm de laine de bois). Des ouvertures ont été créées au sud et à l'ouest pour profiter de la chaleur naturelle et faire monter celle du poêle. Des panneaux solaires ont aussi été posés.

A l'intérieur, ont été installés une isolation en laine de bois d'une épaisseur de 6 à 20 cm en fonction de l'orientation et de l'existence de murs mitoyens, un pare-vapeur, une VMC double flux ainsi qu'un poêle à granulés.

Le budget atteint 144 300 euros HT pour 70 mètres carrés habitables, mais ce projet a obtenu d'importantes subventions de l'ANAH, du Parc naturel et du Conseil général. Il a en outre obtenu le label Fondation du patrimoine, ce qui a permis de défiscaliser les travaux de la façade, ainsi que le prix Maisons paysannes de France. Le bâtiment est loué depuis maintenant un mois.

2. Débat

Alexandre PERAIS note que les coûts de réhabilitation sont importants et se demande comment ceux-ci pourront baisser à l'avenir. **Louise RANCK** souligne que les matériaux choisis sont beaucoup plus coûteux que les matériaux conventionnels, ce qui entraîne des surcoûts. Ensuite, elle remarque qu'il existe peu d'aides à l'heure actuelle pour la rénovation BBC, hormis les crédits d'impôts et le prêt à taux zéro qui sont en vigueur pour toute rénovation RT 2005. Selon elle, les pouvoirs publics n'incitent pas suffisamment à la rénovation BBC. Le PREBAT ne concerne qu'une dizaine de projets chaque année dans quelques régions.

Arnaud DUBREIL juge lui aussi que les budgets sont très élevés. Par conséquent, ces expériences sont difficilement généralisables, selon lui. **Louise RANCK** estime qu'il est difficile d'atteindre les objectifs légitimes que le pays s'est fixés avec des moyens limités. Elle espère que la rénovation BBC donnera lieu à l'avenir à des aides particulières, faute de quoi les incitations demeureront bien faibles.

Thomas PHILIPPON, Ekopolis, Ile-de-France, se demande s'il est difficile de trouver des artisans compétents pour ce type d'opérations. **Louise RANCK** admet que peu d'artisans connaissent bien les matériaux écologiques. Cependant, son cabinet travaille avec un réseau d'entreprises au point sur ces questions, mais leur nombre demeure limité. A défaut, le cabinet s'adresse à des entreprises conventionnelles en les sensibilisant à ces questions. L'isolation par l'extérieur est complexe, dans le cadre du logement individuel. Peu d'entreprises sont au fait de ces techniques. Parfois, le cabinet s'engage avec des entreprises sans avoir toutes les garanties en la matière. En l'occurrence, selon Louise RANCK, il n'aurait pas été possible de mener à bien un tel projet sans l'investissement énorme des maîtres d'ouvrage, qui ont réalisé la démolition, l'électricité et d'autres travaux.

Eric PRUD'HOMME s'interroge sur le profil des occupants du premier logement présenté par **Louise RANCK**. Celle-ci répond qu'il s'agit d'un jeune couple qui a à cœur de réduire son empreinte écologique dans ce logement acheté il y a cinq ans. Ils ont obtenu des crédits d'impôt, un prêt à taux zéro et vraisemblablement la subvention de 20 000 euros dans le cadre de l'appel à projets PREBAT.

En réponse à une question de la salle, **Louise RANCK** explique qu'il n'a pas été possible de faire de retour d'isolant à l'extérieur comme à l'intérieur au niveau de la jonction entre les pignons et les façades, ce qui a créé un petit pont thermique sur le premier projet. Ces ponts ont été pris en compte dans le calcul.

Tony FERREIRA, ALE Val-de-Marne Vitry, s'interroge sur le frein-vapeur installé sur le second projet. **Louise RANCK** note que ces équipements font effectivement l'objet d'une polémique. Elle estime qu'il serait important de disposer de données chiffrées et claires pour se forger un avis. En l'occurrence, la vapeur d'eau peut transiter dans les deux sens à travers les parois. De plus, l'existence d'une ventilation double flux permet d'évacuer la vapeur intérieure. *A priori*, peu de problèmes de remontées d'humidité dans les murs ont été constatés.

Suite à une question de la salle, **Louise RANCK** note que la pertinence de la ventilation double flux en rénovation n'est pas énorme. Les gains sont souvent minimes, au regard de l'investissement. Par conséquent, dans les régions où le climat n'est que peu contrasté, la ventilation double flux ne se justifie pas véritablement, d'autant qu'elle exige une excellente étanchéité à l'air, ce qui est rare dans le cas des rénovations. Elle permet simplement de conserver une bonne qualité de l'air, à condition d'être correctement entretenue.

Philippe GAMEIRO, PACT Seine-et-Marne, se demande comment les ponts thermiques ont été compensés dans le cadre de la deuxième restauration. **Louise RANCK** explique qu'aucune mesure particulière n'a été prise. Les planchers étant en bois, il n'y a *a priori* pas de pont thermique. La dalle du rez-de-chaussée est en béton mais est isolée par 10 à 12 centimètres de polystyrène. Le phénomène de pont doit donc être limité.

Philippe GAMEIRO interroge ensuite **Tony MARCHAL** sur son ressenti concernant cette deuxième restauration. Celui-ci explique que Maisons paysannes de France a décerné à cette réalisation le prix de l'éco-logis, même si Maisons paysannes de France ne recommande pas nécessairement l'installation de panneaux solaires pour des raisons esthétiques. L'opération a été par conséquent jugée très intéressante.

Philippe GAMEIRO s'étonne de cette réponse, dans la mesure où le discours de Tony Marchal laissait entendre qu'il n'approuvait pas nécessairement les opérations BBC sur le bâti ancien. **Eric PRUD'HOMME** considère pour sa part qu'il s'agissait tout de même d'une ruine à l'origine et d'une opération exemplaire, qui est difficile à reproduire sur le reste du parc ancien.

Philippe GAMEIRO note que les propriétaires de bâti ancien ne sont pas indifférents à l'argument des économies d'énergie. **Eric PRUD'HOMME** estime, tout comme Tony Marchal, que ce type de bâti présente des caractéristiques énergétiques raisonnables. Les propriétaires doivent aussi entendre ce message.