



WEBCONFÉRENCE

Organisé dans le cadre du

MOOC
RÉNOVATION PERFORMANTE
LES CLÉS DE LA RÉHABILITATION ÉNERGÉTIQUE

PerfInMind :

Retours d'expérience et nouveaux enseignements sur la rénovation BBC

Soutenu par

REPUBLICHE FRANÇAISE
Liberté Égalité Fraternité

ADEME
AGENCE DE LA Transition Énergétique

FARE Soutenu par

GOUVERNEMENT
Énergie Transition Énergétique

Le projet FARE est soutenu par l'Etat dans le cadre de FAM et Compétences et Métiers d'Avenir » du Programme France 2030, opéré par la Caisse des Dépôts.



Une rénovation performante ?



MOOC Rénovation performante ASDER/Arcane

Samuel.Courgey

Perf in Mind 1&2 - 2025.12.16





En 2005, pour initier le BBC en France nous sommes partis des très bons retours d'expérience de pays précurseurs. Qu'en est-il en France ?



5

MOOC Rénovation performante ASDER/Arcane

Samuel.Courgey

Perf in Mind 1&2 - 2025.12.16





En 2005 nous sommes partis sur les très bons retours d'expérience des pays précurseurs. Qu'en est-il en France ?



observatoireBBC
Agir pour les bâtiments de demain


Prévoir les aléas, améliorer la qualité de la construction


POLE OBSERVATOIRE
Dispositif R&D
Bâtiments performants


Rénovation performante de maisons individuelles




Rénovation performante de maisons individuelles

...etc.

6



Perf in Mind

Rénovation performante de maisons individuelles

Evaluation par la mesure de 100 rénovations performantes de maisons individuelles. (Rénovations globales et accompagnées)

Etude réalisée sur
2019/2021
Rendu. Fin 2021

Etude soutenue par l'ADEME dans le cadre de son Appel à Projet « vers des bâtiments responsables à l'horizon 2020 »

7



Perf in Mind

Rénovation performante de maisons individuelles

Evaluation par la mesure de 100 rénovations performantes de maisons individuelles. (Rénovations globales et accompagnées)

Etude réalisée sur
2019/2021
Rendu. Fin 2021

Etude soutenue par l'ADEME dans le cadre de son Appel à Projet « vers des bâtiments responsables à l'horizon 2020 »

6



Un comité de pilotage

REGION
BOURGOGNE
FRANCHE
COMTE



Un comité de suivi technique

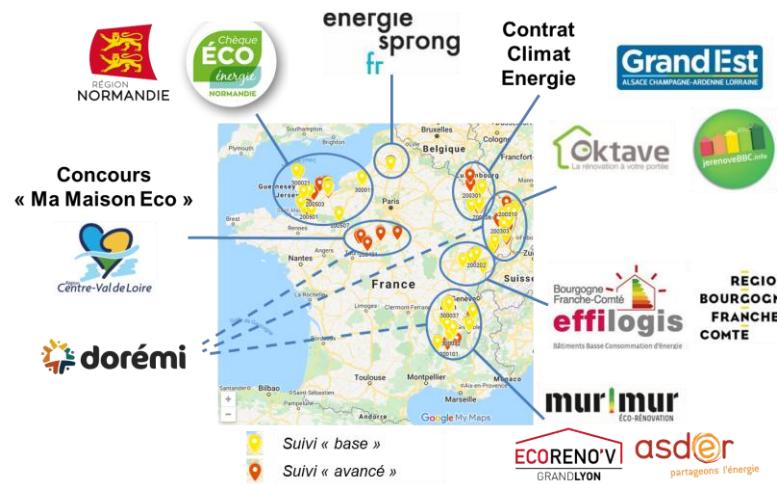


8

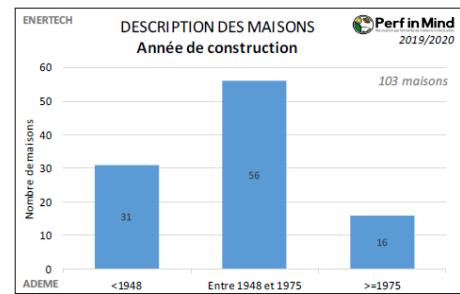


106 maisons rénovées, 11 dispositifs

Analyse multicritère énergie, confort, santé, satisfaction, coût

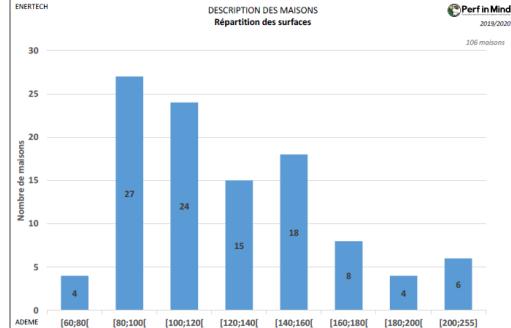
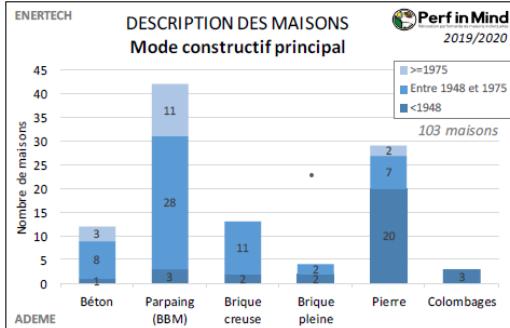


Une grande diversité de maisons suivies



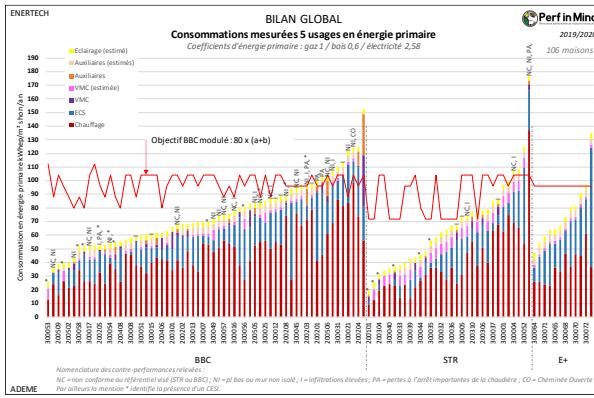


Une grande diversité de maisons suivies



106 maisons rénovées, 11 dispositifs

Succès de la rénovation complète et performante, et accompagnée



Respect des objectifs

- ✓ BBC : 95% des réno atteignent leur objectif de Cep (tolérance +20%)

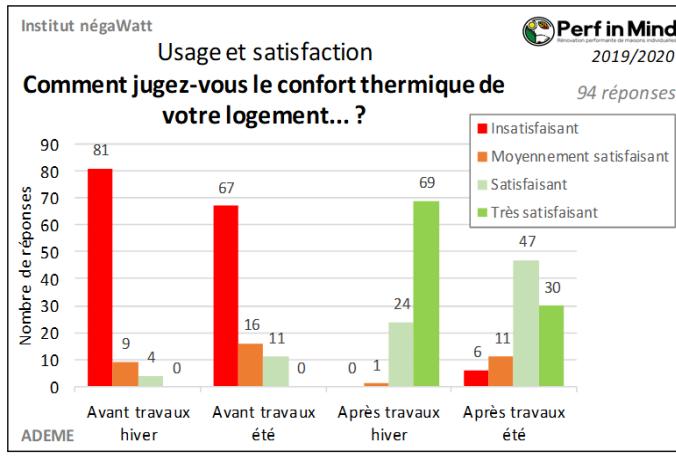
Retour des habitant·es

- ✓ 96 % des ménages plutôt ou entièrement satisfaits de leur rénovation
- ✓ 80 % satisfaits de leur facture énergétique



106 maisons rénovées, 11 dispositifs

Succès de la rénovation complète et performante, et accompagnée



- ✓ Hiver : 99% de ménages satisfaisants T° moyenne de 20°C
- ✓ 88% saluent un meilleur confort après rénovation qu'avant.

Eté : mesures décevantes

- ✗ 32% dépassent 40h à >28°C

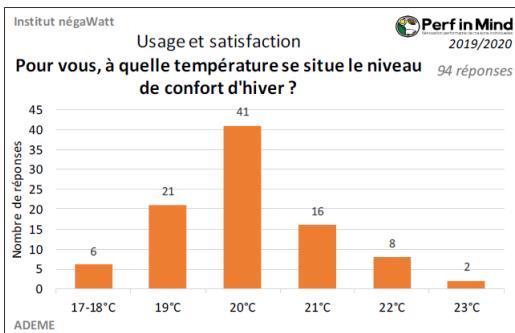
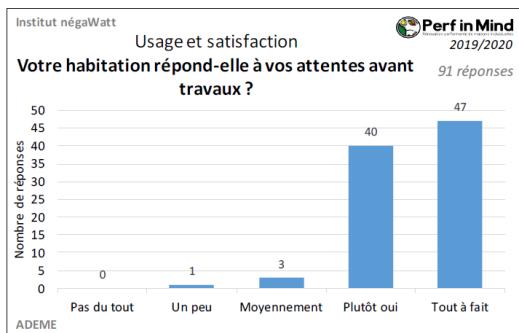
Vigilance nécessaire sur ce sujet.

Pourtant 82% satisfaisants du confort d'été

13

106 maisons rénovées, 11 dispositifs

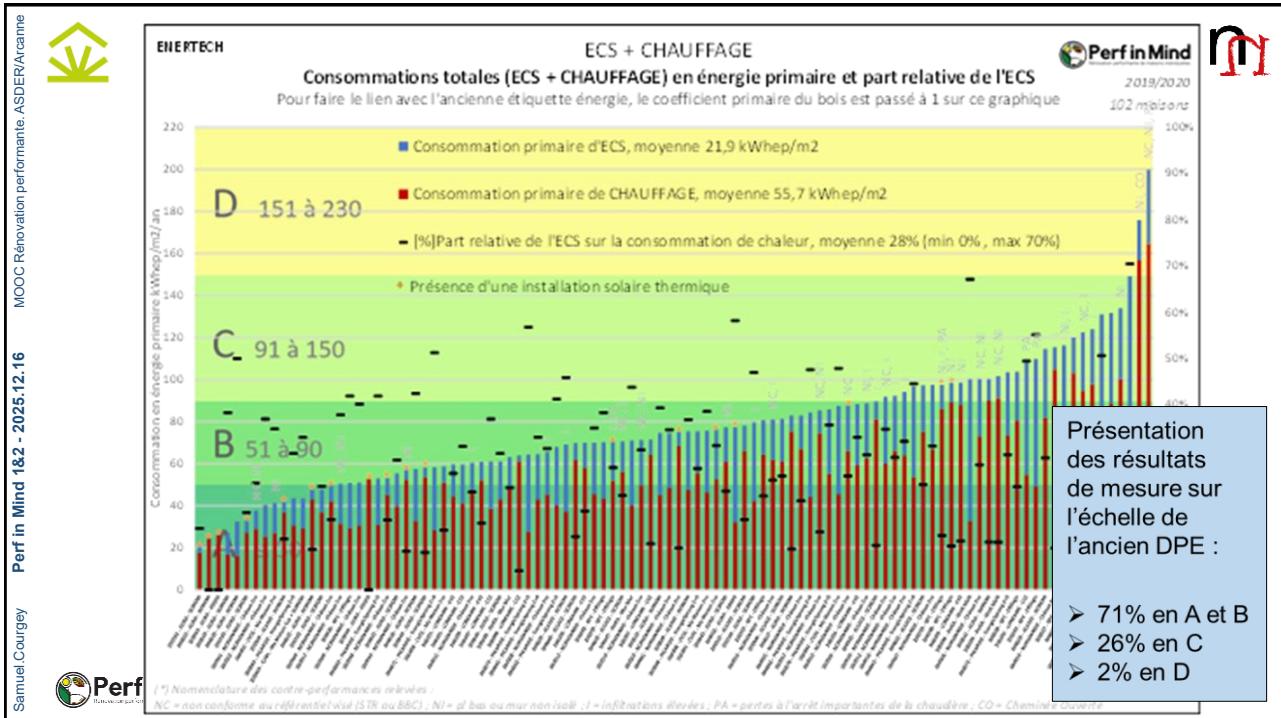
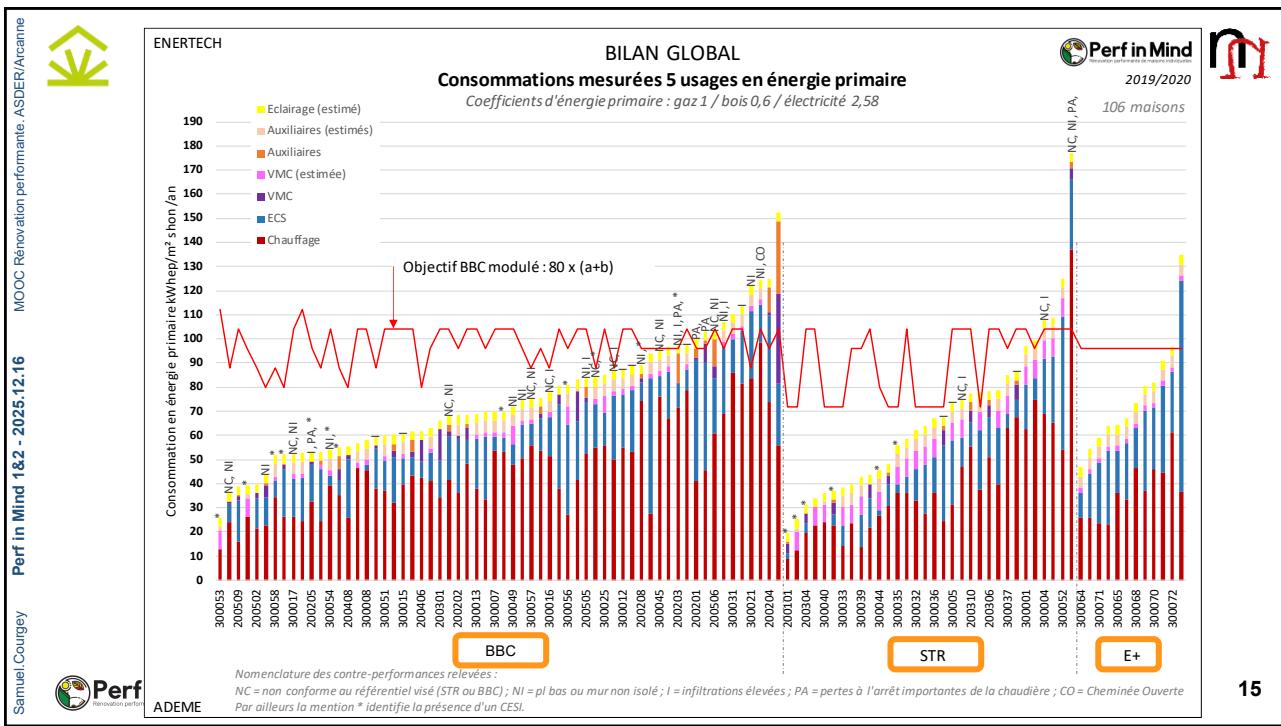
Succès de la rénovation complète et performante, et accompagnée



Importance de la notion de confort/inconfort !

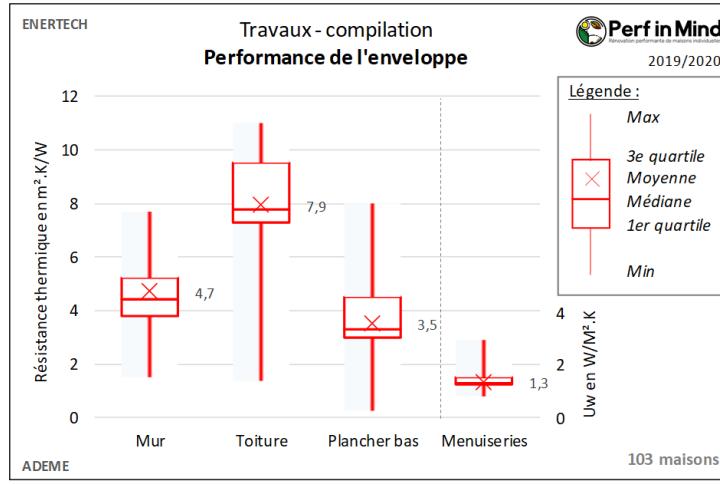
« L'impact d'un degré de plus dans ces maisons rénovées à un niveau performant se traduit par une augmentation de la consommation de chauffage de +17% »

14





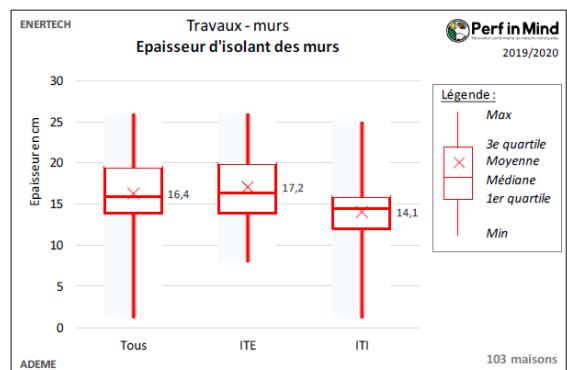
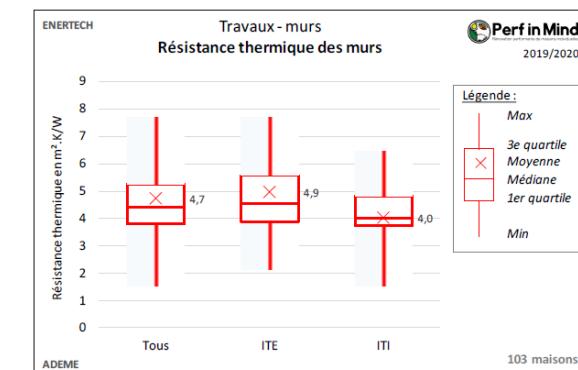
Performance des enveloppes



- ✓ De forts niveaux d'isolation
- ✓ Pour les rénés BBC, statistiques comparables à l'Observatoire BBC
- ✓ Rôle seulement partiellement prescripteur des aides

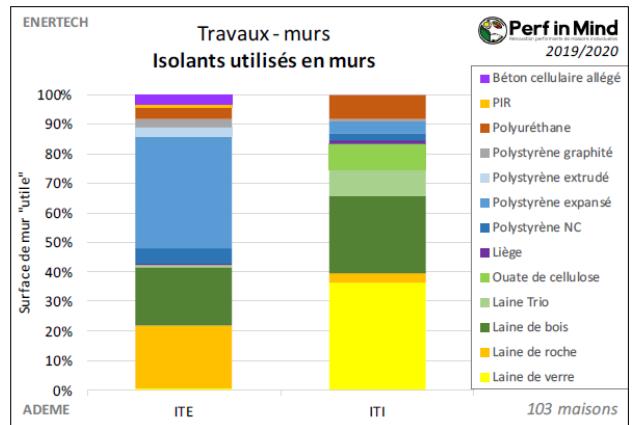
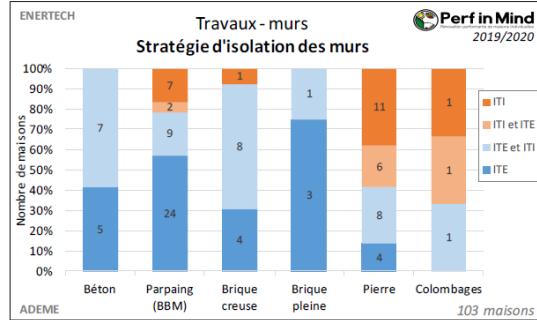


Performance des enveloppes

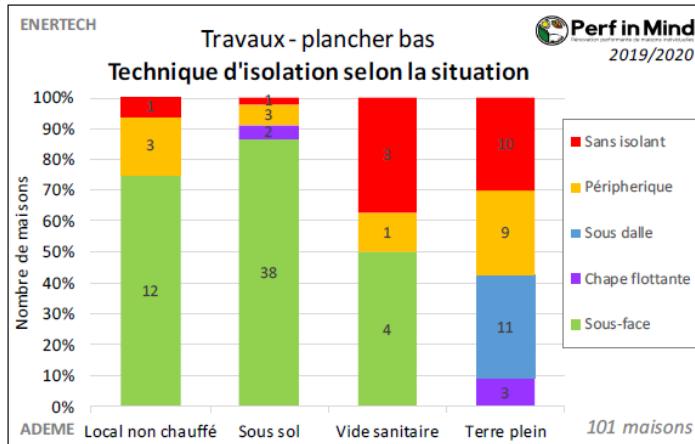




Performance des enveloppes

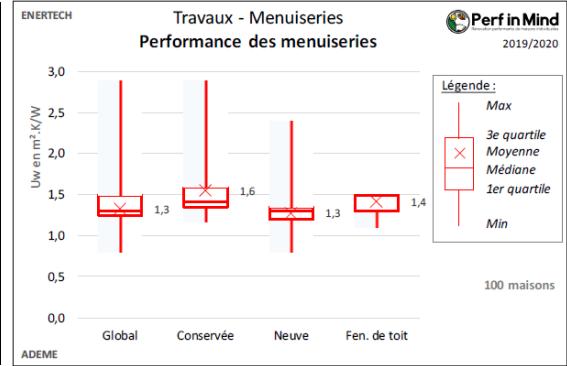
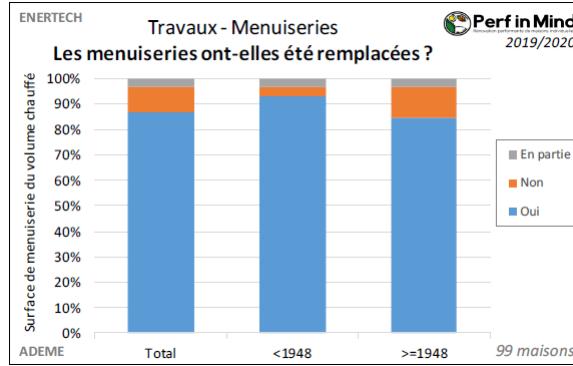


Performance des enveloppes

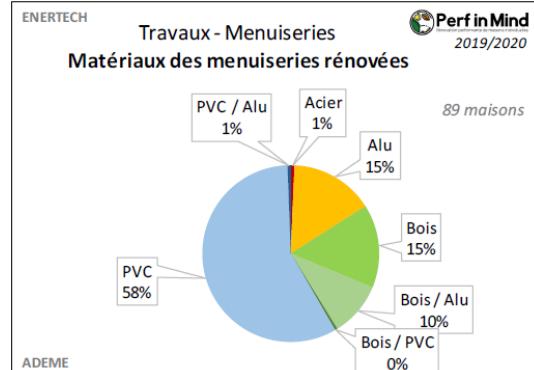
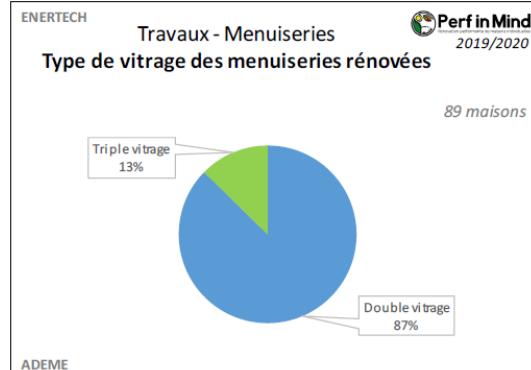




Performance des enveloppes

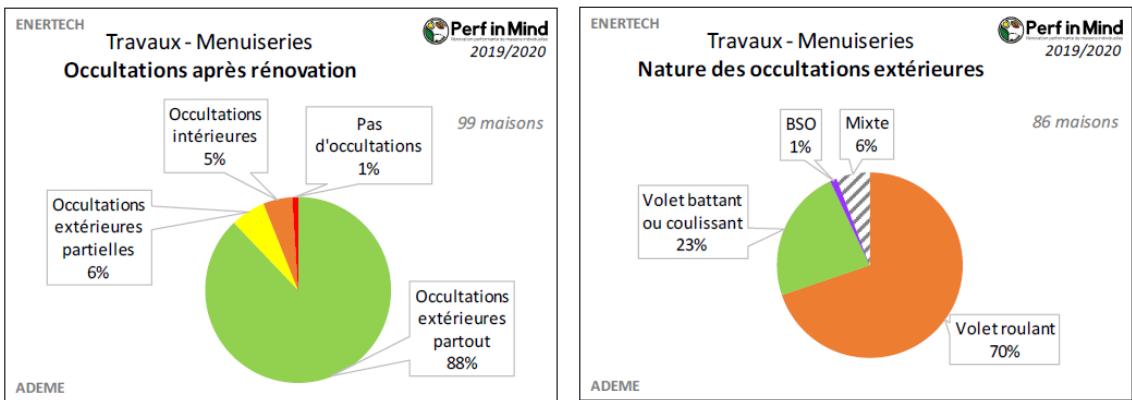


Performance des enveloppes

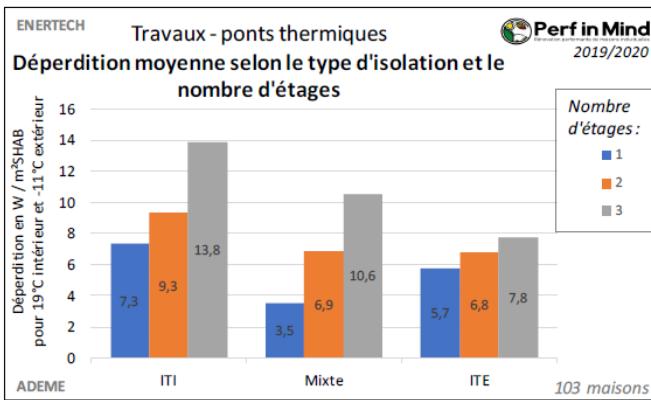




Performance des enveloppes

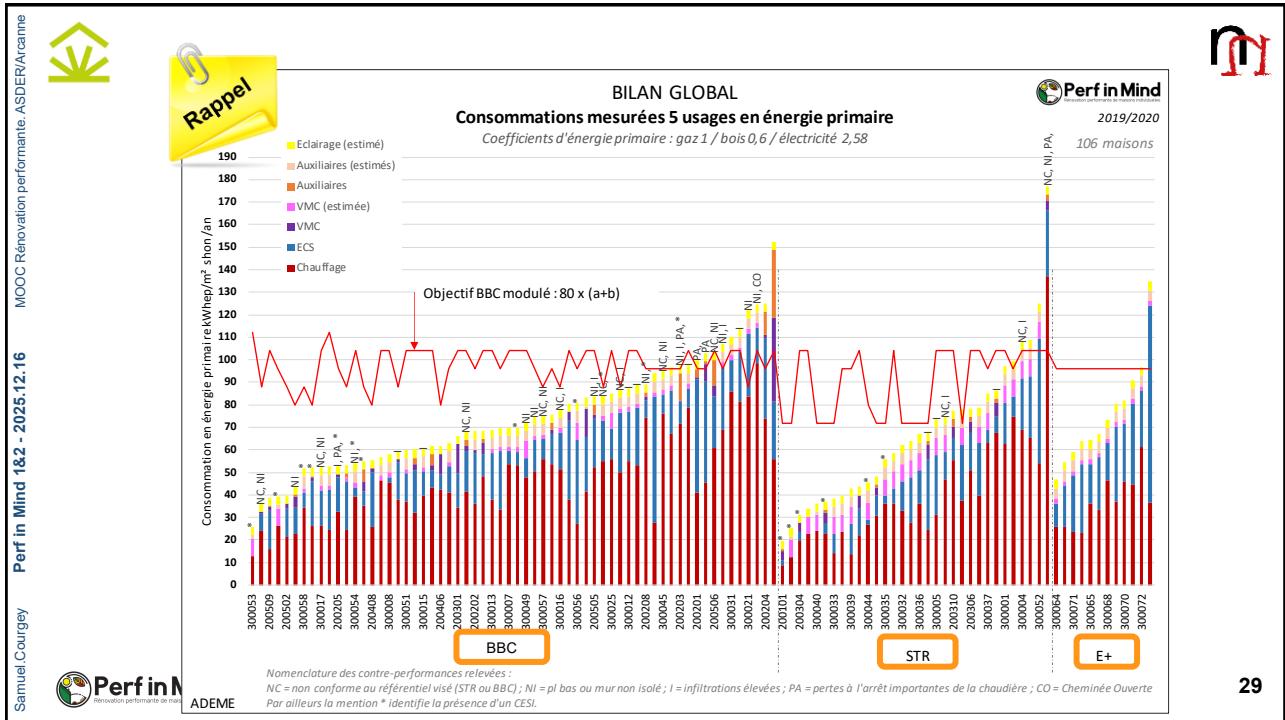
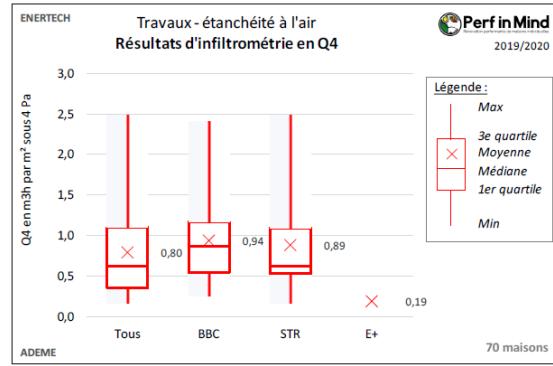
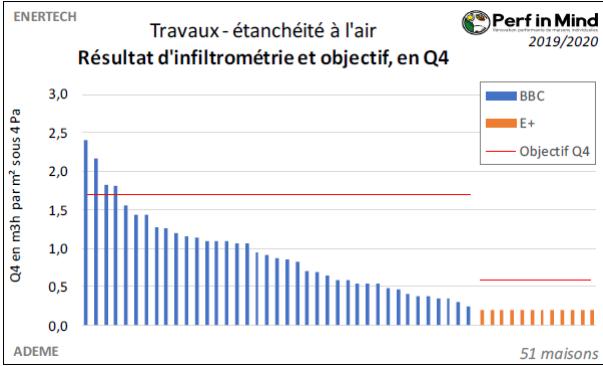


Performance des enveloppes



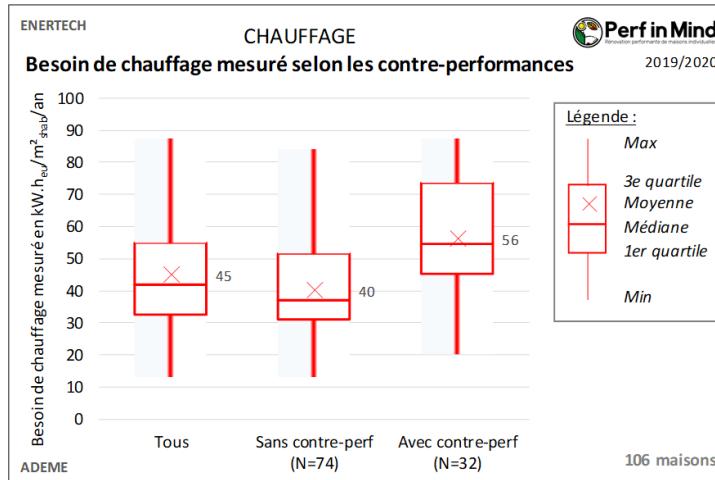


Performance des enveloppes





Performance des enveloppes



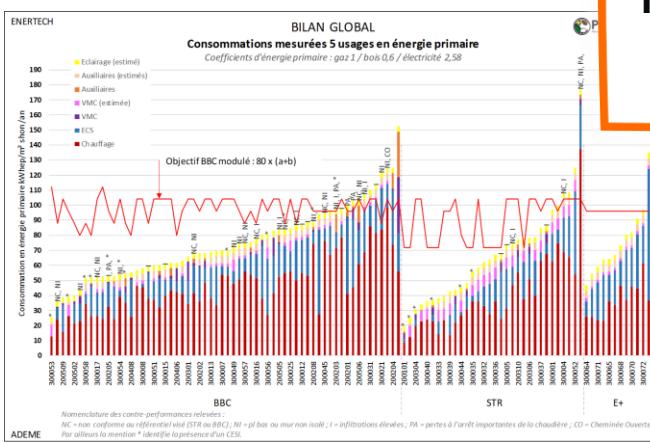
De rares contre-performances

- ✗ Référentiel non respecté : 16% en BBC, 9% en STR
- ✗ Partie de mur ou plancher bas non isolé (pas même en périphérie)
- ✗ Infiltrations importantes

30



Ne pas respecter les référentiels proposés pénalise généralement fortement la performance finale réelle !



31

En enseignements de l'analyse fine des projets :

- pour les parois que l'on ne peut pas réellement isoler, une isolation légère est très pertinente (pour le sol : une isolation périphérique)
- pour tous les projets : pensez à travailler finement l'étanchéité à l'air !

Ne pas respecter les référentiels pénalise généralement fortement la performance finale réelle !

Samuel.Courgey
Perf in Mind 1&2 - 2025.12.16
MOOC Rénovation performante ASDER/Arcame

Perf in Mind
29
32

Performance du chauffage

ENERTECH

CHAUFFAGE

Energie avant/après travaux de rénovation

106 maisons

CHAUFFAGE

Système principal d'émission de chaleur après travaux de rénovation

Samuel.Courgey

Perf in Mind 1&2 - 2025.12.16

MOOC Rénovation performante ASDER/Arcame

Perf in Mind
33

Performance des chaudières

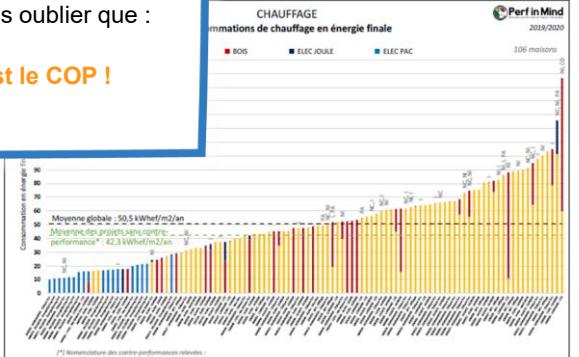
✓ **Rendements globalement bons**, néanmoins :

- ✗ Mauvais rendement pour certaines chaudières conservées
- ✗ Certaines régulations terminales peu performantes
- ✗ Rendement quelques fois très mauvais sur l'ECS

Performance des pompes à chaleur

✓ **COP globalement bons**, mais ne pas oublier que :

Plus la maison est isolée, meilleur est le COP !



CHAUSSAGE
Consommations de chauffage en énergie finale

Perf in Mind 2019/2020

106 maisons

Moyenne globale : 59.5 kWh/m²/an
Moyenne COP moyen : 42.3 kWh/m²/an

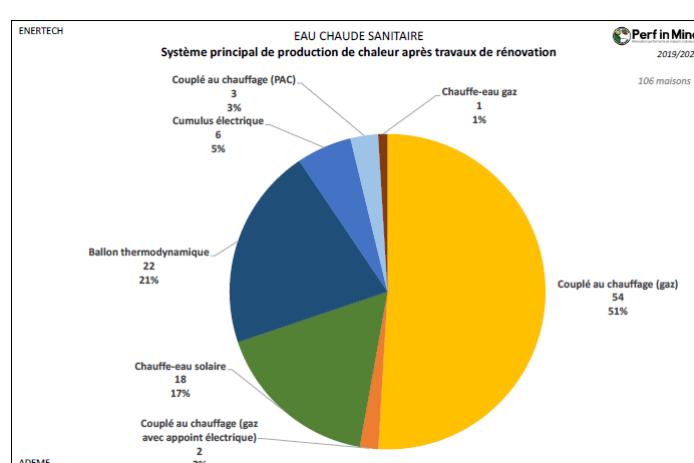
ADEME

(*) Nomenclature des contre performances relevées : NC = non conforme au référentiel vital (ETB ou BPC), NC = pas bas ou pas très bas ; I = infiltrations élevées ; PA = pertes à l'arrêt importantes de la chaudière ; CO = Cheminée ouverte

Samuel.Courgey
Perf in Mind 1&2 - 2025.12.16
MOOC Rénovation performante ASDER/Arcane

34

Performance du poste ECS



ENERTECH

EAU CHAUDE SANITAIRE

Système principal de production de chaleur après travaux de rénovation

Perf in Mind 2019/2020

106 maisons

ADEME

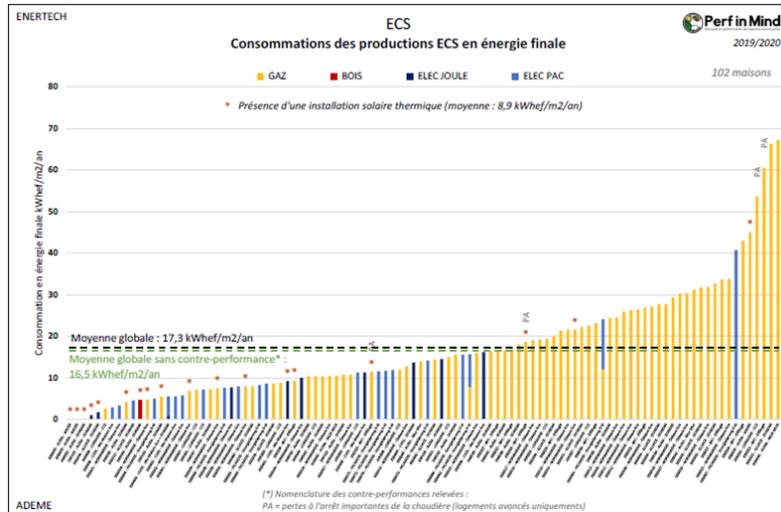


Samuel.Courgey
Perf in Mind 1&2 - 2025.12.16
MOOC Rénovation performante ASDER/Arcane

36



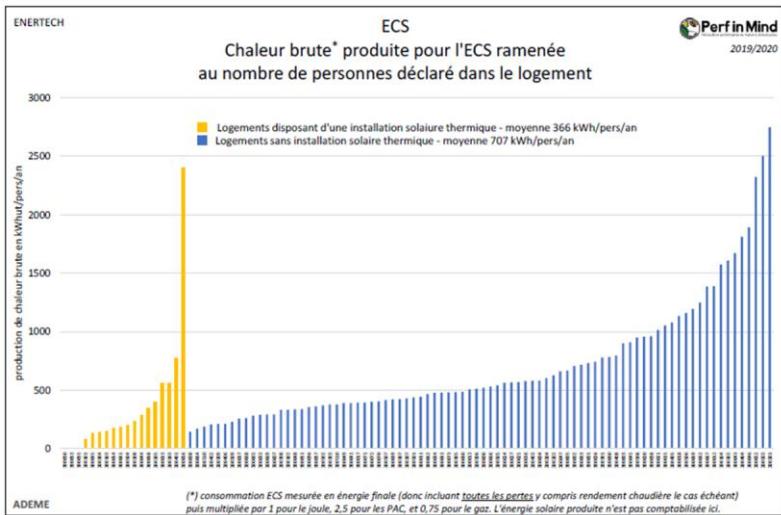
Performance du poste ECS



37



Performance du poste ECS



38

« Il est clair que de très nombreux paramètres entrent en jeu dans ce résultat :

- biais déclaratif sur le nombre de personnes / effectif moyen dans le logement ;
- rendements de production et pertes de stockage hétérogènes d'une installation à l'autre ;
- profils de consommation d'ECS très différents d'une personne à l'autre (adolescent vs. personne âgée par exemple) ;
 - débits aux points de puisage disparates par logements »

ECS
Production de chaleur brute* produite pour l'ECS ramenée
Nombre de personnes déclaré dans le logement

Perf in Mind 2019/2020

ADEME

(*): consommation ECS mesurée en énergie brute (dans incluant toutes les pertes y compris rendement chaudière le cas échéant) puis multipliée par 1 pour le sucre, 2,5 pour les PAC, et 0,75 pour le gaz. L'énergie solaire produite n'est pas comptabilisée ici.

39

« Il est clair que de très nombreux paramètres entrent en jeu dans ce résultat :

- Biais déclaratif sur le nombre de personnes effectif moyen dans le logement ;
- Rendements de production et pertes de stockage hétérogènes d'une installation à l'autre ;
- Profils de consommation d'ECS très différents d'une personne à l'autre (adolescent vs. Personne âgée par exemple) ;
 - Débits aux points de puisage disparates par logements »

ECS
Production de chaleur brute* produite pour l'ECS ramenée
Nombre de personnes déclaré dans le logement

Perf in Mind 2019/2020

ADEME

(*): consommation ECS mesurée en énergie brute (dans incluant toutes les pertes y compris rendement chaudière le cas échéant) puis multipliée par 1 pour le sucre, 2,5 pour les PAC, et 0,75 pour le gaz. L'énergie solaire produite n'est pas comptabilisée ici.

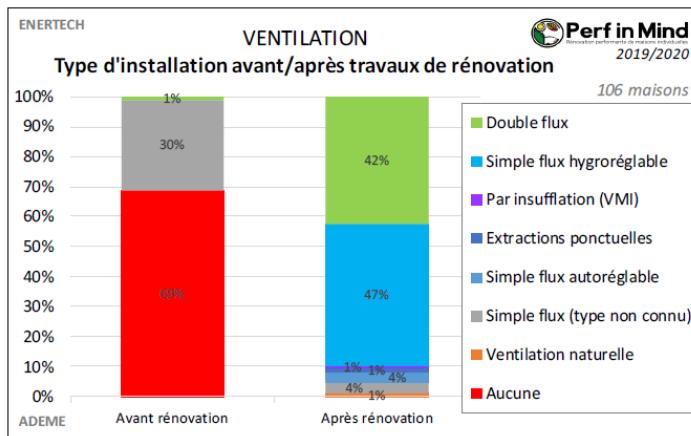
37

Le poste "Eau Chaude Sanitaire" est un poste de première importance si l'on vise une réelle performance énergétique en résidentiel !

40



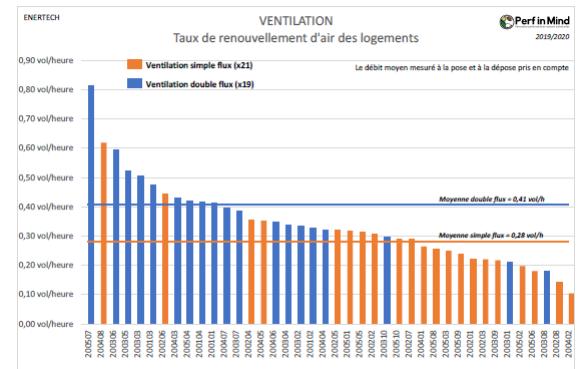
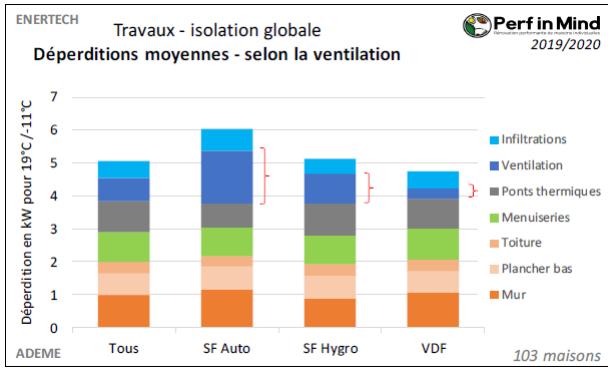
Performance du poste Ventilation



41

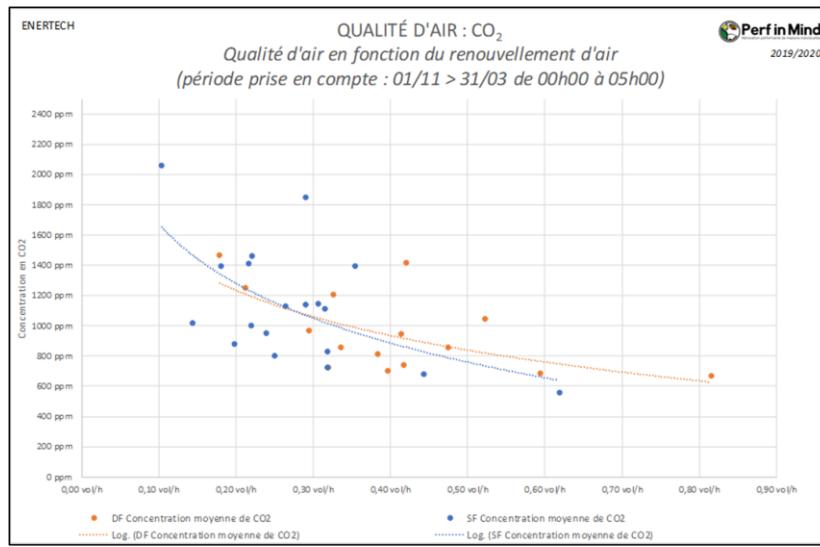


Performance du poste Ventilation





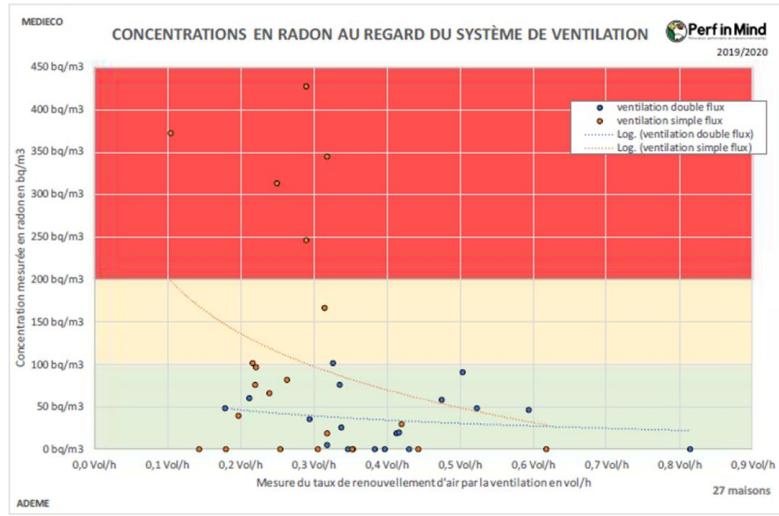
Performance du poste Ventilation



43



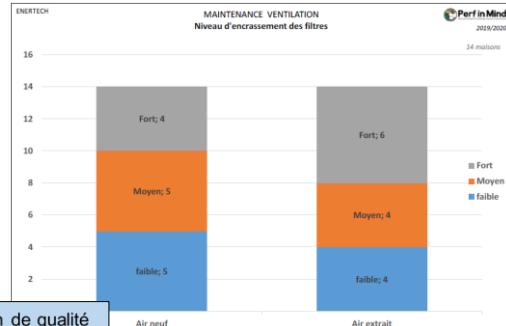
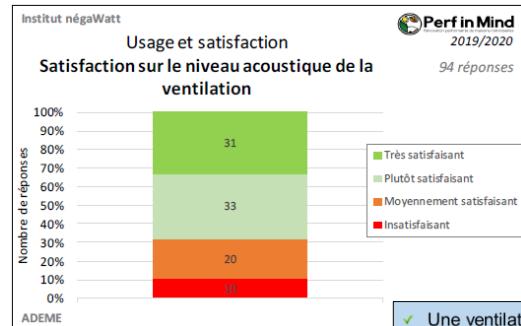
Performance du poste Ventilation



44



Performance du poste Ventilation

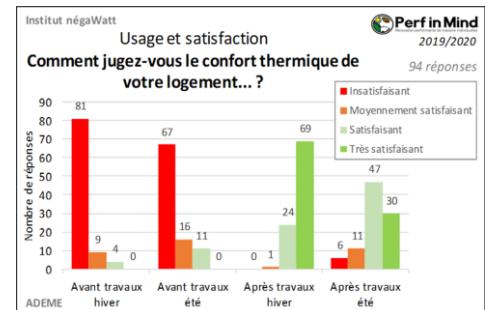
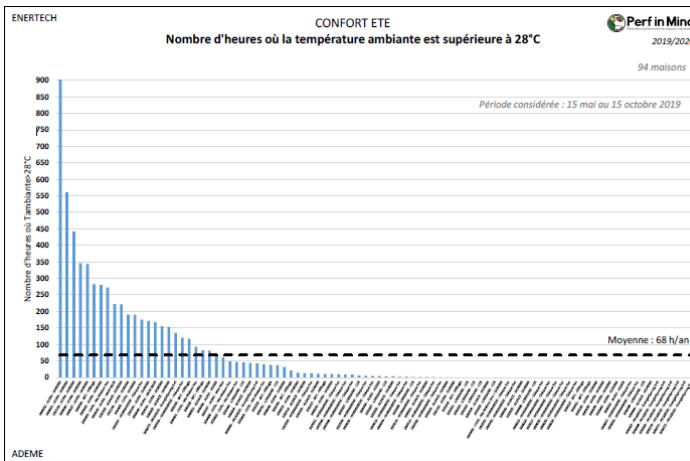


- ✓ Une ventilation de qualité et bien réglée assure une bonne qualité d'air
- ✗ Vigilance au radon en ventilation simple flux
- ✗ Vigilance au réglage et à l'entretien

45



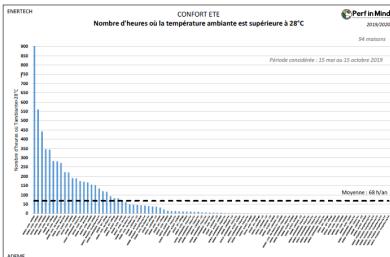
Confort d'été ?



46



Confort d'été ?



« Nous avons cherché, outre la rigueur climatique, des facteurs expliquant ces observations :

- **Le logement le plus inconfortable** au sens de ce critère (903 heures, soit près de 38 jours) n'est équipé que d'occultations partielles. De plus, son occupant indique ne mettre en œuvre aucune pratique permettant de limiter la surchauffe (occultation, aération nocturne...). Pourtant, il se déclare satisfait du niveau de confort de son logement.

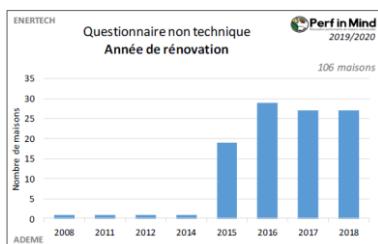
- **Les 5 logements** qui présentent le plus grand nombre d'heures pendant lequel la température ambiante dépasse (plus de 300 heures dans tous les cas) sont situés en AURA et ont un nombre de DJU froid supérieur à 520. Mais, dans le même temps, 3 logements présentant un nombre de DJU froid supérieur à 520 ne présentent aucune heure supérieure à 28°C.

- **Il n'existe pas de corrélation immédiate et simple entre le nombre d'heures pendant lesquelles la température intérieure est supérieure à 28°C et les caractéristiques du bâti** (Ubat, ratio surface vitrée/surface habitable, présence de vélux, type d'isolation, occultations...). Le confort s'explique en effet à la fois par la conjugaison de l'ensemble des spécificités du logement et la façon dont il est utilisé. »

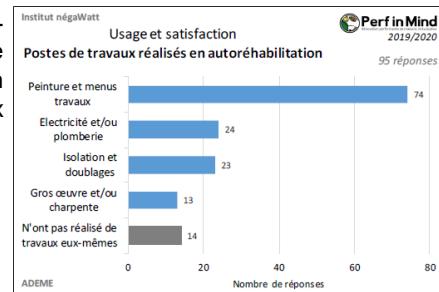
47



Analyse du coût des opérations



Part non-négligeable de participation aux travaux



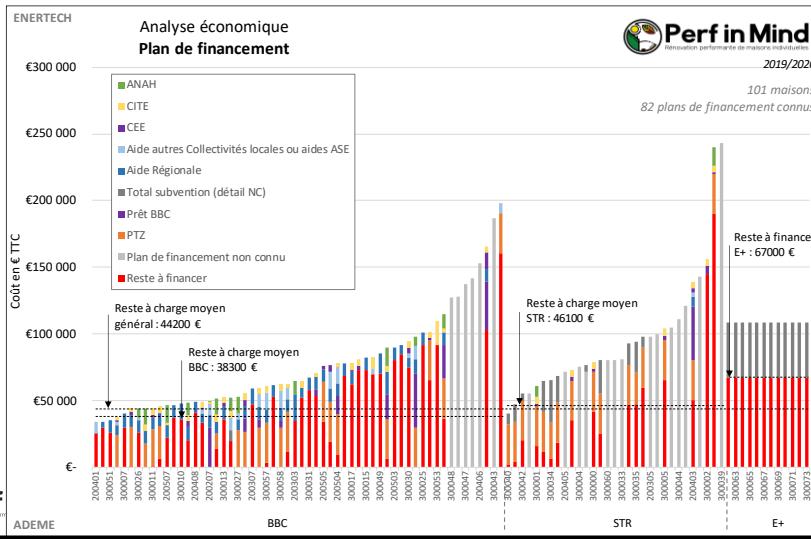
Coûts moyens constatés :

Coût moyen en €TTC	Energie (6 postes)				Autres qu'énergie		Etudes, MOE, Test infiltratio	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 €

48



Analyse du plan de financement



- ✓ Des cas de reste à financer nul (avec PTZ, avec ou sans ANAH)
- ✓ Montants de subventions et prêts bonifiés importants
- ✓ Aide au montage financier essentielle

✓ **Un plan de financement satisfaisant a pu être proposé à tous ces ménages « pionniers ».**

49



Rénovation performante - Les clés du succès

La volonté politique

de certaines Régions, collectivités territoriales et dispositifs nationaux d'encourager et soutenir la rénovation performante (BBC ou équivalent)

Des dispositifs d'accompagnement

des ménages, notamment en phase chantier et lors de la réception des équipements

Le financement

Une généralisation des rénovations performantes qui implique un renforcement, un fléchage et une simplification des financements.

La formation

des acteurs aux nouvelles compétences techniques.

Un lien de confiance

entre les ménages et la chaîne d'acteurs intervenant sur le projet de rénovation.

Un première étape-clé : Le diagnostic

Etat des lieux technique et architectural



De nombreux livrables



Retrouvez l'ensemble des livrables du projet à partir de la page :

<https://associationarcanne.com/webinaire-perfin-mind/>

51



En 2005 nous sommes partis sur les très bons retours d'expérience des pays précurseurs. Qu'en est-il en France ?



observatoireBBC
Agir pour les bâtiments de demain



...etc.



Perf in Mind
Rénovation performante de maisons individuelles



Perf in Mind
Rénovation performante de maisons individuelles

5

52

MOOC Rénovation performante ASDER/Arcame

ENERTECH SCOP effinergie Muriel DUPRET Khedidja MAMOU verzo RECto arcame

Perf in Mind II

Rénovation performante de maisons individuelles

Poursuite de l'analyse des rénovations énergétiques en maisons individuelles.

Etude soutenue par l'ADEME dans le cadre de son Appel à Projet « vers des bâtiments responsables » de 2022

Etude réalisée sur 2022/2025. Rendu. Fin 2025

ADEME

AGENCE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

53

MOOC Rénovation performante ASDER/Arcame

ENERTECH SCOP effinergie Muriel DUPRET Khedidja MAMOU verzo RECto arcame

Perf in Mind II

Rénovation performante de maisons individuelles

Poursuite de l'analyse des rénovations énergétiques en maisons individuelles.

Etude soutenue par l'ADEME dans le cadre de son Appel à Projet « vers des bâtiments responsables » de 2022

Etude réalisée sur 2022/2025. Rendu. Fin 2025

ADEME

AGENCE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

48

Membres du CoPil :

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

ADEME

RÉGION NORMANDIE

RÉGION BOURGOGNE FRANCHE COMTÉ

Centre-Val de Loire

Agence nationale de l'habitat

CLER RÉSEAU POUR LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

AREC Occitanie

envirobat OCCITANIE

dorémi

54



Objectifs du projet

Dans la continuité de Perf in Mind 1

- **Communication** : valoriser les très bons résultats mesurés dans PiM et faire évoluer les pratiques
- **Mesure de terrain** : élargir l'étude à des rénovations issues de dispositifs avec des ambitions énergétiques différentes
- **Confort d'été** : affiner l'analyse croisée de la mesure et du ressenti des habitants
- **Analyse de Cycle de Vie et Coût global** des rénovations
- **Isolants biosourcés en ITI** : revue de littérature scientifique, mesures in situ et simulations WUFI®



Perf in Mind II
Rénovation performante de maisons individuelles



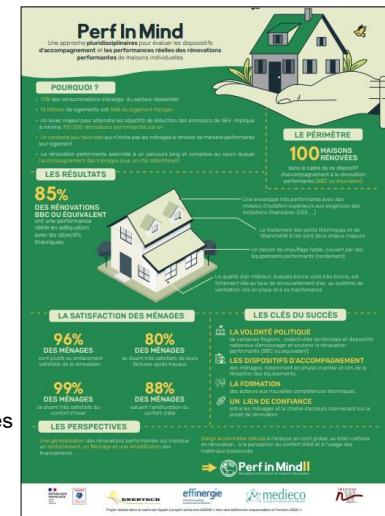
55



Lot 1. Diffusion et appropriation des résultats

. Valoriser les résultats de Perf in Mind I

- Des **résultats opérationnels et performants**
 - Plus 85% des rénovations BBC atteignent leurs objectifs de consommations réelles
 - Un taux de satisfaction élevé qu'elle que soit la thématique
 - Une qualité de l'air intérieur bonne voire très bonne associée à la présence de système de ventil. performant et à leur maintenance
- Des **clés du succès**
 - La qualité et le dimensionnement de l'accompagnement
 - La formation des acteurs aux nouvelles compétences
 - Le lien de confiance
 - Une ambition portée par la puissance publique avec des aides ciblées
- Faire **œuvre de pédagogie**



56



Lot 1. Diffusion et appropriation des résultats

. Valoriser les résultats de Perf in Mind I



L'ensemble des livrables sur le [lien de téléchargement](#)

57



Lot 2. Campagne de mesures

. Présentation de l'échantillon

- 40 nouvelles maisons suivies
- Niveaux de performance :
 - 17 « Coup de pouce rénovation globale »
 - 15 rénovations BBC par étapes
 - 8 BBC rénovation
- Niveaux de suivi : base, intermédiaire, avancé (15 en PAC air-eau)
- Diversité de climat



Parpaing 1970



Colombages 1700



Mâchefer 1930



Monomur 1970



Brique creuse 1950

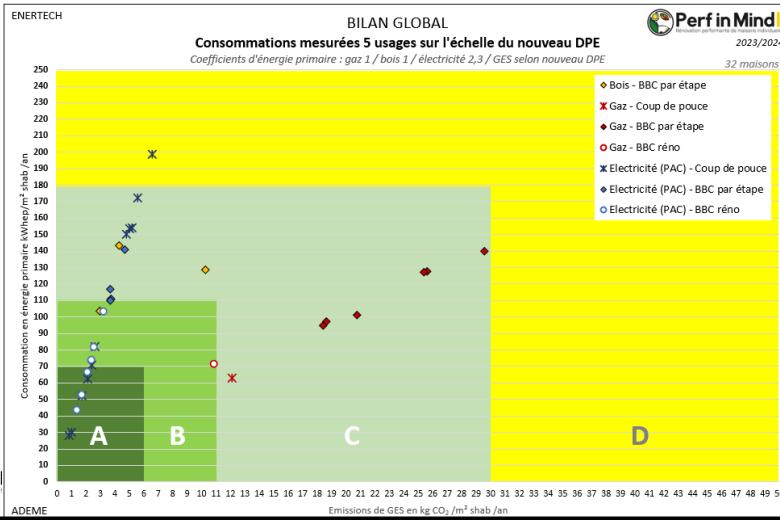
58

26



Lot 2. Campagne de mesures

. Quelles performances mesurées ?



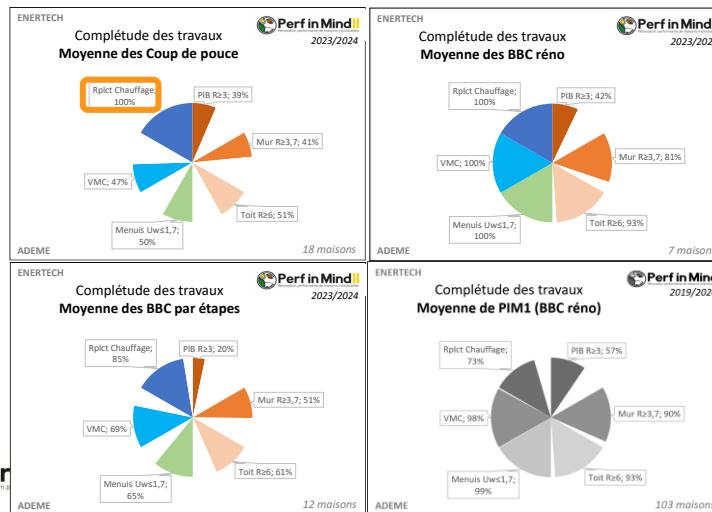
- Toutes les rénovations BBC sont en classe A ou B
- 90% des rénovations « BBC par étapes » sont en classe C
- Grande variation des résultats des rénovations « Coup de pouce », certaines en classe C ou D, d'autres en classe A (AMO + H3)

59



Lot 2. Campagne de mesures

. Caractérisation des travaux

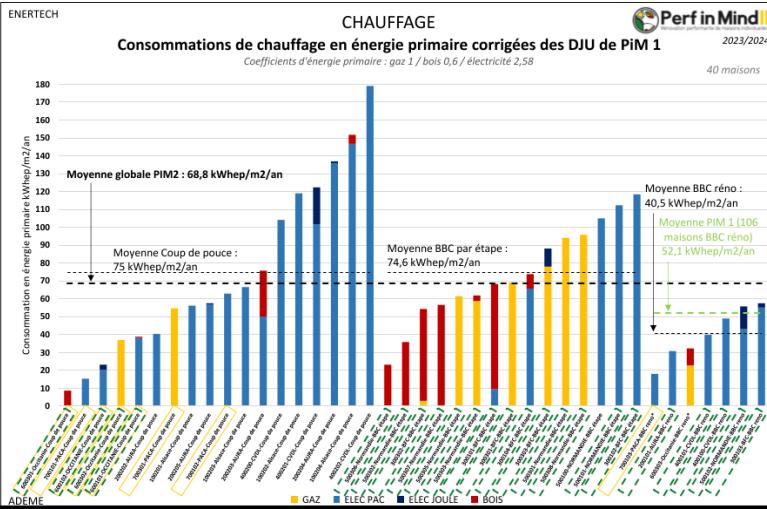


- La rénovation BBC est complète et performante
- « Coup de pouce » et BBC par étapes moins complets que BBC
- Le plancher bas reste peu traité
- Performances unitaires moindres en "Coup de pouce"
- Calcul "Coup de pouce" : Cep initial parfois étonnant (jusqu'à 920 kW.h/m²)
- Quelques malfaçons constatées et/ou signalées par les ménages

60

Lot 2. Campagne de mesures

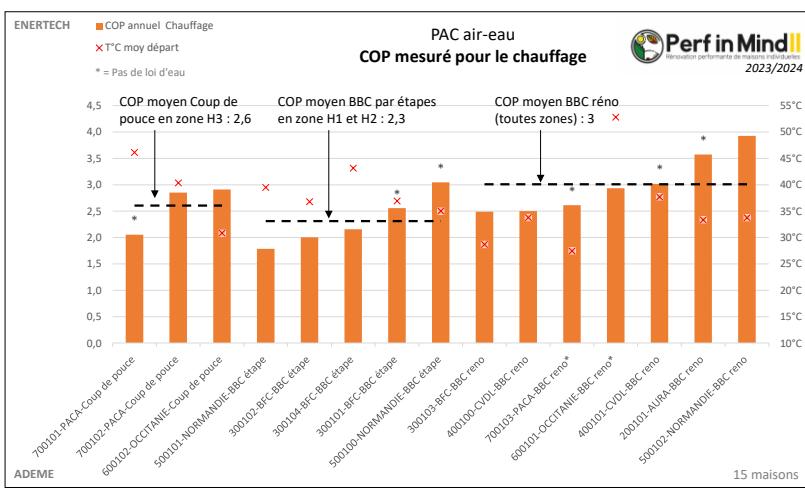
. Consommation mesurée de chauffage



- Les rénovations BBC confirment leur performance
- "Coup de pouce" et BBC par étapes : moins performants, et résultats plus dispersés,
- Importance majeure de l'accompagnement sur l'atteinte d'une performance globale
- Un cadre technique (référentiel) adapté + un accompagnement qualitatif = des résultats à la hauteur des attentes et des objectifs.

61

Lot 2. Campagne de mesures



- Moyenne en BBC réno : COP de 3
- Marge de progression (réglages)
- Le COP est dégradé si la rénovation est moins performante
- Proposition : Revoir les hypothèses de COP du DPE

63

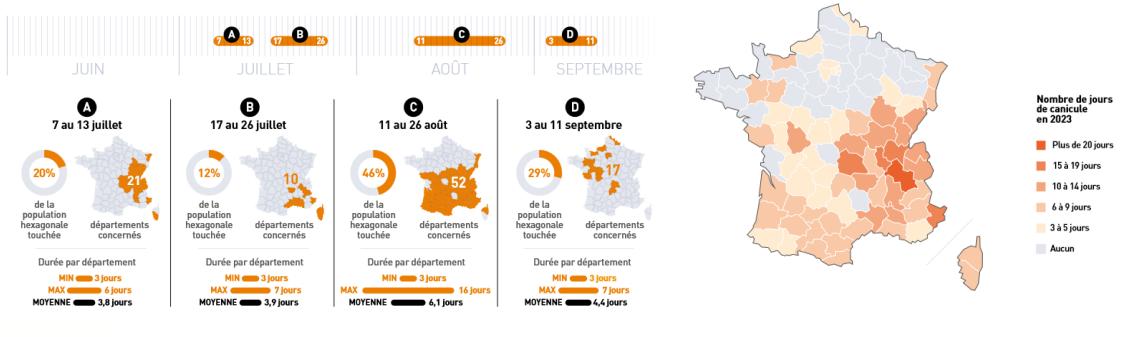


Lot 3. (In)confort d'été

. (In)confort d'été mesuré, perçu et vécu

Objectif : Comprendre la divergence fréquente entre mesure dite « objective » des paramètres de confort (température, hygrométrie etc.) et ressenti/perception du confort par les habitants

Période étudiée : été 2023, 4^{ème} été le plus chaud en France depuis le début du 20^{ème} siècle



Lot 3. (In)confort d'été

. Déploiement d'une méthodologie de mesure et d'enquête “en temps réel”



* Quelle(s) action(s) avez-vous mises en œuvre très concrètement aujourd’hui pour lutter contre l’inconfort ?

Vous pouvez sélectionner une ou plusieurs actions.

	Aucune action
	Fenêtres ouvertes la nuit
	Fenêtres ouvertes le jour
	Fermeture des volets le jour
	Utilisation d'un ventilateur
	Utilisation d'une climatisation
	Température / hygrométrie ambiante

* Comment avez-vous trouvé l’ambiance de votre logement aujourd’hui ?

Très confortable, Confortable, Peu confortable, Inconfortable, Insatisfaisant

Je n’ai pas trouvé de solution, Autre (précisez) ?



Lot 3. (In)confort d'été

. Déploiement d'une méthodologie de mesure et d'enquête "en temps réel"

Approche pluridisciplinaire croisée

Mesures par instrumentation (40 maisons)

- **Température et hygrométrie** dans le séjour
- **Température** dans la chambre présentant la plus forte densité d'occupation

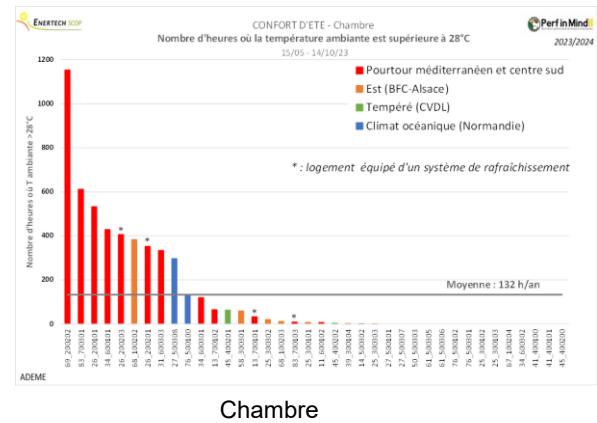
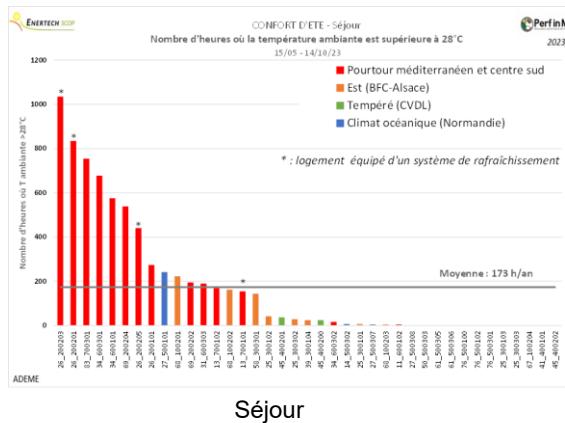
Enquête quantitative et qualitative

- **Questionnaire générique** autour du ressenti global du confort thermique d'été avant / après travaux de rénovation.
- **Suivi en temps réel** des perceptions du confort et des stratégies mises en œuvre pour avoir moins chaud (23 maisons)
- **Entretiens semi-directifs** autour de la rénovation, des installations, des confort et inconforts et de ce qui est mis en œuvre pour avoir moins chaud (16 entretiens)

67



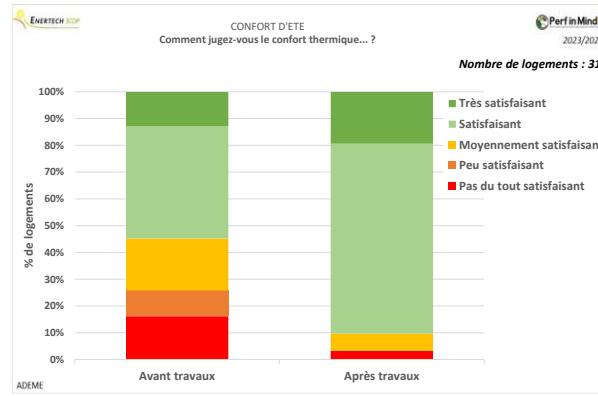
Lot 3. (In)confort d'été



68



Lot 3. (In)confort d'été



Lot 3. (In)confort d'été

Principaux résultats

- **Grande satisfaction générale.** Néanmoins l'enregistrement des ressentis en cours de période chaude est très instructif.
- Logements avec plus grand nombre d'heures > 28°C dans la chambre : **ressentis d'inconfort**. Mais quelques exceptions.
- **Disparités entre zones géographiques**, mais pas forcément là où on l'attend.
- Même région, et parfois même maison : **ressentis très contrastés**.
- **Écarts entre référentiels** des concepteurs et **perceptions/ressentis** des habitant·es.

Au delà de la question thermique d'autres dimensions à prendre en compte :

- Le **confort** qui prime (il n'y a pas que la température de l'air !)
- Le **pouvoir d'agir** sur son environnement joue également fortement



Lot 4. Analyse Cycle de vie et Coût Global

. L'analyse environnementale et économique des projets PiM

Objectif. Quantifier le bénéfice en carbone et en coût global des actions de rénovation par rapport au statu quo.

Champ de l'étude

- Une **trentaine de maisons** rénovées à différents niveaux de performance
- Pour chaque maison, analyse comparative de **deux scénarios** :
 - Les travaux de rénovation + 30 ans d'usage
 - Un Statu quo + 30 ans d'usage
- Période d'analyse = **30 ans** (cf. Règlement délégué No 244/2012 de la CE)
- Une analyse statique : **pas d'évolution des paramètres** sur 30 ans (mix électrique, coût de l'énergie...)
- Sources données d'activité : devis et factures avant travaux, modélisation outil "besoins simples d'Enertech" pour les consommations après travaux
- Données environnementales : INIES (Produits de Construction et Équipements), **ecoinvent** (mix énergie)



71



Lot 4. Analyse Cycle de vie et Coût Global

. Méthodologie et définitions

L'unité fonctionnelle (UF)

- État initial :
 - 1 m² de surface habitable de maison individuelle en fonctionnement
- Unité fonctionnelle (UF):
 - A partir de l'état initial précédemment défini,
 - Fournir 1 m² de surface de plancher de maison pour un usage d'habitat, avec :
 - une consigne de température en hiver comprise entre T1 et T2 ;
 - un approvisionnement en Eau Chaude Sanitaire (ECS) conforme à la réglementation des bâtiments résidentiels ;
 - un approvisionnement en électricité permettant d'assurer l'éclairage et les autres usages de l'énergie ;
 - pendant 30 ans.
 - Cf. Méthode I3E Rénovation (Enertech – Cycleco - AAP ADEME 2014 -2017)

Les scénarios

- Les travaux de rénovation réalisés
- Le statu quo :

- Le propriétaire ne rénove pas sa maison mais souhaite tout de même continuer à l'utiliser à "éléments absolument fonctionnels" (nécessaires au bon fonctionnement de la maison) qui sont considérés remplacés dans le scénario de statu quo (systèmes CVC, menuiseries)

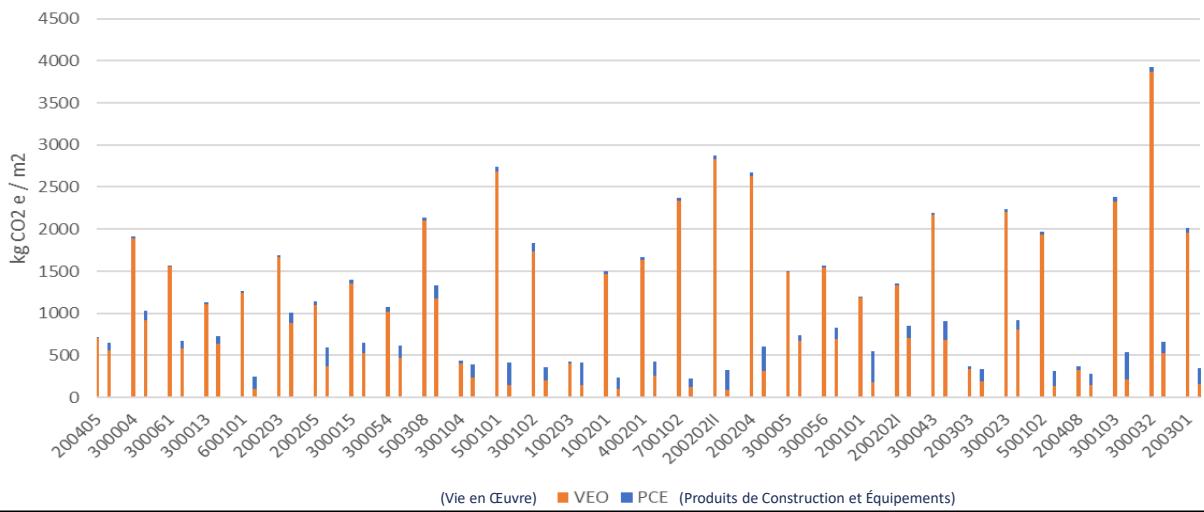


72



Lot 4. Analyse Cycle de vie et Coût Global

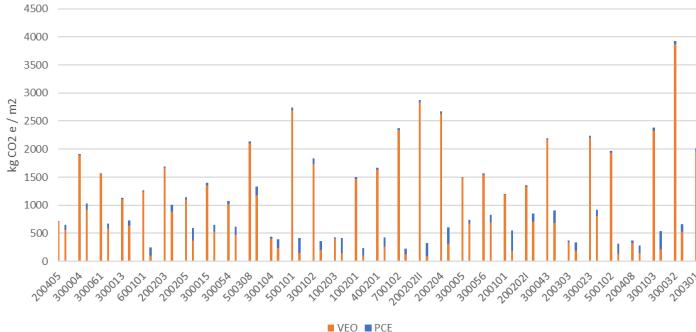
Statu quo versus Rénovation avec détail VEO et PCE pour chaque MI



Lot 4. Analyse Cycle de vie et Coût Global

Impact carbone des scénarios

Statu quo versus Rénovation avec détail VEO et PCE pour chaque MI



Temps de Retour Carbone (TRC)

- Inférieur à 30 ans pour toutes les maisons
- Inférieur à 5 ans pour 74% des maisons

Impact des PCE (Produits de Constructions & Équipements)

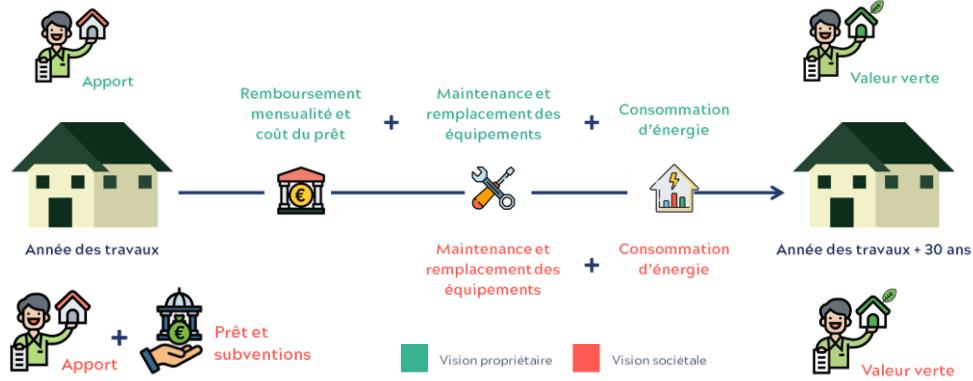
- 8% à 71% de l'impact total du scénario « rénovation »



Lot 4. Analyse Cycle de vie et Coût Global

. Méthodologies et scénarios

Le principe du scénario de rénovation «dédoublé»

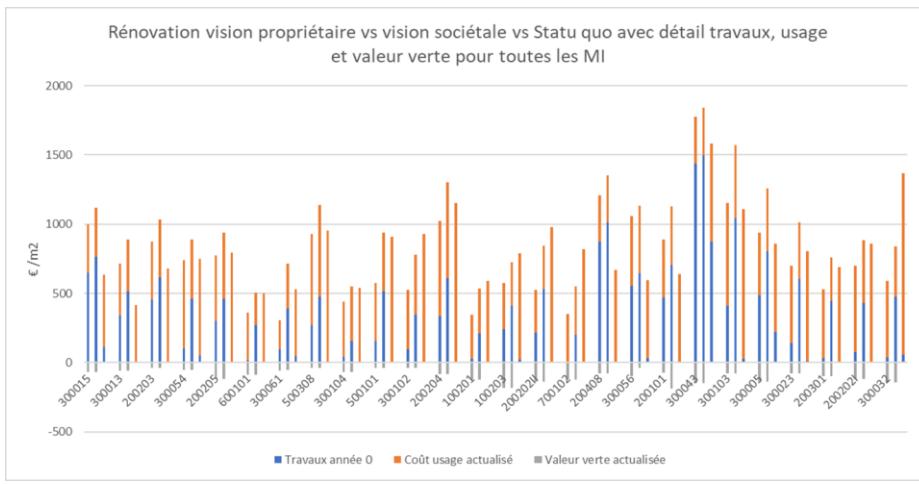


76



Lot 4. Analyse Cycle de vie et Coût Global

. Principaux enseignements



Échantillon

- Restreint à 26 maisons
- Ambitions énergétiques hétérogènes

Hypothèses de calcul

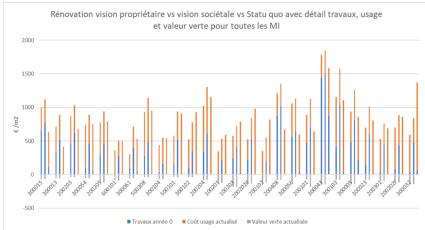
- Montant des travaux à t0
- Usage sur 30 ans : prix de l'énergie en 2022 (réglementé et statistique), maintenance et remplacement
- Prise en compte de la valeur verte à t=30 ans (mais calculée en 2024)

77



Lot 4. Analyse Cycle de vie et Coût Global

. Principaux enseignements



Les constats :

- Des chiffrages et métrés incohérents sur certains lots (isolation par l'extérieur de 90 à 750 €/m²)
- Une sur-représentation de solutions coûteuses (sarking entre 235 et 350 €/m²)
- Une rénovation expérimentale non reproductible
- Des travaux réalisés en amont (étiquette C ou D atteinte) mais incompatible avec une ambition de rénovation BBC
- Des aides (publiques, CEE et prêt...) parfois trop faibles au regard des montants des travaux
- La rénovation est plus favorable que le statu quo dans 73% des cas (19 maisons sur 26).**

Des leviers à mobiliser et perspectives :

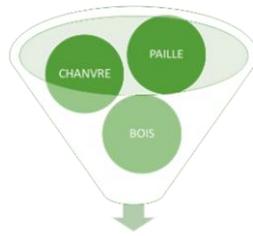
- Mieux intégrer les variations de prix (fait en analyse de sensibilité, à consolider)
- Approfondir l'analyse des coûts et lien avec les aspects techniques de la rénovation
- Élargir l'échantillon pour consolider l'étude
- Accompagner à la montée en compétence des professionnels (devis et transparence)
- Cibler les financements publics sur les passoires et la rénovation BBC en priorité au détriment des rénovations mono gestes
- Privilégier l'avance travaux pour favoriser le passage à l'action



Lot 5. Migration de vapeur en ITI biosourcée

Des interrogations, particulièrement autour de la teneur en eau maxi

IL ETAIT UNE FOIS... DES PRECONISATIONS, SIMULATIONS...



Teneur en eau maximum pour les IBS :

« limite de 23% est basée sur des travaux en laboratoire et sur des expériences reconnues et réussies, prenant en compte diverses conditions de germination des spores »

(SimHuBat, 2021 : 36)



Lot 5. Migration de vapeur en ITI biosourcée

Des interrogations, particulièrement autour de la teneur en eau maxi

- Quels travaux et expériences ?
- Dans quelles conditions ?
 - 23% mais quid des autres conditions nécessaires à la germination (T°, durée d'exposition...)
- Pour quel type de champignons ?
 - lignicoles ou lignivores ?
- Quel impact du type d'IBS ?

Une volonté de comprendre et d'apprendre

- Investiguer et étudier pour répondre aux interrogations
- Évaluer si les exigences imposées aux IBS sont trop sévères* ?
- Caractériser le risque dans le cas d'une isolation par l'intérieur avec des isolants conventionnels ou biosourcés

→5.1. Revue de littérature "Sensibilité à la croissance fongique des IBS en ITI"

→5.2. Volet mesure in-situ / Simulation WUFI® / Comparaison SimHuBat

82



Lot 5. Migration de vapeur en ITI biosourcée

5.1. Sensibilité à la croissance fongique des IBS en ITI

Revue de littérature scientifique - 2022

- Étude de la prolifération des micro-organismes sur les matériaux de construction
- Comportements des isolants biosourcés
- Évaluation du risque fongique des isolants biosourcés en isolation par l'intérieur
- Conclusion



Image avec lien actif pour télécharger le dossier et le diaporama résumant l'étude

3





Lot 5. Migration de vapeur en ITI biosourcée

5.1. Sensibilité à la croissance fongique des IBS en ITI

Revue de littérature - 2022 - Enseignements techniques

Le périmètre d'étude

- Sujet vaste et complexe
- Étudié depuis longtemps / très nombreuses connaissances disponibles... Mais besoin de réaliser des synthèses
- L'apparition de moisissure
 - très aléatoire
 - à ne pas confondre avec pourriture
 - l'indicateur à retenir n'est-il pas l'incidence sur la Qualité de l'Air Intérieur ?

La sinistralité

- Pas de sinistralité particulière pour les IBS
- Matériaux plus sensibles à l'eau, mais hygroscopiques et capillaires ils limitent les risques car :
 - ils séchent plus facilement
 - ils fixent naturellement et sans dommage de l'eau en leur sein (eau liée)
 - ils génèrent une humidité relative plus faible, pour eux et les matériaux contigus

L'impact du matériau

- Des comportements hygrométriques bienvenus, mais différents selon l'IBS
- Une sensibilité à l'eau différente

Les outils de simulation

- HAM (Heat, Air, Moisture) tels WUFI®, Delphin®...
- A améliorer pour mieux intégrer les incidences de l'hygroscopicité et la capillarité des matériaux
- Données de base à compléter / fiabiliser, particulièrement « courbe de sorption » et « coefficient d'absorption d'eau ».



84



Lot 5. Migration de vapeur en ITI biosourcée

5.1. Sensibilité à la croissance fongique des IBS en ITI

Revue de littérature - 2022 - Au regard du cadre normatif français (SimHuBat, e-cahier du CSTB 3713, 3728)

Des constats qui nous invitent à faire évoluer le cadre normatif et les avis techniques qui en découlent

Le choix des indicateurs et des seuils

- <23%RH : inspiré du bois mais sévère pour les IBS (temps de séchage moindre, absence de besoin d'exigence sur la résistance mécanique)
- <30%RH et HR<98% : quid des durées minimums ? Et, n'est-ce pas le couple T°/HR qui nous importe ?
- Conditions des tests (28°C, HR 85% et surtout 95%) : inadaptées aux situations rencontrées en Europe

Des caractéristiques d'IBS ignorées ou mal connues dans certains textes

- Diversité de sensibilité à l'eau
- Caractère et fonctionnement capillaire
- Caractère et fonctionnement hygroscopique

Des préconisations contradictoires

- Entre l'invitation à faciliter le séchage côté intérieur (retour des études scientifiques, livret AQC "Humidité. 12 enseignements à connaître" ...)
- Et la demande de poser des membranes empêchant tout séchage côté intérieur (e-cahier CSTB, majorité des Avis Techniques, ...)

Les outils de simulation améliorables

- Méthodes calculatoires dont les simplifications augmentent particulièrement le taux d'humidité relative dans les isolants capillaires et/ou hygroscopiques
- Manque de précision des estimations <23%RH et <30%RH (dû principalement à l'évolution extrêmement forte des courbes de sorption dans les zones de saturation et sursaturation)



85





Lot 5. Migration de vapeur en ITI biosourcée

5.1. Sensibilité à la croissance fongique des IBS en ITI

Revue de littérature - 2022 - Au regard du cadre normatif français (SimHuBat, e-cahier du CSTB 3713, 3728)

Des constats qui nous invitent à faire évoluer le cadre normatif et les avis techniques qui en découlent

Le choix des indicateurs et des seuils

- <23%RH : inspiré du bois mais sévère pour les IBS (temps de séchage moindre, absence de besoin d'exigence sur la résistance mécanique)
- <30%RH et HR<98% : quid des durées minimums ? Et, n'est-ce pas le couple T°/HR qui nous importe ?
- Conditions des tests (28°C, HR 85% et surtout 95%) : inadaptées aux situations rencontrées en Europe

Des caractéristiques d'IBS ignorées ou mal connues dans certains textes

- Diversité de sensibilité à l'eau
- Caractère et fonctionnement capillaire
- Caractère et fonctionnement hygroscopique

Des préconisations contradictoires

- Entre l'invitation à faciliter le séchage côté intérieur (retour des études scientifiques, livret AQC "Humidité, 12 enseignements à connaître" ...)
- Et la demande de poser des membranes empêchant tout séchage côté intérieur (e-cahier CSTB, majorité des Avis Techniques, ...)

Les outils de simulation améliorables

- Méthodes calculatoires dont les simplifications augmentent particulièrement le taux d'humidité relative dans les isolants capillaires et/ou hygroscopiques
- Manque de précision des estimations <23%RH et <30%RH (du principalement à l'évolution extrêmement forte des courbes de sorption dans les zones de saturation et sursaturation)



86

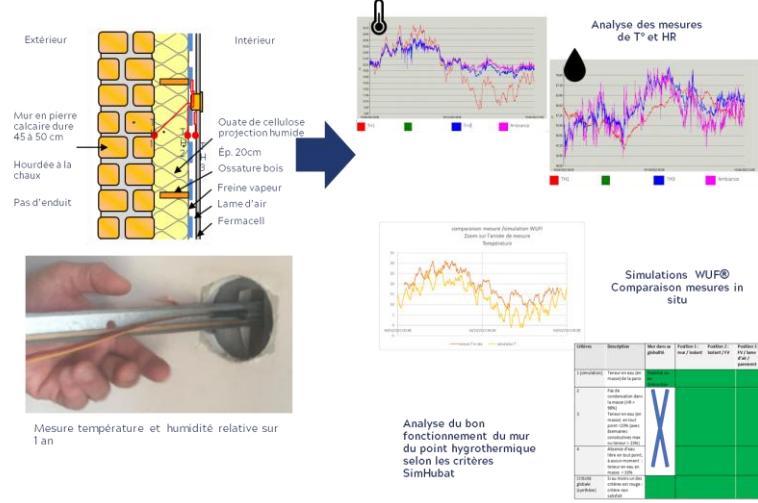


Lot 5. Migration de vapeur en ITI biosourcée

5.2. Volet mesure in-situ / Simulation WUFI® / Comparaison SimHuBat



Dépt	Altitude	Logements	Nb murs
39	235 m	Maison Jura A	3
39	270 m	Maison Jura B	4
39	1240 m	Maison Jura C	3
39	905 m	Maison Jura D	3
29	<100 m	Appart. Brest 1	1
29	<100 m	Appart. Brest 2	2
07	486 m	Maison Ardèche	3
Total		7 logements	19 murs



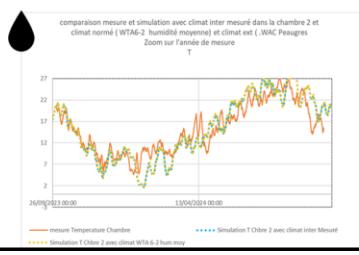
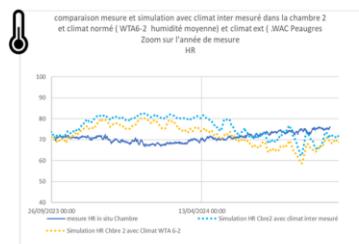
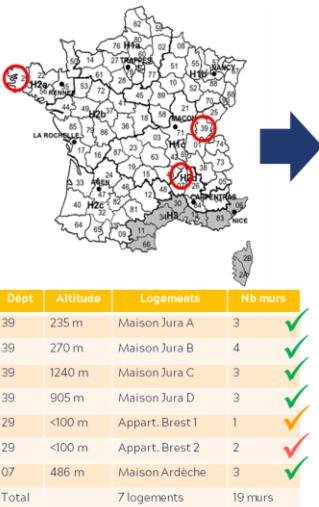
87





Lot 5. Migration de vapeur en ITI biosourcée

5.2. Volet mesure / Simul. WUFI® / Comparaison SimHuBat - Résultats



Mesures in situ

Excepté pour Brest 2, l'ensemble des résultats est positif, y compris pour les projets en altitude, qui par ailleurs avaient une ventilation et/ou une protection à la pluie insatisfaisantes.

Simulations WUFI®

Les simulations sont toutes plus pessimistes que les mesures in-situ. (Résultat cohérent avec les enseignements de la revue de littérature)

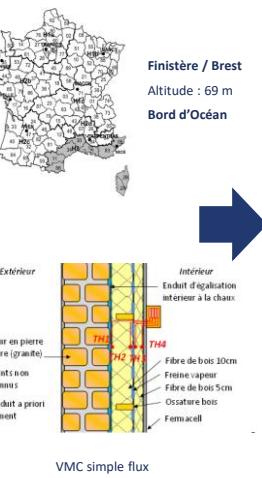
Critères	Description	Simulation WUFI		Mesure in situ	
		Mur au global	TH1 : mur / isolant	Meilleur Chamber 3 - TH1	Aussi bien Chamber 2 - TH1
1	Teneur en eau stable (HR > 98%)				
2	Pas de condensation (HR > 95%)				
3	Teneur en eau >23% (avec 8 semaines consécutives max ou teneur > 23%)				
4	Absence d'eau libre : teneur en eau en masse < 30% à tout moment				
Criticité globale	Si au moins un des critères est rouge : critère non satisfait				

88



Lot 5. Migration de vapeur en ITI biosourcée

5.2. Volet mesure / Simul. WUFI® / Comparaison SimHuBat – Focus Brest 1



Analyse du résultat de mesures selon les critères SimHuBat

Critères	Description	Mur au global	TH1 : mur / isolant	TH2 : IV coté ext	TH3 : IV coté int	TH4 : sous parement
1	Teneur en eau stable ou diminue					(Simulation uniquement)
2	Pas de condensation (HR > 98%)					
3	Teneur en eau >23% (avec 8 semaines consécutives max ou teneur > 23%)					(Période de mesure trop courte)
4	Absence d'eau libre : teneur en eau en masse < 30% à tout moment					Max 88% HR
Criticité globale	Si au moins un des critères est rouge : critère non satisfait					

- Pour les murs Brest 1, tous les critères de **SimHuBat** sont respectés du point de vue de la mesure in-situ
 - ... Malgré le climat très humide de Brest et une humidité intérieure également élevée, car le chauffage est partiel (- de 19°C une bonne partie de l'hiver)
 - Critère 3 également ok**, mais une humidité relative au niveau isolant / mur allant jusqu'à 88% quelques jours dans l'année.
- => Configuration estimée pérenne. Elle s'approche de plusieurs critères mais sur des périodes courtes

Analyse du résultat des simulations selon les critères SimHuBat pour toutes les variantes

Paramètres	Simulation WUFI			Météo de l'année de mesure
	Climat extérieur	WUFI Brest Guipavas 2010	Mesuré Brest 1	
Climat intérieur	WTA6-2 moyen	WTA6-2 ISO élevé	ISO 13788 classe4	Mesuré Brest 1
Pierre	Granite			Granite/Calcaire/Gres
Critères	Joint	2 cm		1,2 et 4 cm
1	Teneur en eau stable ou diminue			
2	Pas de condensation (HR > 98%)			
3	Teneur en eau <23% (avec 8 semaines consécutives max ou teneur > 23%)			
4	Absence d'eau libre : teneur en eau en masse < 30% à tout moment			
Criticité globale	Si au moins un des critères est rouge : critère non satisfait			

89



Lot 5. Migration de vapeur en ITI biosourcée

5.2. Volet mesure / Simul. WUFI® / Comparaison SimHuBat - Résultats



Dépt	Altitude	Logements	Nb murs
39	235 m	Maison Jura A	3 ✓
39	270 m	Maison Jura B	4 ✓
39	1240 m	Maison Jura C	3 ✓
39	905 m	Maison Jura D	3 ✓
29	<100 m	Appart. Brest 1	1 ✓
29	<100 m	Appart. Brest 2	2 ✓
07	486 m	Maison Ardèche	3 ✓
Total		7 logements	19 murs

- Les simulations WUFI® sont toutes plus pessimistes que les mesures in-situ.
 - Ce résultat est cohérent avec les enseignements de la revue de littérature
- Le type de climat intérieur impacte fortement les résultats finaux, mais estimer le climat à rentrer n'est pas aisé.
- SimHuBat apporte aux concepteur-trices une 1^{ère} base intéressante de seuils et hypothèses, mais l'outil de simulation WUFI® additionné aux bases de données accessibles ne semblent pas assez fins pour appréhender l'ensemble des phénomènes en jeu.
- Pour Brest 2, mesures et simulations montrent une situation non pérenne. Une analyse de l'état de l'isolant permettrait de vérifier la pertinence des seuils SimHuBat. (Conclusion à comparer à celle de la revue de littérature, particulièrement au fait d'avoir des exigences HR non corrélées à des t° minimum)

90



Où trouver l'information ?

Le site de l'ADEME

Le site Effinergie



Merci de votre écoute

Et merci à Thierry RIESER, Sébastien LEFEUVRE, Grégory HERFAY,
Khedidja MAMOU et Stéphane MOTEAU pour la base ppt