



PERF IN MIND

Rénovation performante de maisons individuelles

Synthèse

Analyse multicritère énergie, confort, santé, satisfaction, coût

Etude réalisée avec le soutien de l'ADEME, dans le cadre de son appel à projet recherche "vers les bâtiments responsables à l'horizon 2020"

Novembre 2021

Étude coordonnée par la SCOP Enertech, 26160 Pont-de-Barret
04 75 90 18 54 - www.enertech.fr



Equipe du projet :

SCOP Enertech : Nicolas ANDREAU, Thierry RIESER, Julien SPILEMONT, Mickaël GUERNEVEL, Jean-Paul ZIMMERMANN, Muriel DUPRET (Consultante indépendante)

Effinergie : Sébastien LEFEUVRE

Médiéco : Claire-Sophie COEUDEVEZ, Soline MARTIN, Anissia ROUSSEAU

Institut négaWatt : Bruno DANIEL

Soutiens du projet et Comité de Pilotage :

ADEME : Jonathan LOUIS, Etienne MARX

Région Bourgogne Franche Comté : Jean-Luc KRIEGER, Julie GONZALES, Vincent PANISSET

Région Centre Val de Loire : William PALIS, Cédric PAYET, Luc GUILLIER (ADIL)

Région Grand Est : Matthieu FLAHAUT, David LEWANDOWSKI

Région Normandie : Alain DEFFONTAINES, Aurélie COGNARD

Dorémi : Jérémy CELSAN, Camille JULIEN

Participation au Comité technique :

CSTB : Stéphanie DEROUINEAU

AQC : Martin GUER

POUGET Consultants : Charles ARQUIN et Julien PARC

***Nous tenons à remercier ici l'ensemble des soutiens du projet
et les participants aux comités techniques.***

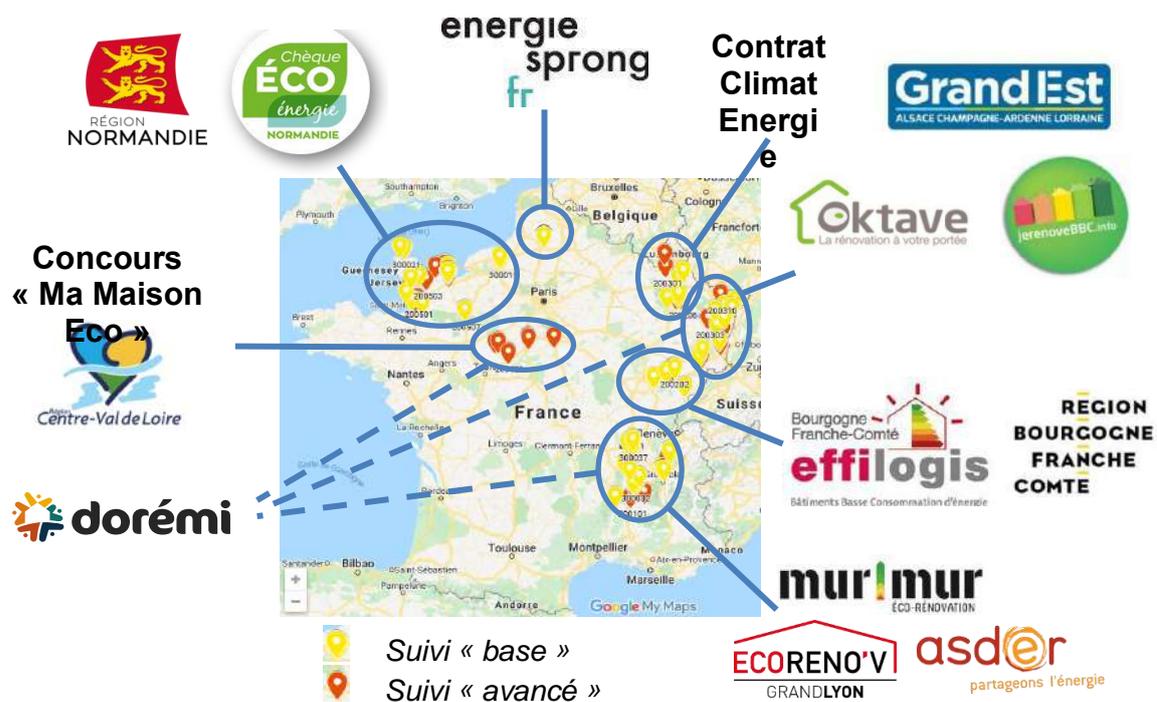
Ce document est le Résumé et la Synthèse du Rapport final.

Tous ces livrables sont disponibles sur <https://www.effinergie.org/web/perfinmind>.

Des fiches opérations de certaines maisons suivies dans le cadre de Perf in Mind sont également disponibles sur l'Observatoire BBC d'Effinergie : <https://www.observatoirebbc.org/perfinmind>.

Introduction

Les résultats présentés ici sont issus d'une campagne de mesure sur le terrain sur 106 maisons rénovées à un niveau BBC ou équivalent, représentant 11 dispositifs d'accompagnement de la rénovation performante, réparties en France :



Localisation des 106 maisons suivies dans le cadre de Perf in Mind

Les consommations présentées sont donc issues de la mesure et non d'un calcul. L'étude réalisée est multicritère, et combine une approche technique, sociologique, la qualité de l'air ou encore l'étude des coûts. L'ensemble fait l'objet d'un rapport de 245 pages.

Résumé

Le projet Perf in Mind est une étude pluridisciplinaire portant sur 106 maisons rénovées BBC (bâtiment basse consommation) ou équivalent (bouquet de travaux « STR ») ou plus performant encore (rénovation à énergie positive). Il comporte une campagne de mesures des performances énergétiques et de leurs variables explicatives, complétée par une analyse des dispositifs d'accompagnement des ménages, une analyse de la qualité d'air intérieur, une étude sociologique de la satisfaction et de l'appropriation par les habitants, et une analyse des coûts de travaux.

Ce projet a été réalisé par Enertech, Effinergie, Médiéco et l'Institut négaWatt, avec le soutien de l'ADEME, et la participation des régions Normandie, Grand Est, Centre-Val-de-Loire, Bourgogne-Franche-Comté et de Dorémi, au titre de leurs dispositifs respectifs d'accompagnement de la rénovation performante. Le comité de suivi technique était composé du CSBT, de l'AQC et de POUGET Consultants.

Les analyses effectuées montrent le succès de la rénovation complète (en une étape) et performante (BBC ou équivalent ad minima). La très grande majorité des rénovations ont atteint les objectifs énergétiques qu'elles visaient. Les ménages sont très satisfaits de la rénovation ainsi que de leurs factures après travaux. La qualité de l'air est globalement bonne voire très bonne. Le confort est jugé satisfaisant à 99% en hiver, et les ménages sont nettement plus satisfaits du confort d'été après rénovation qu'avant. Le rôle essentiel des dispositifs d'accompagnement à la rénovation performante est également souligné, que ce soit sur l'accompagnement technique ou sur le montage du plan de financement.

Concernant les points à perfectionner, on note que certaines rénovations n'ont pas respecté le référentiel de performance qui était visé, et que leurs consommations en sont visiblement dégradées. Sur l'enveloppe, on note que l'isolation périphérique du plancher bas pour en traiter le pont thermique est une bonne pratique qui serait à généraliser. A contrario, laisser des parois non isolées (une partie des murs, le plancher bas etc.) est pénalisant pour la performance.

Concernant la ventilation simple et double flux, il reste des non-qualités de mise en œuvre, notamment acoustiques, et le réglage des débits n'est pas toujours réalisé ni contrôlé. Pour le chauffage, la régulation terminale avec thermostat et loi d'eau nous semble une bonne pratique à généraliser. Là aussi les réglages des équipements sont parfois insuffisants et mériteraient d'être mieux vérifiés. Globalement ces observations techniques et les témoignages des ménages plaident pour plus d'accompagnement en phase chantier. L'information des ménages sur la maintenance et l'utilisation des systèmes reste enfin à améliorer.

Moyennant ces axes de réflexion pour améliorer les dispositifs d'accompagnement et la formation des professionnels, la rénovation complète et performante démontre ici sa réussite technique, qui ne demande qu'à être mieux soutenue financièrement et déployée à plus grande échelle.

Synthèse de l'étude

En synthèse du rapport final, nous vous proposons une grille de lecture chronologique de la vie d'un projet de rénovation, de l'accompagnement initial à la satisfaction après travaux.

On rappelle en préambule que nous appellerons « performant » dans ce rapport les rénovations visant la performance BBC rénovation ou équivalent, ou plus performant. Pour atteindre ce niveau, ces rénovations ont généralement comporté 6 postes de travaux ad minima : isolation des murs, toiture, plancher bas, rénovation des menuiseries, ventilation, et système de chauffage et ECS. Les travaux ont été réalisés en une étape : il s'agit donc de rénovations « complètes et performantes ».

L'accompagnement des ménages en amont

La rénovation performante d'une maison individuelle est un parcours souvent long et complexe. Les ménages sont parfois perdus face à la multiplicité des acteurs, la complexité des dispositifs de financement, les sollicitations non souhaitées et dont la qualité peut être mise en doute par les ménages (exemple du démarchage téléphonique pour les travaux à 1€).

Heureusement, différents dispositifs d'accompagnement et services gratuits de conseil existent pour informer et accompagner les ménages tout au long de ce parcours. Ainsi les rénovations suivies dans le cadre de la présente étude ont toutes bénéficié d'un accompagnement à la rénovation performante. Différents dispositifs publics régionaux et locaux sont représentés, ainsi qu'un dispositif privé présent sur différents territoires en partenariat avec les collectivités territoriales.

Concevoir la performance en rénovation

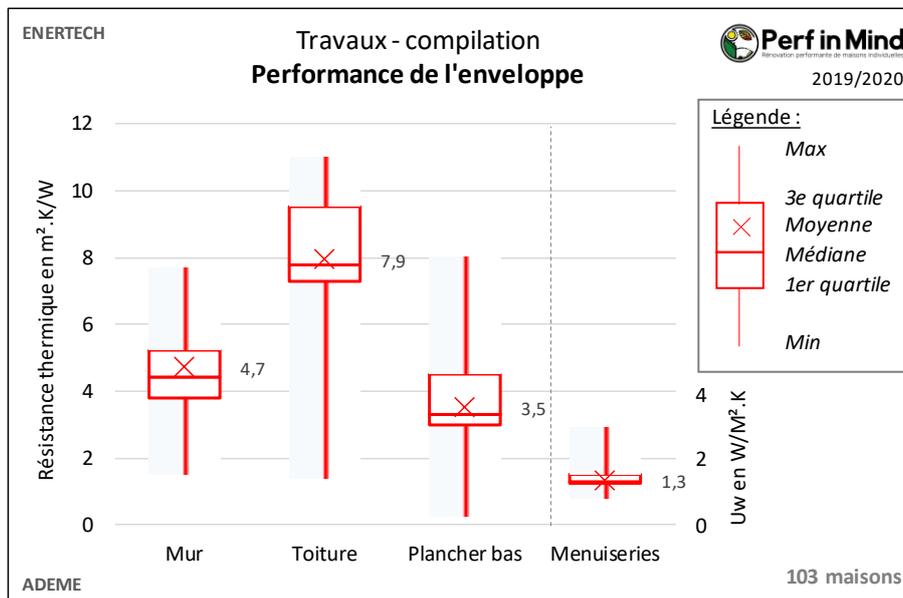
Sur les maisons suivies dans le cadre de cette étude, 3 approches ont été utilisées : l'objectif BBC rénovation, les bouquets de travaux dits « solutions techniques de rénovation » ou STR, et l'objectif d'une rénovation à énergie positive sur le modèle EnergieSprong.

Dans tous les cas, la conception de la performance commence par le relevé de l'existant : soit un audit accompagné d'un calcul thermique définissant des scénarii de rénovation dont un scénario BBC ; soit un « état des lieux architectural et technique » permettant de choisir un bouquet de travaux adapté à la maison mais aussi de définir la nature des matériaux dans le respect de la migration de vapeur.

Cependant, la collecte d'informations sur les rénovations en comparant les rapports de diagnostics et état des lieux avec les factures finales et le relevé sur site a permis de s'apercevoir que dans certains cas les préconisations initiales n'ont pas été respectées. Ainsi 10 maisons sur 62 visant le niveau BBC rénovation et 3 maisons sur 32 appliquant une STR n'en ont en réalité par respecté les préconisations. Ce constat appelle à un meilleur contrôle des devis finaux voire du chantier par les dispositifs d'accompagnement.

Conception de l'enveloppe

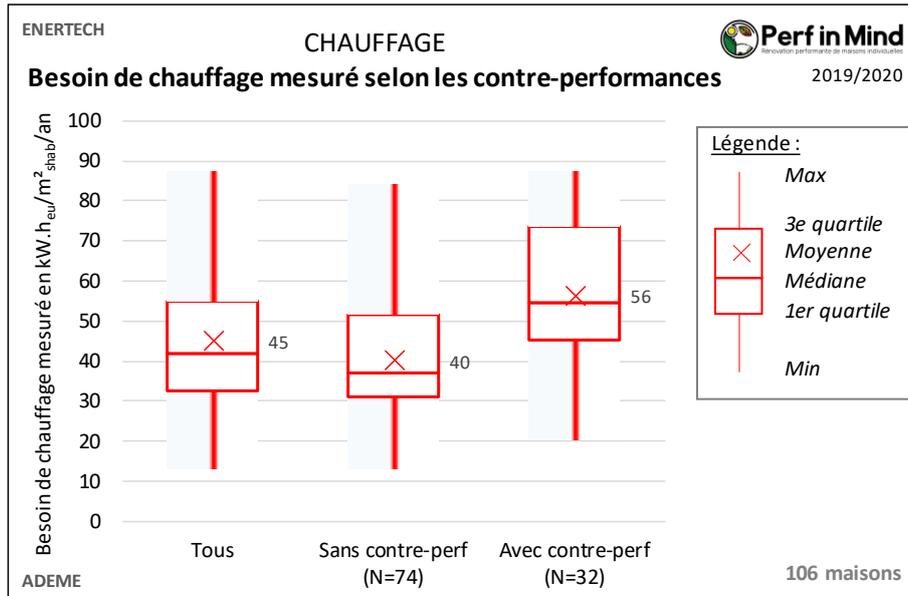
Les statistiques des niveaux de performance de l'enveloppe par dispositif sont synthétisés sur le graphique suivant :



Statistiques sur les niveaux de performance des travaux réalisés sur l'enveloppe

Il est intéressant de constater que les écarts entre les différents niveaux d'isolation sont assez limités. D'une part ils sont dans la très grande majorité supérieurs aux niveaux demandés par les différentes subventions, ce qui confirme leur rôle prescripteur. Au-delà de cette valeur, les épaisseurs d'isolants ne varient dans la majorité des cas que d'une poignée de cm. Les efforts de conception et d'optimisation des épaisseurs d'isolant par le calcul le cas échéant, ne jouent ainsi que sur une variation du coût marginal de l'isolation de quelques € par m² de parois...

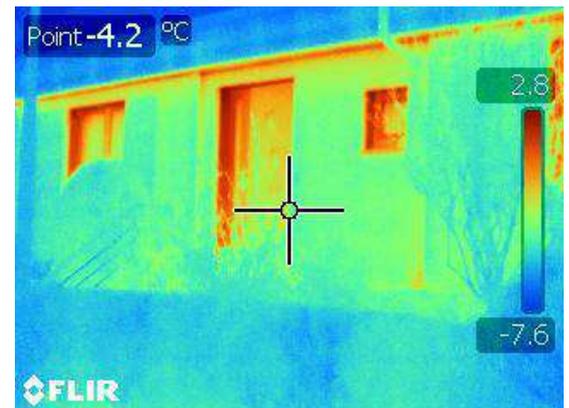
Une étude par le calcul de la qualité de l'enveloppe a été réalisée. Un des résultats notables est la mise en évidence de contre-performances liées à l'absence d'isolation d'une partie des murs ou de l'absence d'isolation du plancher bas (pas même en périphérie). L'isolation complète des murs (même en épaisseur réduite au niveau d'un escalier par exemple) nous semble donc essentielle, ainsi que l'isolation périphérique en cas d'ITE pour rompre le pont thermique de la dalle basse, en enterré le cas échéant. On peut souligner également l'intérêt des robots capables de projeter de l'isolant au plafond des vides sanitaires de faible hauteur, pour éviter le plus possible de les laisser non isolés.



Statistiques sur le besoin de chauffage, globalement et en distinguant les maisons sans contre-performances de celles qui présentent des contre-performances.

L'importance du traitement des ponts thermiques est également rappelée. L'inspection par caméra infrarouge réalisée sur les maisons en suivi « avancé » a mis en évidence divers ponts thermiques importants. Parmi eux, le cas d'une maison ayant vécu une rénovation par « gestes » (ITE réalisée précédemment) révèle d'importants ponts thermiques autour des menuiseries, dus à l'impossibilité de traiter l'isolation des tableaux. Ce triste constat conforte les conclusions de l'étude *Rénovation performante par étapes*¹.

Thermographie infrarouge d'une rénovation par « gestes », avec des ponts thermiques au niveau des menuiseries.

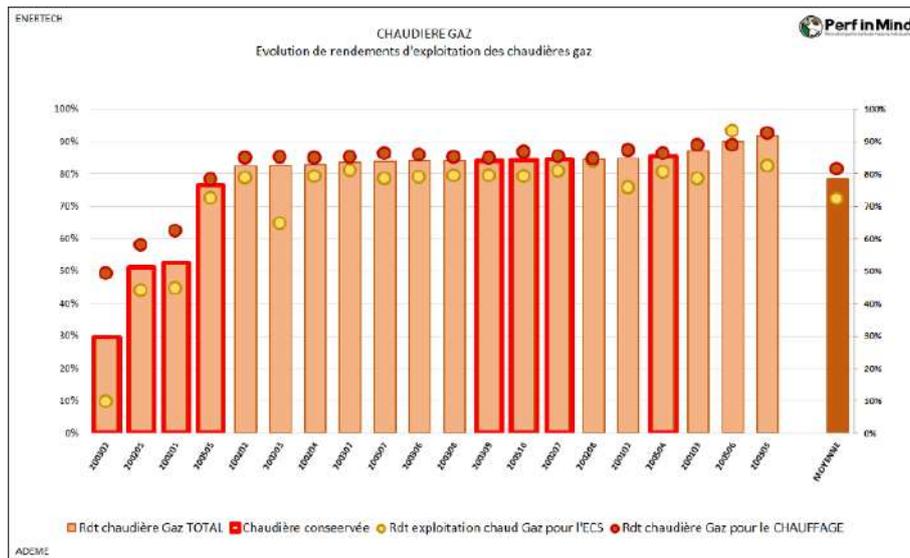


L'étude présente également un retour d'expérience sur la modélisation thermique des maisons : plusieurs tentatives d'explication du besoin de chauffage sont explorées. L'approche classique avec les DJU ne fonctionne pas à ce niveau de performance, où les apports gratuits (solaires et internes) sont majoritaires par rapport au besoin de chauffage. Une modélisation plus fine est donc nécessaire. Une modélisation détaillée avec l'outil « Besoin simple » a été réalisée sur l'ensemble des maisons. Les résultats mitigés de ce calcul nous rappellent que toute modélisation thermique ne vaut que par la précision des données d'entrées. Or les logements sont des objets complexes dont les variables techniques et d'usage sont nombreuses et pour certaines difficiles à mesurer. Le recollement entre mesure et calcul reste donc un exercice difficile, et qui ne peut aboutir à une corrélation parfaite. Cependant, on peut noter que plus on inclut de données mesurées dans le calcul, plus on en réduit l'incertitude. Les efforts de mesure déployés dans ce projet au niveau « base » et au niveau « avancé » sont justifiés par ce gain important en précision d'analyse. L'ouverture des fenêtres reste la principale variable d'usage non mesurée et explique probablement l'écart restant entre le calcul le plus détaillé et la mesure, en complément d'incertitude sur les mètres.

¹ Etude réalisée pour l'ADEME par Dorémi et Enertech. Rapport disponible sur <https://bibliothèque.ademe.fr/urbanisme-et-batiment/4168-renovation-performante-par-etapes.html>

Conception des systèmes de chauffage et ECS

Sur plusieurs maisons, des chaudières existantes ont été conservées. Les mauvais rendements mesurés dans ce cas nous invitent à rappeler que la chaudière devrait faire l'objet d'un contrôle dans les phases de diagnostic ou d'état des lieux du projet. Selon la puissance, la modulation, les possibilités de réglage de la chaudière existante, le maintien de la chaudière peut être discuté dans certains cas, mais dans d'autres il faut absolument procéder au remplacement de ce générateur au risque d'annuler une bonne partie des bénéfices énergétiques de l'isolation de l'enveloppe.

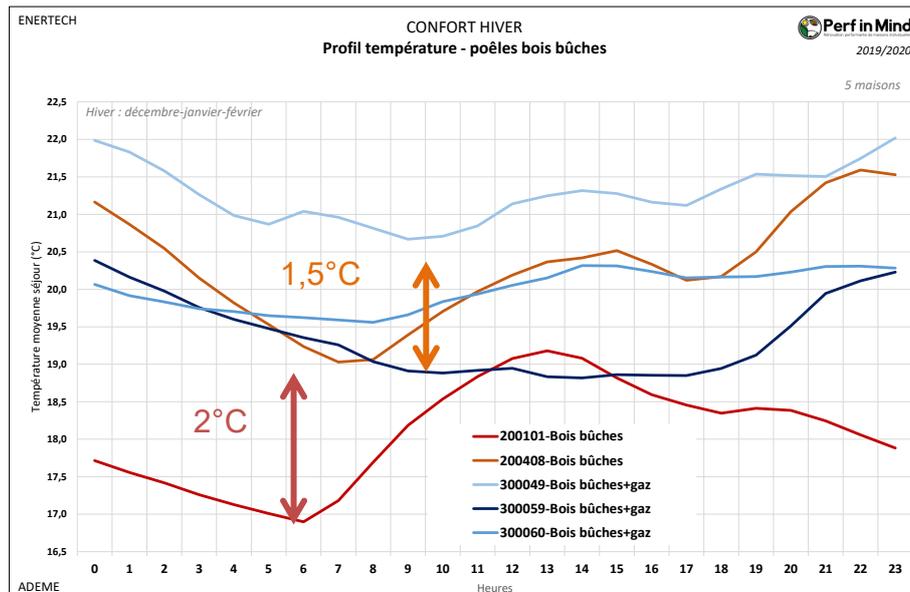


Rendements mesurés sur les chaudières gaz. Les chaudières conservées sont entourées en rouge.

Plusieurs modes de chauffages sont représentés, des chaudières gaz aux pompes à chaleur et à la biomasse. Tous conduisent à des performances globalement satisfaisantes, mis à part les rares chauffages électriques directs qui restent très impactants en énergie primaire. L'analyse des rendements est l'occasion de rappeler qu'une chaudière gaz à condensation ne condense que si le régime de température est assez bas. De même le COP des PAC est d'autant meilleur que l'émission est réalisée à basse température.

Dans tous les cas, il nous semble également indispensable de prévoir une régulation terminale performante. En effet, l'impact d'un degré de plus dans ces maisons rénovées à un niveau performant se traduit par une augmentation de la consommation de chauffage de +17%. Il est donc très important d'avoir une régulation précise pour assurer le confort sans faire déraiser la facture. Les robinets thermostatiques ne suffisant plus à réguler précisément les bâtiments performants, l'ajout d'un thermostat nous semble une bonne pratique à généraliser. De plus une sonde de température extérieure pour établir une loi d'eau permet d'assurer un meilleur confort et un meilleur rendement de génération.

Concernant les poêles à buches, qui ne peuvent pas être équipés de thermostats, nous avons pu mesurer que la variation de température dans la journée est relativement maîtrisée. Ce type d'émission, moins bien régulé mais très simple et peu coûteux, a toute sa place dans des projets de rénovation performante, de même que les poêles à granulés.



Température mesurée sur une journée dans des maisons équipées de poêles à bûches.

L'eau chaude sanitaire (ECS) est étudiée également. Les mesures nous rappellent l'intérêt des équipements hydro économes pour maîtriser les puisages à confort égal. L'étude souligne également les rendements dégradés des chaudières gaz en production ECS, ainsi que celui de certaines PAC. Cependant les niveaux de performance restent bons. On note un bon fonctionnement moyen des CESI (division par deux de la consommation d'ECS en moyenne), même si certains semblent dysfonctionner.

Conception de la ventilation

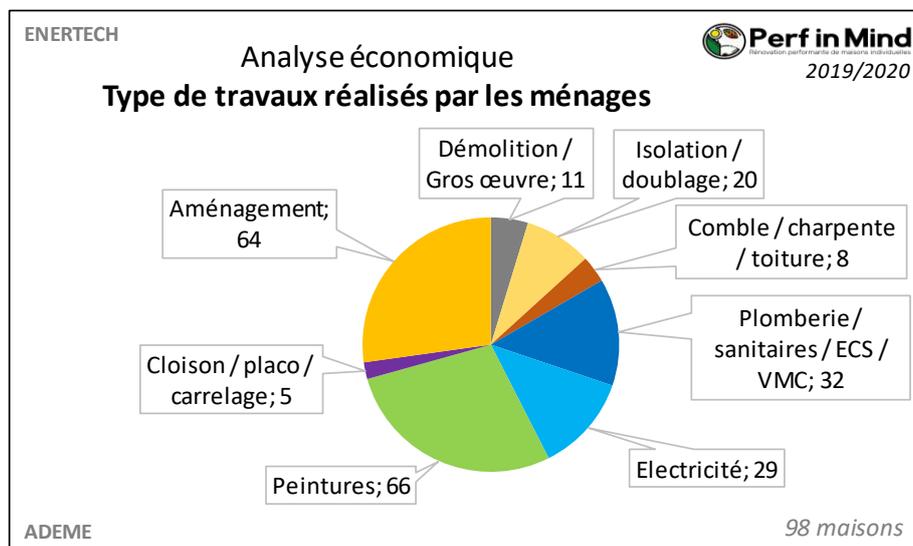
Plusieurs chapitres du rapport abordent les différents enjeux de la ventilation. Ce sujet, aujourd'hui encore peu investi par les acteurs (peu d'artisans se définissent comme « ventilistes ») et objet de nombreuses non-qualités est pourtant un sujet crucial du bâtiment performant, à la croisée d'enjeux parfois contradictoires :

- La ventilation est souvent mal comprise par les utilisateurs et elle génère dans 30 % des cas des nuisances acoustiques (en simple comme en double flux) ;
- Quel que soit le type de ventilation, une bonne mise en œuvre et un bon réglage est nécessaire au bon fonctionnement et à la satisfaction des habitants. Or les débits ont globalement été mal réglés : on observe de nombreux sur-débits en ventilation simple flux hygroréglable, et de nombreux sous-débits en ventilation double flux ;
- La question de la maintenance et des coûts associés doit être abordée plus en amont. L'enquête sociologie a montré que les ménages n'ont parfois pas été avertis de ces coûts. 41 % sont moyennement satisfaits ou insatisfaits de ce poste de dépenses.
- Les consommations électriques sont généralement plus importantes en double flux, mais peuvent être maîtrisées par une bonne conception et une bonne mise en œuvre. Quoiqu'il en soit le gain énergétique sur le chauffage compense largement la surconsommation d'électricité ;
- Le choix de la ventilation et notamment le taux de renouvellement d'air a un impact sur la qualité d'air intérieur, ce qui plaide en défaveur de la solution hygroréglable sur l'ensemble des polluants mesurés, et en particulier sur la question du Radon ;
- Enfin la ventilation double flux est plus chère que la solution hygroréglable.

Les coûts et le montage financier de la rénovation performante

Un chapitre est consacré à l'analyse des coûts et du financement de la rénovation.

Tout d'abord il faut souligner la part non négligeable de travaux réalisés en auto-réhabilitation :



Travaux réalisés en auto-réhabilitation par les ménages dans le cadre des rénovations énergétiques.

Sur l'analyse des prix poste par poste, certaines observations nous interpellent. La corrélation des prix à la performance de l'enveloppe (résistance thermique élevée, vitrage performante) s'avère totalement négligeable devant le bruit de fond de la variabilité des prix. Certains prix unitaires nous semblent également élevés, laissant supposer qu'il y aura une perspective d'évolution à la baisse des coûts de certains lots.

Globalement on constate un coût moyen pour le périmètre des 6 postes définissant une rénovation complète de 62 k€ TTC. S'y ajoutent en moyenne 5 k€ TTC d'autres travaux énergétiques, et 20 k€ TTC de travaux non énergétiques.

Coût moyen en €TTC	Energie (6 postes)				Autres énergie		Etudes, MOE, Test infiltro	Rénovation hors énergie		Total
	Coût TTC	Comp-létude	Non rénové	Auto-réha	Coût TTC	NC (PV)		Coût TTC	Auto-réha	
BBC (58)	58 100 €	89%	7%	4%	2 800 €	3%	4 700 €	17 600 €	2,3 postes	77 300 €
STR (31)	67 200 €	96%	1%	3%	5 700 €	3%	1 000 €	23 400 €	2,0 postes	96 800 €
E+ (12)	66 800 €	100%	0%	0%	14 500 €	0%	9 200 €	18 100 €	0,0 poste	108 700 €
Tous (101)	62 200 €	92%	4%	3%	5 200 €	3%	4 400 €	19 600 €	1,9 postes	87 000 €

Coûts moyens constatés sur les maisons suivies

Le marché de la rénovation performante en maison individuelle n'est aujourd'hui encore qu'à ses débuts (nous n'avons recensé que moins 4000 rénovations BBC ou équivalent en France²). Certains artisans ont également dû investir du temps en formation à de nouvelles techniques, alors que leur carnet de commandes en rénovation performante reste incertain.

² Voir le rapport « Panorama des dispositifs existants de rénovation performante de maisons individuelles » réalisé par Effinergie, disponible sur <https://www.effinergie.org/web/perfinmind>

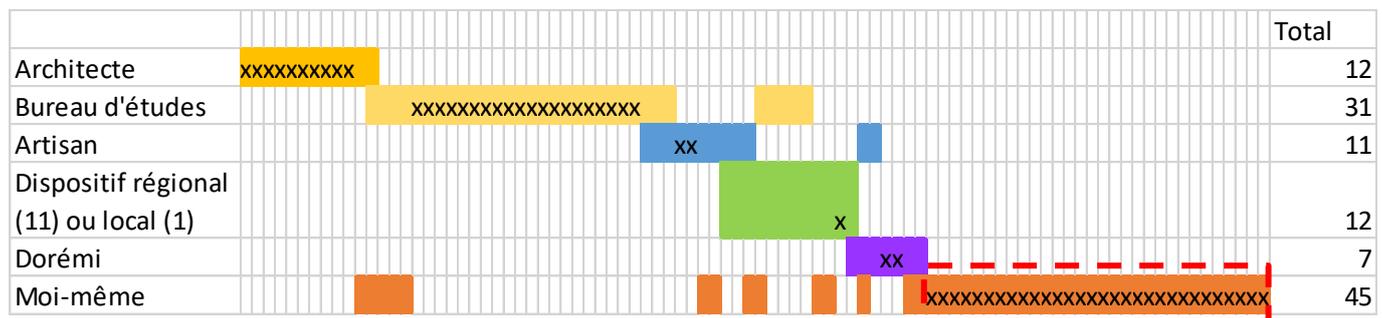
Aussi nous espérons qu'avec la multiplication attendue et nécessaire des rénovations complètes et performantes, le volume de ce marché va se développer, créant ainsi les conditions de la confiance. On peut souhaiter qu'un marché plus dynamique génère une courbe d'apprentissage et de réduction des coûts. Ainsi la massification de la rénovation performante doit permettre demain une meilleure rentabilité économique de la rénovation énergétique, et de généraliser l'équilibre en trésorerie (équivalence entre les factures énergétiques avant travaux et les mensualités de prêts + factures après travaux), qui est déjà effectif sur certaines rénovations performantes.

Quoi qu'il en soit, il est extrêmement positif que les importants dispositifs d'aide et de prêts bonifiés, présents à l'échelle nationale et régionale, ont permis, avec l'accompagnement des ménages par les différents dispositifs, le bouclage du plan de financement de ces 106 rénovations pionnières.

Accompagnement en phase chantier

L'étude sociologique livre quelques retours sur le ressenti des ménages. Si l'accompagnement par les dispositifs en phase chantier a été apprécié sans réserve par 67 % des répondants, en revanche 17 % n'en ont pas été satisfaits. À la question « Si c'était à refaire ? », 10 ménages sur les 54 qui n'ont pas eu de maître d'œuvre sur leur chantier déclarent qu'ils feraient appel à un maître d'œuvre pour coordonner le chantier. Cependant peu nombreux sont ceux qui ont engagé la dépense de faire appel à un architecte ou à un bureau d'étude.

Et de fait, l'analyse du questionnaire sur la phase chantier montre qu'un tiers des ménages a eu le sentiment d'avoir eu à gérer seul le chantier :



Cartographie des acteurs ayant accompagné chacune des rénovations, selon le ressenti des ménages. L'encadré en rouge montre qu'un tiers des ménages a eu le sentiment de gérer seul leur chantier.

Au final, la qualité des travaux est jugée satisfaisante par 80% des ménages. La mesure de l'infiltrométrie après travaux montre que les performances atteintes sont globalement bonnes : la moyenne de l'étanchéité à l'air atteinte est de $Q_4 = 0,8 \text{ m}^3/\text{h par m}^2$ soit $n_{50} = 3,1 \text{ vol/h}$. Cependant certaines maisons n'ont pas atteint les objectifs fixés, notamment les objectifs particulièrement ambitieux des STR visant un n_{50} de 1 vol/h. Sans être aussi exigeants, certaines valeurs d'infiltrométrie après travaux nous semblent fort élevées (au-delà de $n_{50} = 4,5 \text{ vol/h}$) ce qui impacte la performance. Ce sujet doit donc rester un point de vigilance important en phase chantier. A ce titre les tests d'infiltrométrie réalisés sur chantier ou en fin de chantier ont un rôle à la fois pédagogique pour les artisans et de contrôle de la qualité des prestations.

En fin du chantier, les analyses mettent en évidence l'importance du réglage des installations de ventilation et de chauffage. Equilibrage du réseau de ventilation, réglage des ventilateurs et contrôle des débits aux bouches sont des bonnes pratiques à généraliser. De même que le réglage de la loi d'eau après rénovation, le réglage et le contrôle du bon fonctionnement du thermostat, la vérification de

l'asservissement des pompes au fonctionnement de la chaudière sont nécessaires pour maximiser le confort et les économies d'énergies.

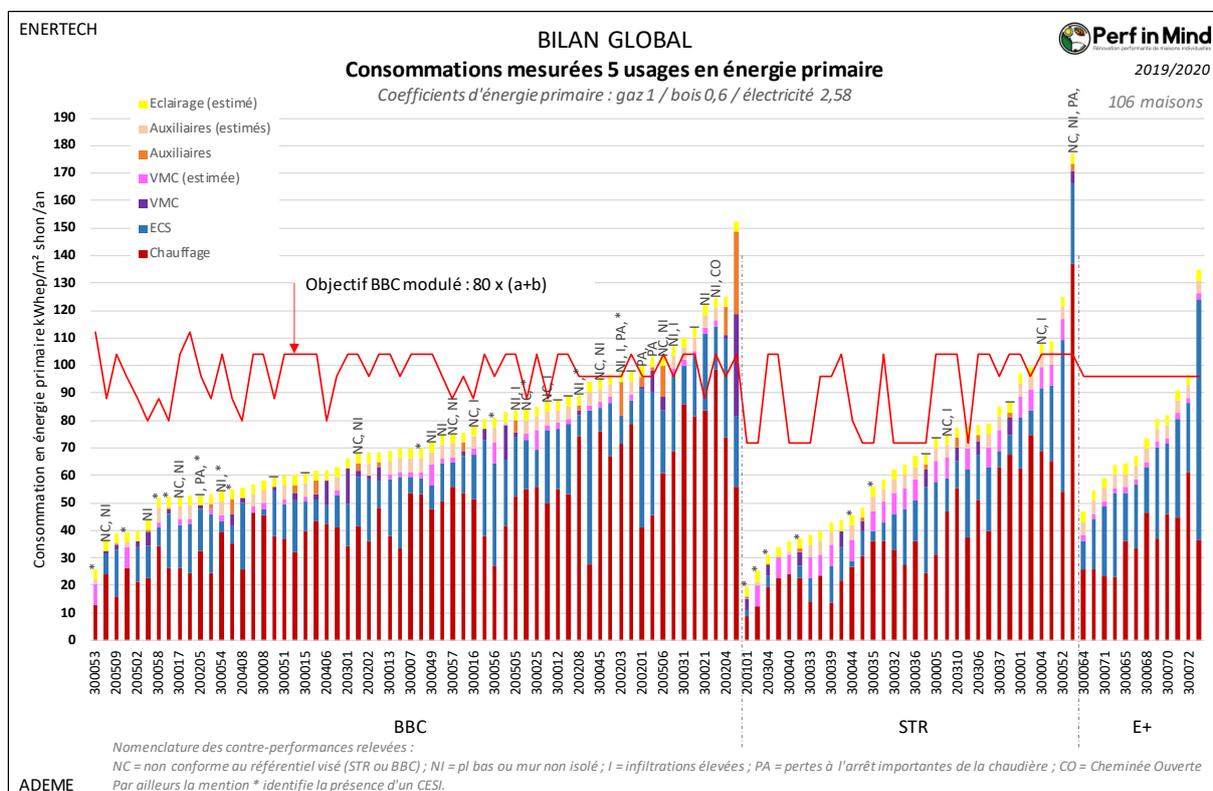
Enfin, l'explication du fonctionnement des systèmes installés aux ménages est visiblement perfectible (seulement 61 % des ménages satisfaits). Plus que la technologie elle-même, c'est le plus souvent l'interface des équipements (notamment des double flux) qui est jugée « peu conviviale » et mérite donc des explications.

L'accompagnement global de la phase chantier, et en particulier des réglages en fin de chantier et l'appropriation des systèmes nous semble donc à renforcer dans les dispositifs d'accompagnement de la rénovation performante. Les enseignements techniques de ce rapport pourraient également alimenter la formation des artisans et entreprises du bâtiment.

Après rénovation : atteinte des objectifs

Les enveloppes sont globalement très performantes et permettent d'atteindre un besoin de chauffage très faible : 45 kW.h_{ut}/m²/an en moyenne. On note également que les rénovations sans « contre-performance » (ayant respecté le référentiel visé, ayant isolé toutes les parois ou au moins la périphérie du plancher bas, et ayant maîtrisé les infiltrations) sont nettement moins consommatrices et leur performance est plus fiable (moins dispersée) que les maisons avec une ou plusieurs contre-performances sur l'enveloppe.

Pour concrétiser ce besoin de chauffage performant en consommation faible, le bon fonctionnement de la production de chauffage et de sa régulation sont essentiels. Les principales conclusions ont déjà été résumées précédemment pour la phase de conception et de réglage. Les rénovations les plus performantes allient *a minima* et pour l'essentiel une excellente enveloppe et un bon rendement de d'exploitation de chauffage (PAC de COP supérieur à 3 ; rendement chaudière supérieur à 80%, etc.).



Consommations mesurées sur 5 postes en énergie primaire selon les conventions du calcul RT2005-rénovation, mis en regard de l'objectif du BBC rénovation de chaque projet (ligne rouge)

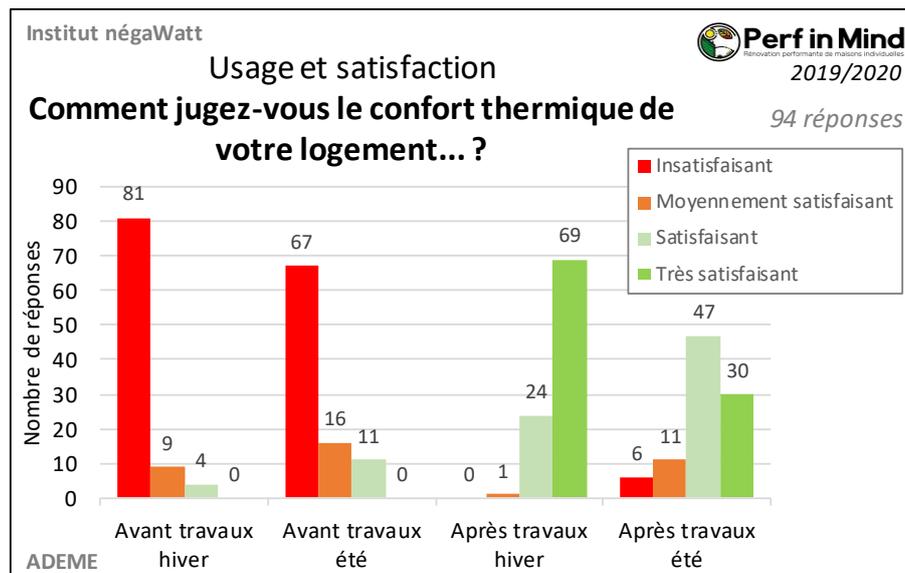
Au global, les bilans énergétiques sont très positifs (voir le graphique page suivante) :

- 70% des logements après rénovation sont en classe B ou A de l'ancien DPE (celui en vigueur au moment de leur conception),
- La très grande majorité des rénovations ont respecté l'objectif énergétique visé. Si l'on tolère 20% d'écart, ce sont 95% des rénovations BBC qui respectent leur objectif (défini en Cep sur 5 usages) et 92% des maisons EnergieSprong (objectif défini en bilan énergie positive tous usages). Pour les STR, l'objectif est défini en consommation de chauffage moyenne nationale : l'objectif de 50 kW.h/m² est donc tenu avec 48,3 kWhEP/m² en moyenne des 32 maisons suivies.

Les ménages ne s'y trompent pas : ils sont près de 80 % à se déclarer très satisfaits ou plutôt satisfaits du montant de leur facture énergétique. Aucun ne se déclare insatisfait. Cette réduction de leurs dépenses semble avoir été correctement estimée avant de réaliser les travaux, puisque les prévisions de dépenses énergétiques ont semblé satisfaisantes ou très satisfaisantes à 72 % des ménages qui ont bénéficié de ces calculs.

Confort et qualité d'air après rénovation

Le confort thermique en hiver est excellent, avec 99% de ménages satisfaits (étude sociologique et mesure). La température moyenne, tous logements confondus, est de 20,0°C ce qui est inférieur à ce qu'on observe pour les logements collectifs.



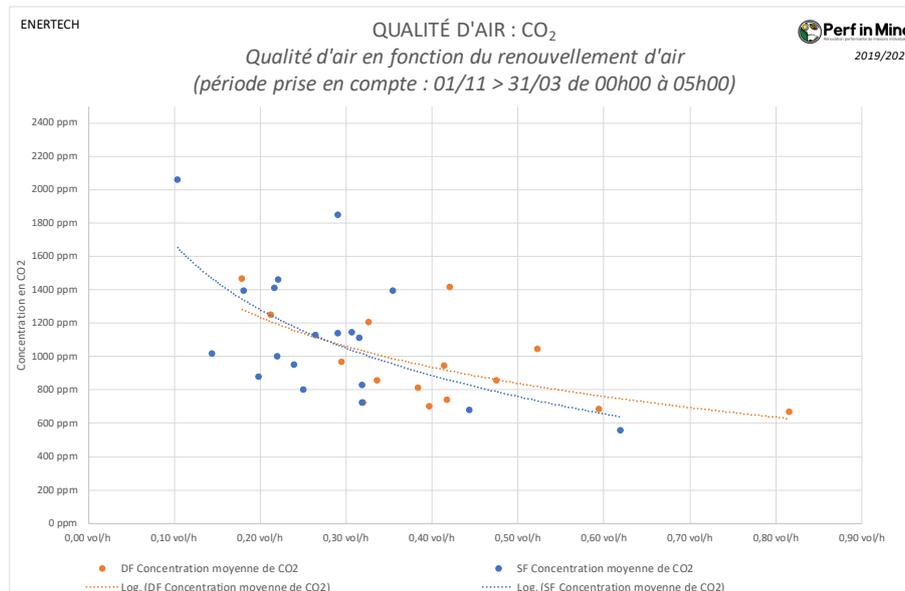
Satisfaction vis-à-vis du confort en hiver et en été, avant et après rénovation

En été, les températures mesurées sont élevées. Que ce soit avec un critère fixe de 28°C ou confort adaptatif, les résultats sont mitigés (32% des logements dépassent 28°C pendant plus de 40 heures, mais dans 56% des cas ce seuil de 28°C n'est franchi que moins de 10 heures par an). C'est donc un enjeu de conception et d'accompagnement des pratiques à ne pas négliger, a fortiori avec le risque de canicule accru dans les années à venir.

Pourtant, même si la satisfaction est un peu moins unanime que pour le confort d'hiver, les ménages sont tout de même 82% à être satisfaits du confort d'été. Dans 88% des cas, les ménages saluent un meilleur voire bien meilleur confort après rénovation qu'avant.

En termes de qualité de l'air, les analyses détaillées apportent les conclusions suivantes :

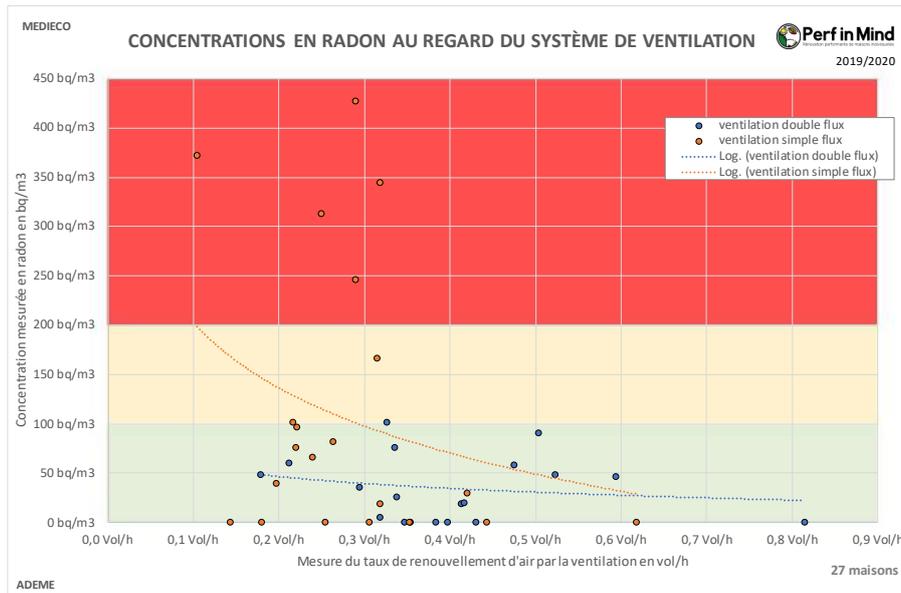
- Globalement, les concentrations moyennes des différents polluants sur la semaine de mesure sont faibles sur les 33 maisons où la mesure a été réalisée ;
- La corrélation entre taux de CO₂ et taux de renouvellement d'air est assez bonne. On peut donc affirmer que le taux de renouvellement d'air assuré par la ventilation contribue à la qualité d'air intérieur : plus le renouvellement d'air est élevé, plus la qualité d'air est bonne ;



Mesure du taux de CO₂ la nuit (en occupation, donc) en corrélation avec le taux de renouvellement d'air.

- Du point de vue du CO₂, si on souhaite être durant 80% du temps en qualité d'air moyenne ou excellente pendant la nuit, il faudrait un taux de renouvellement d'air de 0,5 vol/h, soit le niveau de renouvellement d'air attendu en simple flux autoréglable ou en double flux, mais pas celui attendu en ventilation hygroréglable. A 0,3 vol/h, soit le taux attendu en simple flux hygroréglable, la qualité d'air n'est moyenne ou excellente que 55% du temps environ.
- En termes de composés organiques volatils (COV) : une majorité de logements (57 %) présentant une concentration moyenne en COVT négligeable sur la semaine de mesure. Les moyennes hebdomadaires plus élevées sont parfois expliquées par les activités des occupants qui engendrent des pics d'émissions élevés mais ponctuels. Dans les autres cas, le bon fonctionnement du système de ventilation est souvent remis en question.
- En ce qui concerne les particules fines (PM) : pour la grande majorité de logements instrumentés, les concentrations en particules fines respectent les lignes directrices de l'OMS. Pour une maison située à proximité de l'axe autoroutier, la ventilation simple flux ne permet pas de filtrer les particules, d'où les niveaux élevés en PM₁₀ et en PM_{2,5}. Pour le deuxième logement dépassant la valeur de l'OMS en PM_{2,5}, possédant pourtant une ventilation double flux, il serait intéressant de vérifier les filtres de la ventilation. Plus globalement on observe une corrélation entre le taux de renouvellement d'air de la ventilation et les concentrations de particules fines.
- Pour le Radon enfin : la ventilation après une rénovation joue un rôle important dans le maintien des concentrations en radon. En effet, sur les 7 logements présentant des concentrations moyennes supérieures à 100 Bq/m³, 5 logements sont équipés d'une ventilation simple flux. A contrario, même dans les zones où le risque radon est élevé, la ventilation double flux semble efficace pour limiter les concentrations en radon dans les logements. Ceci s'explique par le fait

que la ventilation simple flux met les logements en dépression, ce qui aspire le radon du sol, ce qui n'est pas le cas en double flux (sous réserve d'un bon réglage des débits).

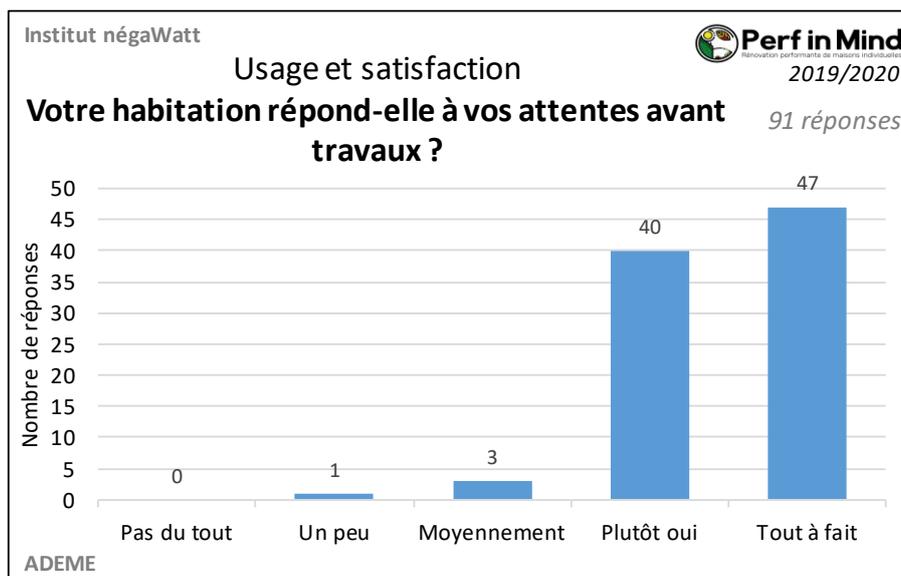


Mesures des concentrations de radon dans les logements. Corrélation avec le taux de renouvellement d'air en simple flux (courbe orange) et en double flux (courbe bleue). La ventilation double flux permet de bien mieux maîtriser le risque de Radon.

Satisfaction globale des ménages

96 % des répondants se déclarent plutôt ou entièrement satisfaits de leur rénovation et aucun ne s'est déclaré insatisfait de la rénovation performante de leur logement. C'est donc un retour globalement très positif sur la rénovation performante et les dispositifs d'accompagnement déployés sur les territoires.

Les résultats d'enquête traduisent aussi l'implication des ménages dans ces travaux de rénovation et leur montée en compétence à travers le suivi du chantier et l'apprentissage des nouveaux systèmes. Beaucoup se sont « pris au jeu » de la performance énergétique.



Statistiques de satisfaction des ménages après travaux



Les résultats sont donc très positifs sur l'ensemble des thématiques abordées : les ménages ont pu bénéficier de dispositifs d'accompagnement bien structurés, ils sont globalement satisfaits des rénovations effectuées, les performances énergétiques visées sont atteintes dans la très grande majorité des cas, le confort après rénovation est jugé globalement bon été comme hiver, la qualité d'air mesurée est globalement très bonne, et un plan de financement a pu être proposé aux ménages, qui leur a permis de réaliser ces travaux ambitieux.

Ces très bons résultats nous confortent dans notre conviction que, moyennant quelques améliorations dans les dispositifs d'accompagnement des ménages et de formation des acteurs, accompagnées du renforcement, du fléchage et de la simplification des financements, la rénovation complète et performante, est aujourd'hui prête à être massifiée pour répondre enfin aux enjeux écologiques et sociaux du 21^e siècle.