

MEASURE

MEsures de performAnces réelles et de Satisfaction des occUpants dans les bâtiments Résidentiels à hautes performances Energétiques

Janvier 2018



Architecture et Climat - Université catholique de Louvain

Centre Scientifique et Technique de la Construction

Contact: veronique.vanwelde@bbri.be ; olivier.dartevelle@uclouvain.be

Projet réalisé avec le soutien de la Wallonie

Sommaire

Objectifs de l'étude ... 3

Méthodes employées ... 7

Résultats ... 42

Confort thermique ... 43

Confort respiratoire ... 68

Performance système ... 74

Performance enveloppe... 94

Performance énergétique ... 101

Conclusion ... 105

Objectifs de l'étude

Méthodes employées

Résultats

Conclusion

Contexte

Des exigences énergétiques qui se renforcent



Source: CSTC

Contexte

« Performance Gap »

Consommations énergétiques^{2,4}

Confort thermique amélioré³

*Variation des températures
dans le temps et l'espace¹*

Performances théoriques VS Performances réelles

Régulation et contrôle des systèmes^{1,3,4}

Qualité d'air^{1,3,5,6,7}

Adaptation et compréhension des occupants^{1,3,4}



Surchauffe^{1,7}

1: (Rohdin, 2014) Suède

4: (Gupta et Kapsali, 2014)

6: (Zalesjska-Jonsson, 2014) Suède

2: (UMONS) Belgique-Wallonie

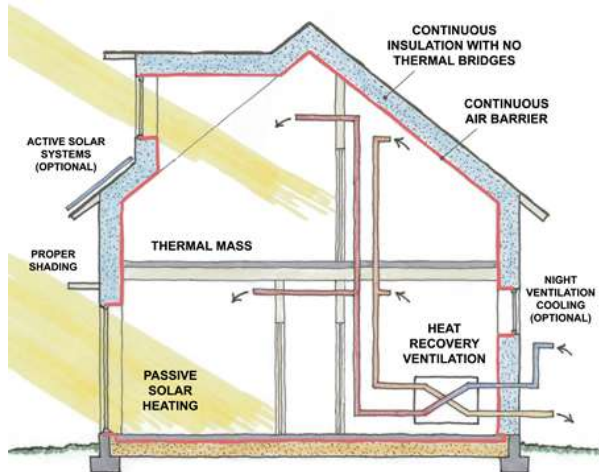
5: (Zalesjska-Jonsson, 2013) Suède

7: (BEP2020) Belgique-Flandre

3: (Mlecnik, 2012) Allemagne, Autriche, Suisse et Pays-Bas

Objectifs

Les **techniques constructives actuelles à la base** des bâtiments résidentiels à hautes performances énergétiques (isolation, étanchéité à l'air, ventilation, etc.) **permettent-elles de donner satisfaction aux occupants** en ce qui concerne :



Source: passivworks.com

le confort intérieur
et
les consommations énergétiques
?

Comment se situe t-on en réalité par rapport :

- au ressenti et à la satisfaction
- aux attentes actuelles

?

Objectifs de l'étude

Méthodes employées

Résultats

Conclusion

Méthodologie

Deux méthodes d'analyse

Enquête par questionnaire
Post Occupancy Evaluation

+

Mesures et monitoring
Mesures ponctuelles et continues (12 mois)

Satisfaction survey

Introduction

Cette première partie a pour but principal d'identifier et de vous proposer à l'occasion "Concertum AuroLéange"

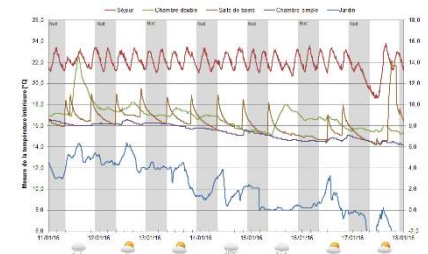
Quelle valeur attribuez-vous votre logement ?

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Intérieur (sécurité, confort, luminosité, acoustique, isolation, etc.)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Terrasse(s) & jardin	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Terrace(s) & loggia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sanitaires	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Parcours	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Enfin, nous souhaitons recueillir vos avis sur certains aspects de votre logement :

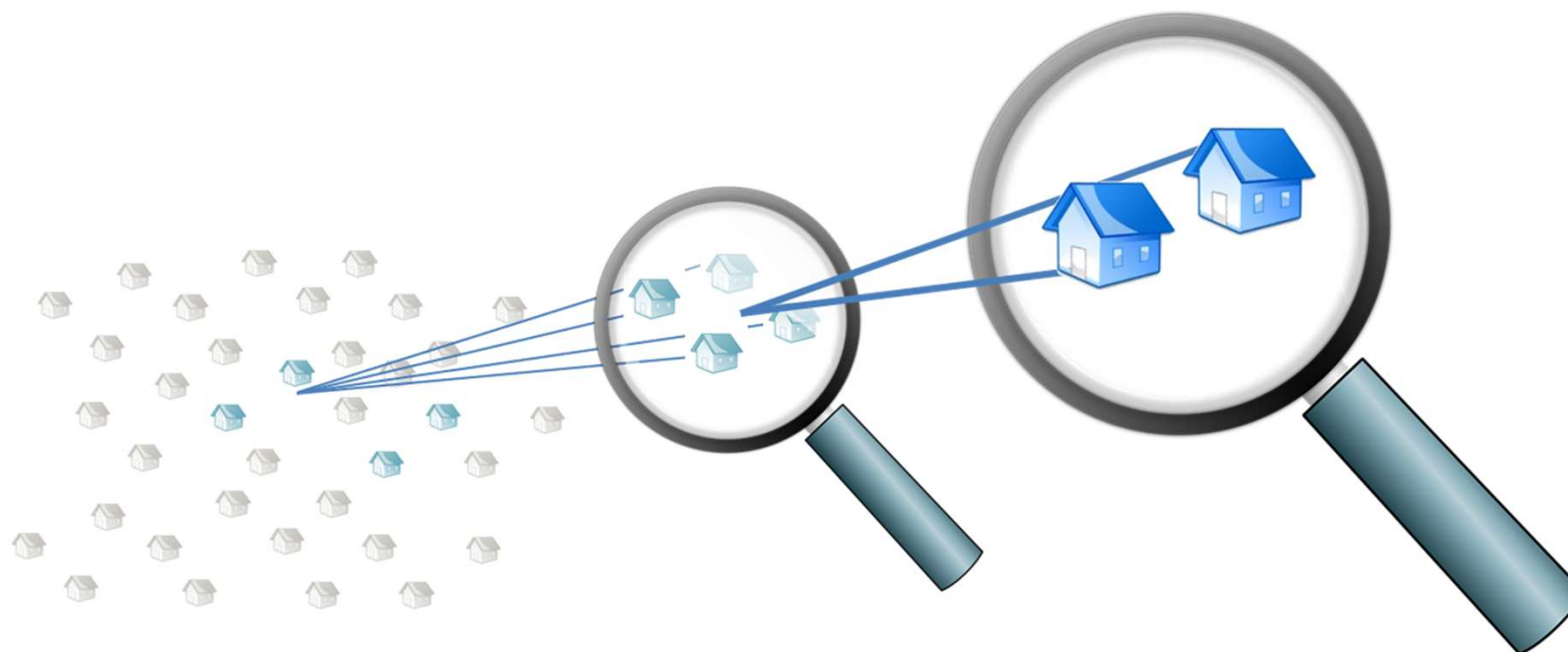
- Décoration (style, couleurs, etc.)
- Points de vue (vues, commerces, transports, etc.)
- Sécurité (portes, fenêtres, menuiseries, etc.)
- Qualité d'entretien et entretien
- Qualité d'air (qualité de ventilation)
- Niveau de bruit (qualité d'isolation)
- Niveau de confort (qualité de l'isolation)
- Niveau de confort (qualité de l'isolation)
- Niveau de confort (qualité de l'isolation)
- Niveau de confort (qualité de l'isolation)

Afin de vous :



Méthodologie

Trois niveaux d'analyse



Niveau 1 (458 bâtiments)

Enquête par
questionnaire

149 réponses obtenues

Niveau 2 (25 bâtiments)

Mesures et monitoring

Niveau 3 (5 bâtiments)

Monitoring détaillé

Méthodologie

Choix de l'échantillon



Construire avec l'énergie (CALE)

1417 projets / 1786 logements / 675 attestations

Evolution des exigences entre février 2004 et décembre 2011

Dossiers avec attestation, hors appartements (458 dossiers)


Caractéristiques principales

- 82 % de 4 façades
- Surface chauffée moyenne: 217 m²
- Surface vitrée: 19% de la surface au sol
- U moyen: 0,34 W/(m².K)
- Niveau K moyen : 30,4
- Inertie: 49% peu lourd; 21% mi lourd; 23% léger
- Ventilation: 85% de système D avec récupérateur de chaleur
- Chauffage: 86% chauffage central (64% chaudière - 35% PAC)
14% chauffage local (42% poêle mazout - 35% électricité)
- Protections solaires: prévues dans 52% des dossiers

Enquête de satisfaction - niveau 1

Une enquête par questionnaire appliquée à l'échantillon :
"Construire Avec l'Energie"




Satisfaction survey
0% 100%

Introduction
Cette première partie a pour but principal d'identifier ce qui vous a poussé à participer à l'action 'Construire Avec l'Energie'

Depuis quand habitez-vous votre logement ?
Veuillez choisir :

Combien de personnes des catégories ci-dessous occupent votre logement ?

	0	1	2	3	4	5	+ de 5
Enfant(s), Etudiant(s), personnel(s) scolarisé(s)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Travailleur(s) à temps partiel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Travailleur(s) à temps plein	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sans emploi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pensionné(s)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Selon vous, quelles notions représentent le mieux la qualité d'un logement ?
Veuillez sélectionner en réponse maximum

- Cadre de vie (ville, campagne, etc.)
- Proximité de facilités (école, commerces, transport, etc.)
- Esthétique (façades, finitions intérieures, etc.)
- Caractère patrimonial ou historique
- Histoire familiale du bâtiment / du terrain
- Coût d'achat / coût de construction
- Superficie de la maison / nombre et taille des pièces
- Organisation des pièces
- Orientation / ouverture vers l'extérieur et lumière naturelle
- Consommations / performances énergétiques
- Confort intérieur (température et qualité d'air agréables)

Autre, précisez :



**458 bâtiments résidentiels
(maisons unifamiliales)
qui visent de hautes performances
énergétiques**

Evolution des exigences
entre 2004 et 2011

*(Valeurs U, débits de ventilation,
consommation énergétique, risque de
surchauffe)*

Enquête de satisfaction - niveau 1



Mesurer la satisfaction des occupants par rapport aux ambiances:

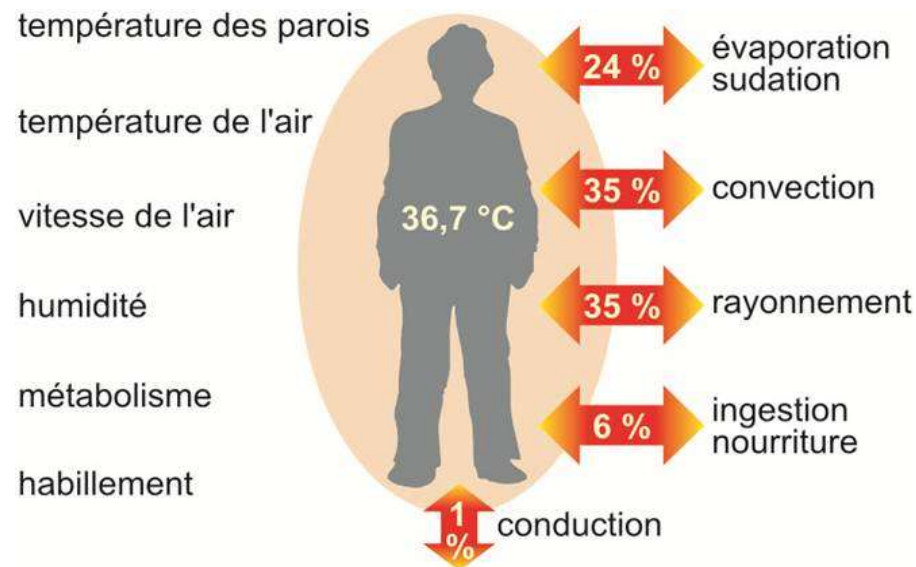
Thermique

Respiratoire

Acoustique

Visuelle

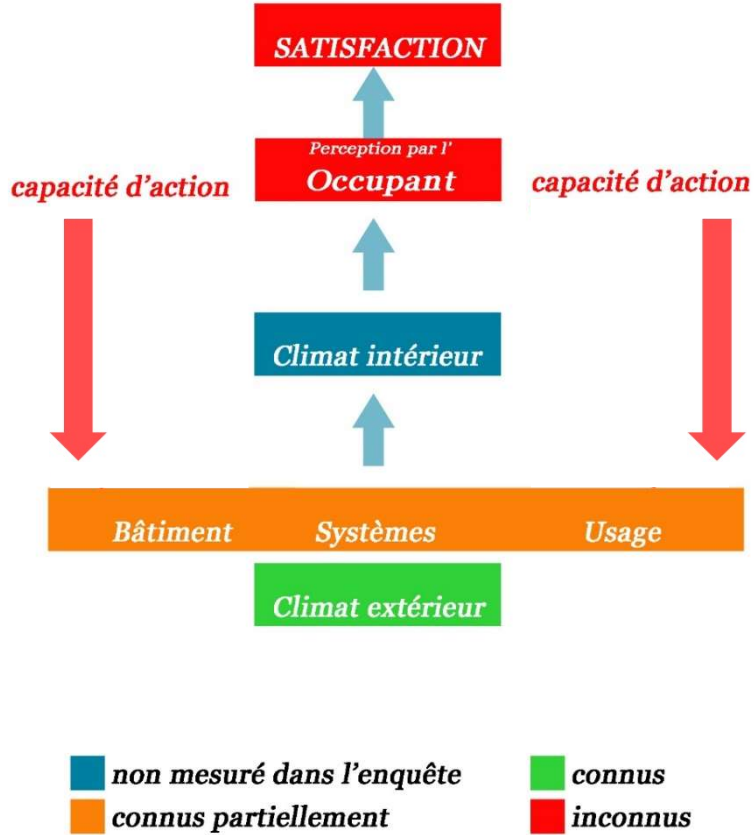
=> **Notions de confort** et paramètres physiques qui les définissent



Paramètres traditionnels du confort thermique (source: www.energieplus-lesite.be)

Enquête de satisfaction - niveau 1

... et leurs facteurs d'influence



Enquête de satisfaction - niveau 1



Un taux de participation élevé

149 réponses valides - (taux de réponse: 33%)

92,5% de bâtiments 4 façades

95% équipés d'une ventilation double flux

Umoyen: 0.12 – 0.48 W/m²K

Consommation en énergie primaire: 0 - 197kWh/m²



Introduction

Cette première partie a pour but principal d'identifier ce qui vous a poussé à participer à l'action 'Construire Avec L'Énergie'

Depuis quand habitez-vous votre logement ?
Veuillez choisir ...

Combien de personnes des catégories ci-dessous occupent votre logement ?

	0	1	2	3	4	5	+ de 5
Enfants/ Étudiants/ personnes scolarisées	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Travailleurs à temps partiel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Travailleurs à temps plein	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sans emploi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Personnels	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Selon vous, quelles notions représentent le mieux la qualité d'un logement ?

- Cadre de vie (ville, campagne, etc.)
 - Proximité de facilités (école, commerces, transport, etc.)
 - Esthétique (façades, finitions intérieures, etc.)
 - Caractère patrimonial ou historique
 - Histoire familiale du bâtiment/du terrain
 - Coût d'achat / coût de construction
 - Surface de la maison / nombre et taille des pièces
 - Organisation des pièces
 - Orientation / ouverture vers l'extérieur et lumière naturelle
 - Consommations / performances énergétiques
 - Confort intérieur (température et qualité d'air agréables)
- Autre précision:

Un échantillon spécifique ...

Maisons unifamiliales de 3,5 personnes en moyenne

43% d'occupants de moins de 24 ans

1% de demandeurs d'emploi

99% de propriétaires

92% des ménages possèdent un diplôme du supérieur.

... et bien informé

92 à 95% des répondants comprennent les principes techniques liés au chauffage, à la ventilation, à l'isolation.

97% sont impliqués dans la gestion technique de leur habitation.

Un très bon niveau de satisfaction général

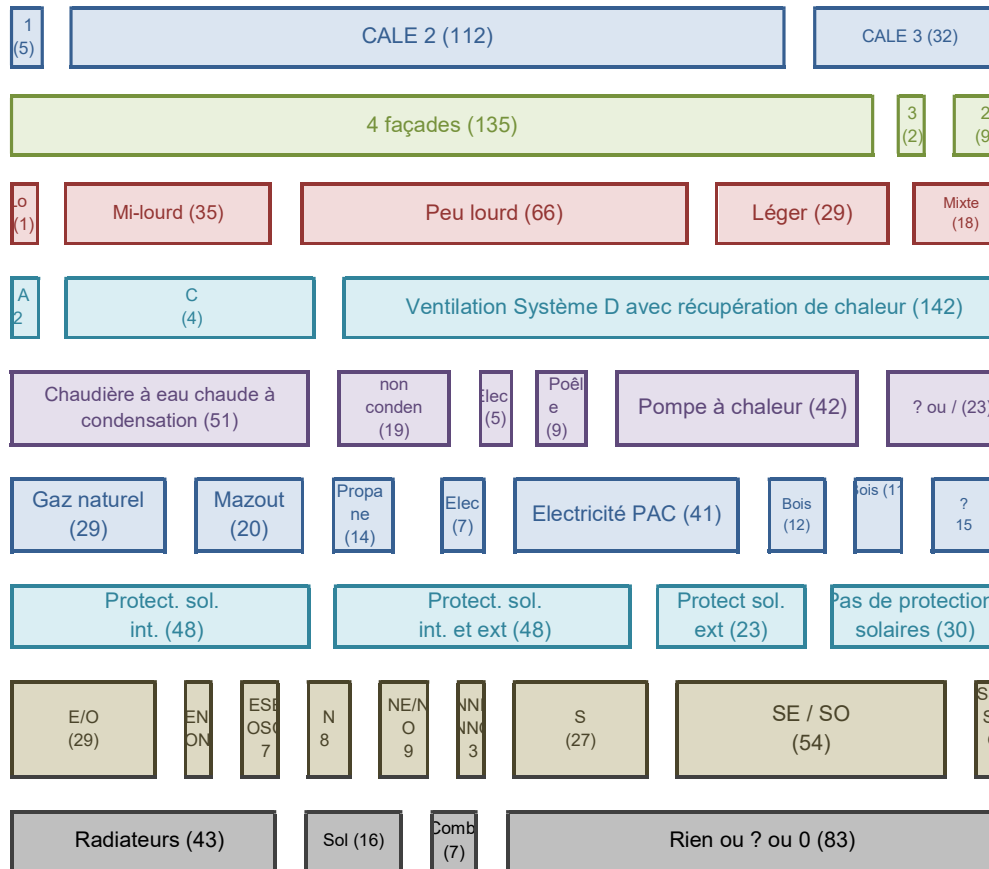
82% pour l'acoustique intérieure et jusqu'à 100% pour l'éclairage naturel.

Enquête de satisfaction - niveau 1

Caractéristiques de l'échantillon



Bonne représentativité « technique » de l'action CALE



Similarités géométriques, constructives, des caractéristiques des systèmes et des performances énergétiques.

92,5 % de 4 façades
95,3% de système D
Etc...

Très légèrement plus performants (v50, U moyen, K, BNE, Espec et Ew) que l'échantillon CALE

Enquête de satisfaction - niveau 1



Divergences constatées par rapport à la base de données

Protections solaires non placées lors de la construction

Panneaux solaires ajoutés (surtout P.V.)

Systèmes de chauffage différents (10% des cas)

Equipements supplémentaires (chauffage d'appoint, humidificateur)

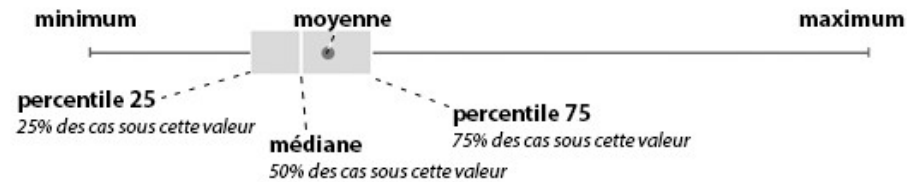
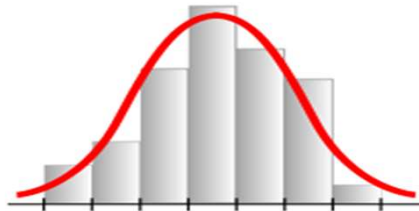


Enquête de satisfaction - niveau 1

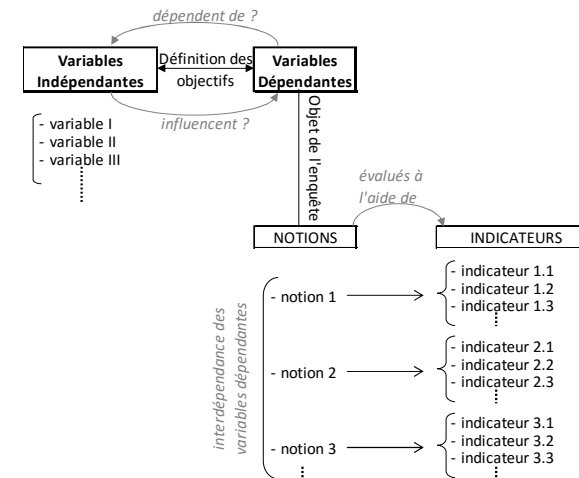
Méthode d'analyse des données



- Analyse statistique descriptive de la fréquence/distribution des constats.



- Identification de facteurs d'impacts potentiels: Analyse multivariée, Analyse en Composantes Principales (ACP), Analyse des Correspondances Multiples (ACM), Analyses Factorielles Multiples (AFM).



Mesures et monitoring - niveau 2

Sélection de l'échantillon



- **Accord des occupants**
- Bonne **représentativité de l'échantillon** CALE (458 maisons)
 - Caractéristiques géométriques
 - Caractéristiques de l'enveloppe
 - Caractéristiques des systèmes
- Bonne **représentativité des résultats d'enquête** (149 maisons)
 - Réponses au questionnaire
 - Présence d'un inconfort lié à de surchauffe
 - Ressenti des températures période estivale



Mesures et monitoring - niveau 2

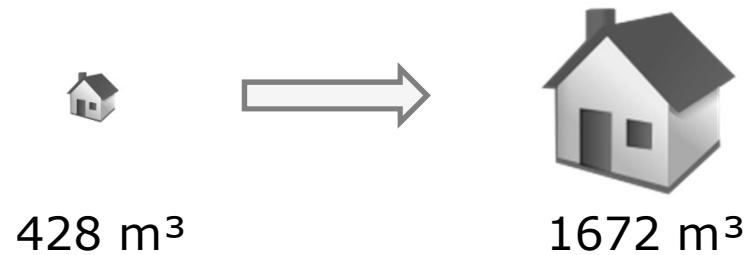


Caractéristiques de l'échantillon

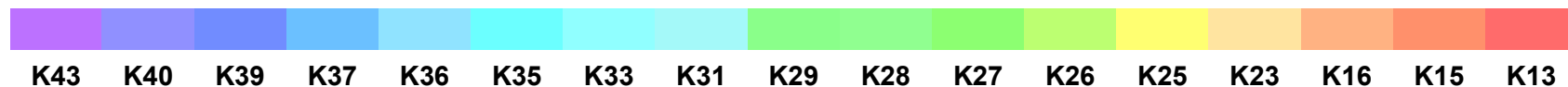
Représentation graphique



Volume protégé:



Niveau K:

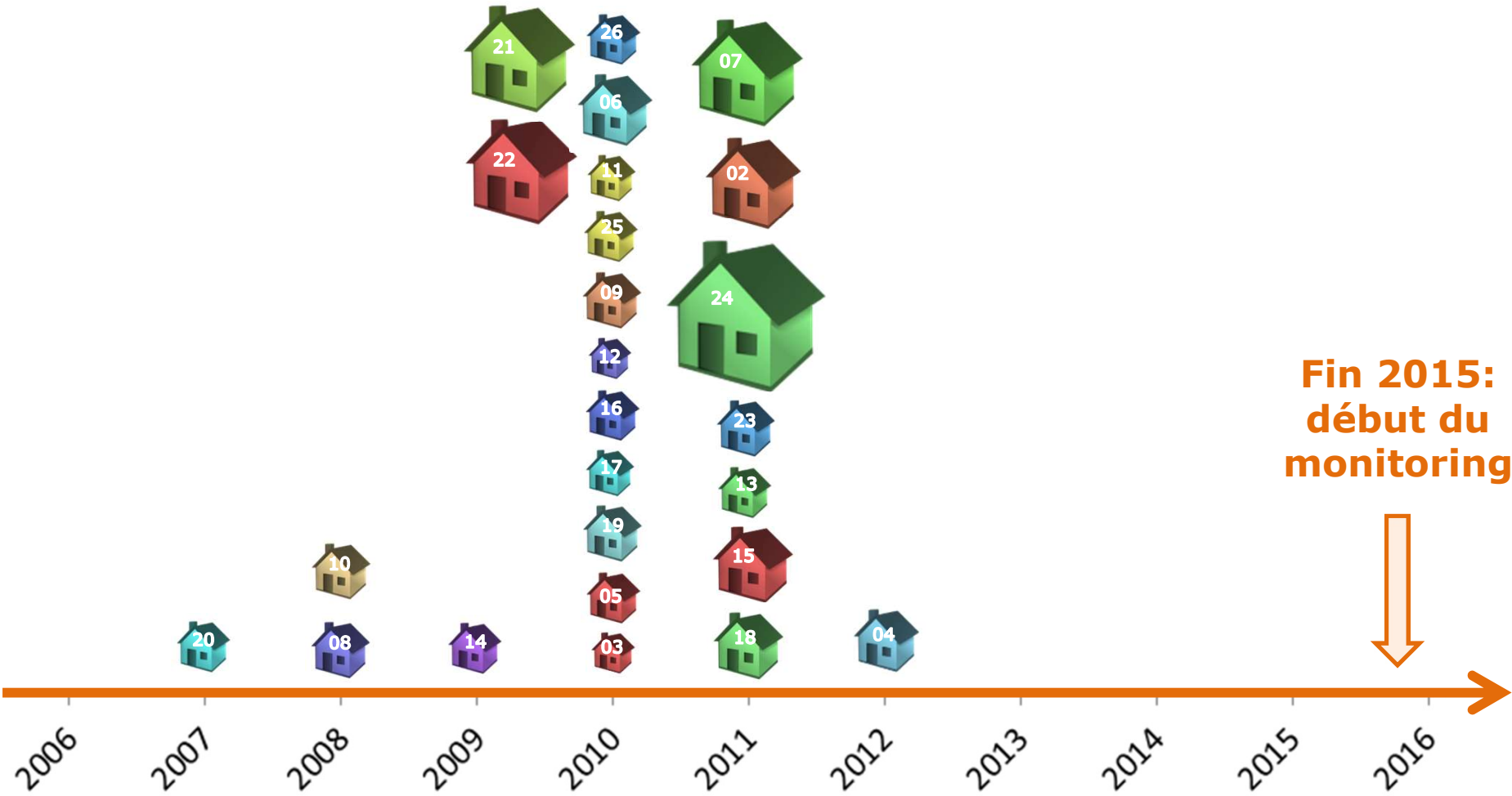


Mesures et monitoring - niveau 2

Caractéristiques de l'échantillon



Date d'emménagement



Mesures et monitoring - niveau 2

Caractéristiques de l'échantillon

Répartition géographique



Mesures et monitoring - niveau 2

Caractéristiques de l'échantillon



Géométriques - Nombre de façades

Echantillon de niveau 2 (25 maisons)

4 façades (22)

3
(1)

2 (2)



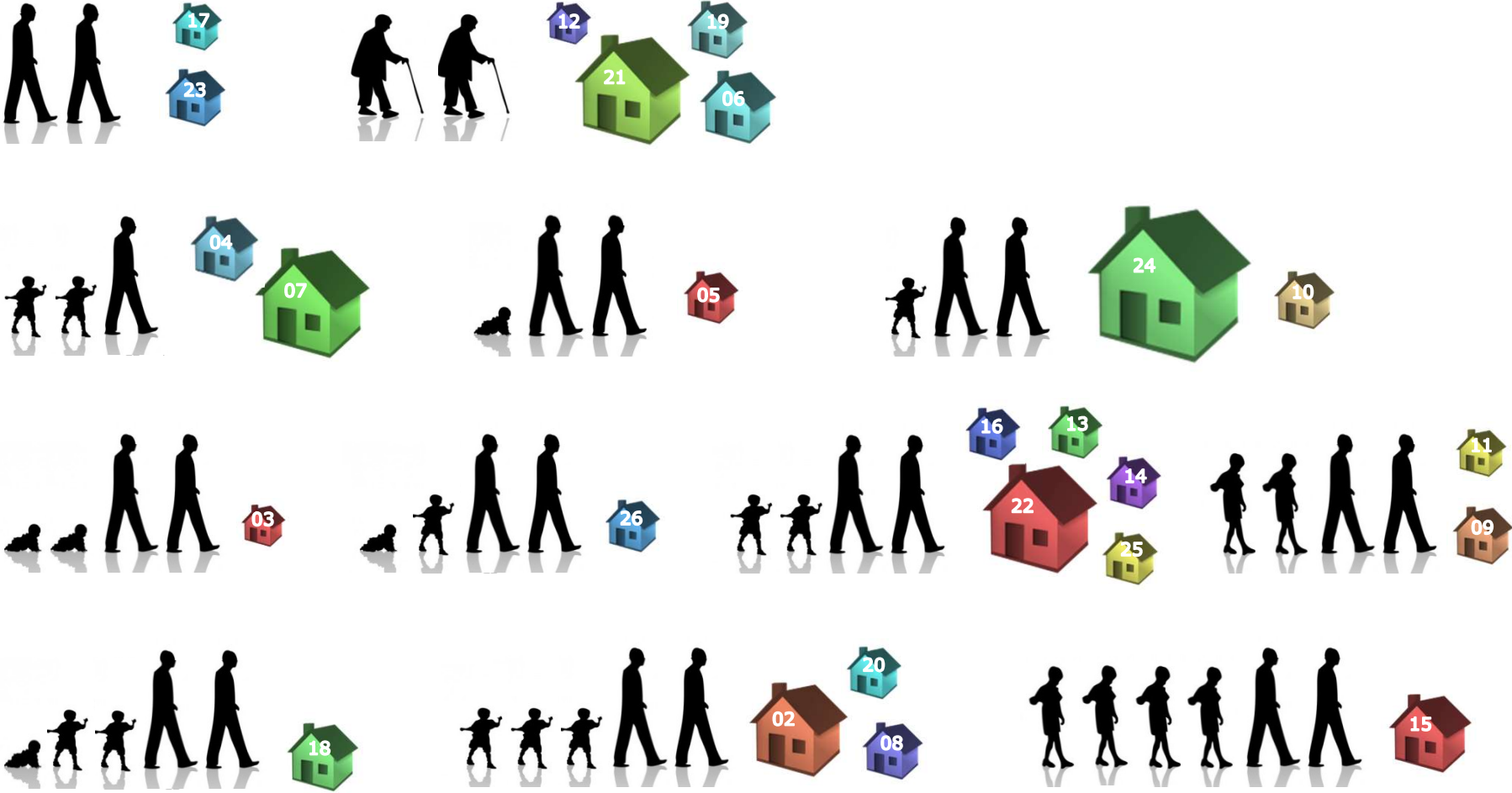
2 maisons jumelées

Mesures et monitoring - niveau 2

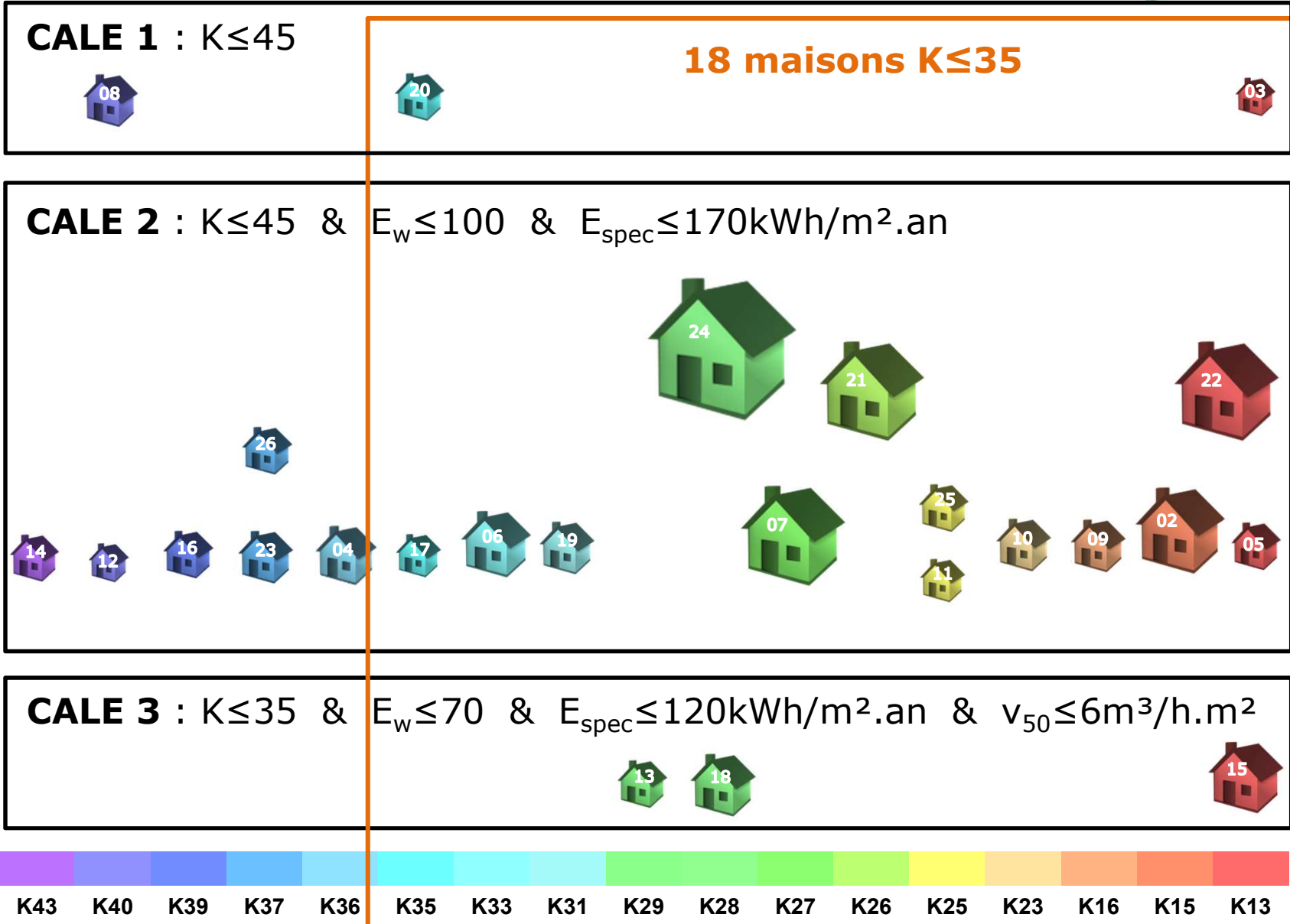
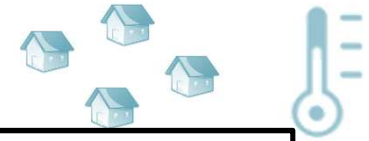
Caractéristiques de l'échantillon



Nombre de personnes dans l'habitation



Mesures et monitoring - niveau 2



Mesures et monitoring - niveau 2



Caractéristiques de l'échantillon

Enveloppe - Inertie

Echantillon de niveau 2 (25 maisons)

Lourd / Mi-lourd / Peu lourd (18)

Léger (5)



9 maisons à structure bois ou mixte

Mesures et monitoring - niveau 2



Caractéristiques de l'échantillon

Enveloppe - Protections solaires

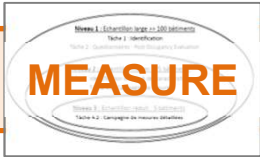
Echantillon de niveau 2 (25 maisons)

Protections solaires extérieures prévues (13)

Pas de protections solaires extérieures prévues (12)

Protect. sol. Extérieures (6)

Pas de protections Solaires extérieures (19)



Mesures et monitoring - niveau 2



Caractéristiques de l'échantillon

Systemes - Ventilation

Echantillon de niveau 2 (25 maisons)

Systeme A
(3)

Ventilation Systeme D
avec recuperation de chaleur (22)



Mesures et monitoring - niveau 2



Caractéristiques de l'échantillon

Systemes - Chauffage

Echantillon de niveau 2 (25 maisons)

Chaudière à condensation (7)

non cond(2)

Pompe à chaleur (7)

air haud(2)

Pas de chauffage central (7)

Mesures et monitoring - niveau 2



Caractéristiques de l'échantillon

Systemes - Chauffage

14 maisons sur 25 soit 56%



Poêle ou cassette

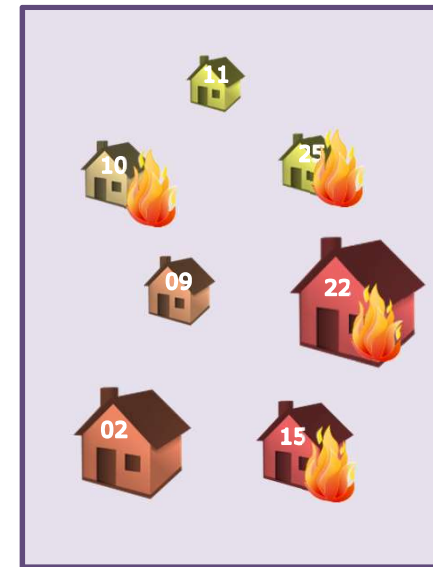
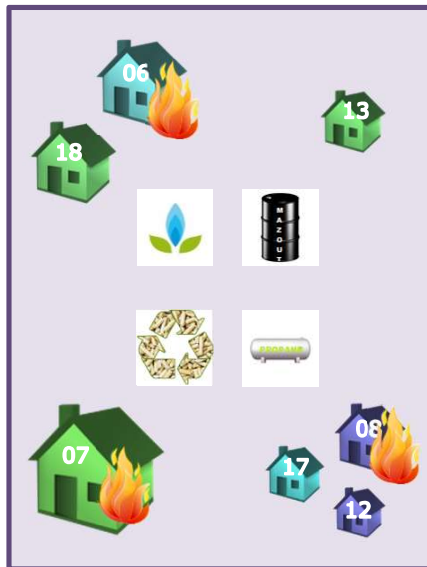
Chaudière à condensation (7)

non cond(2)

Pompe à chaleur (7)

air haud(2)

Pas de chauffage central (7)



Mesures et monitoring - niveau 2



Caractéristiques de l'échantillon

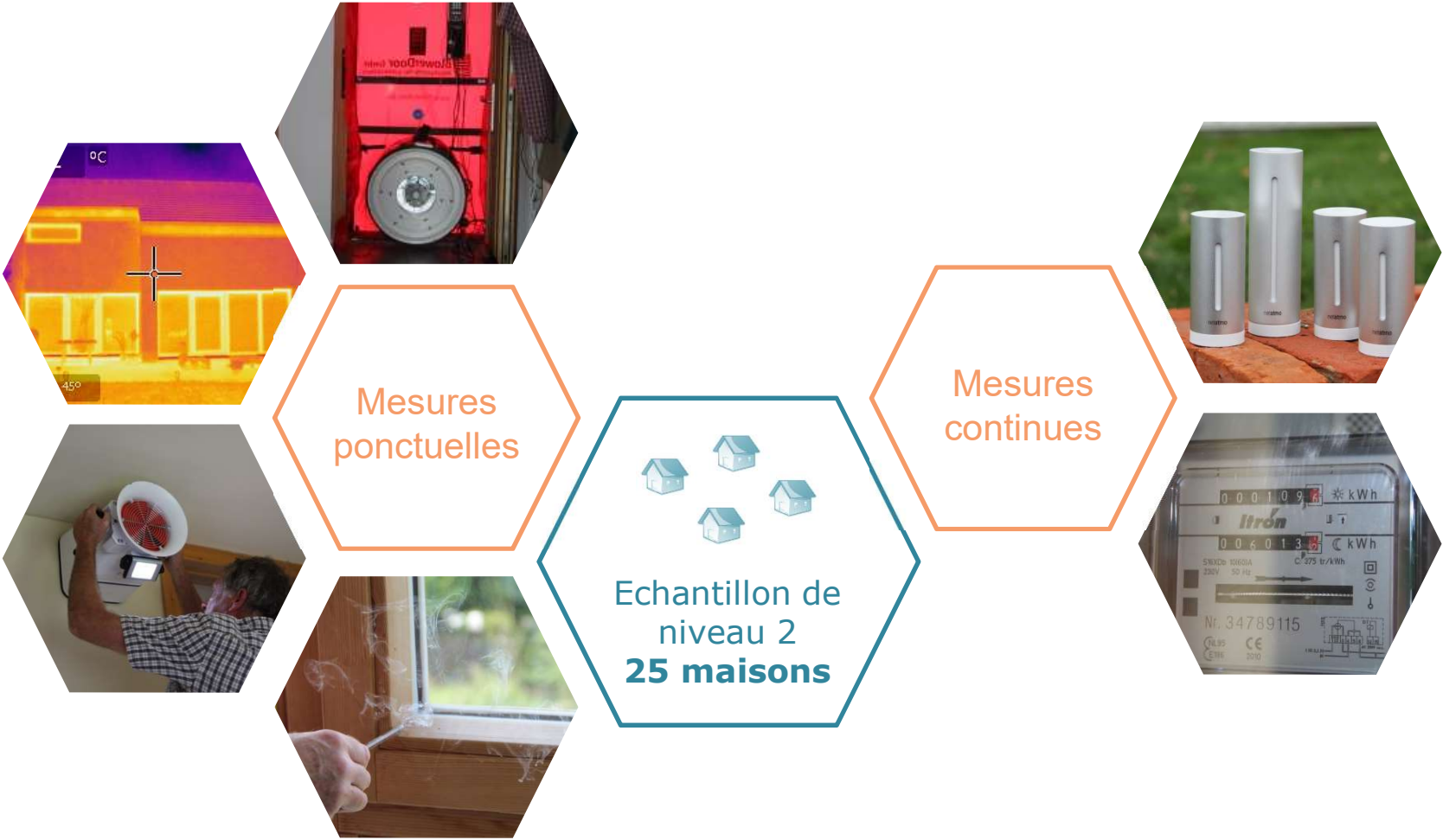
Différences entre données du dossier Construire avec l'énergie et situation réelle du monitoring:

- Protections solaires
- Modifications dans l'aménagement intérieur
- Système de chauffage différent et/ou supplémentaire



Mesures et monitoring - niveau 2

Mesures effectuées



Mesures et monitoring - niveau 2

Matériel choisi pour les mesures continues



Mesure de la température



Mesure de pression au niveau



moyen de la mer

Mesure de l'humidité relative



Mesure de la concentration en CO2



Mesure du confort acoustique



Mesures et monitoring - niveau 2



Mesures du climat intérieur et extérieur
Durant une année complète



Dernière installation le
21/01/2016

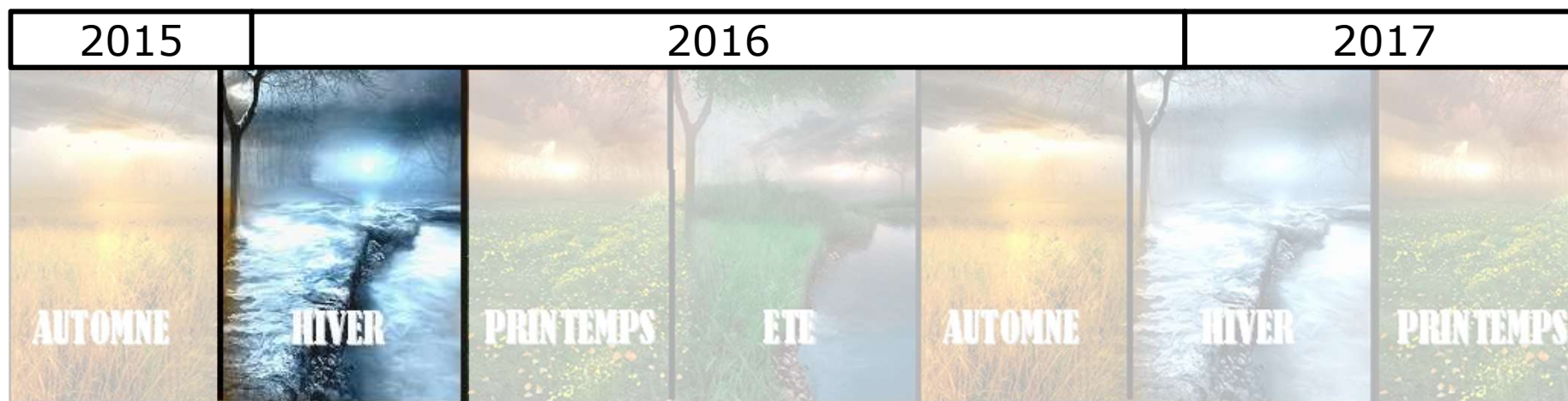


Mesures et monitoring - niveau 2



Mesures du climat intérieur et extérieur

Climat sur la période de mesure



- Saison hivernale **exceptionnellement chaude**
- Température moyenne $+2,7^{\circ}\text{C}$ au-dessus des normales saisonnières
- Insolation + importante que la normale

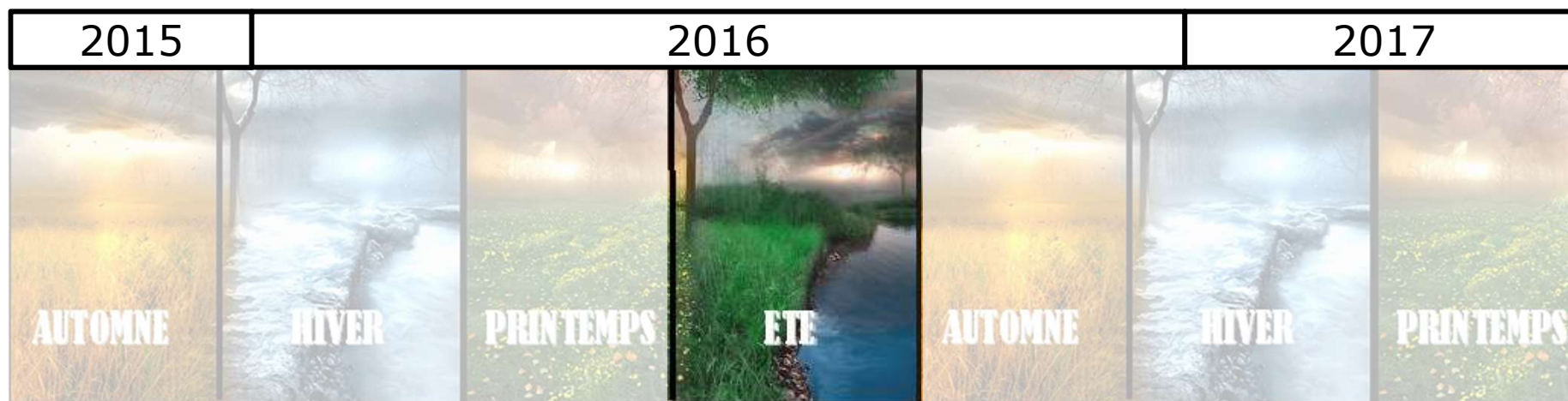
Source : www.meteobelgique.be

Mesures et monitoring - niveau 2



Mesures du climat intérieur et extérieur

Climat sur la période de mesure



- Températures conformes aux **normales saisonnières**

Source : www.meteobelgique.be

- Une **vague de chaleur** du 23 au 27 août 2016:

- température extérieure de plus de 25°C
- température extérieure de plus de 30°C durant au moins 3 jours
- température nocturne sous les 20°C (à quelques exceptions près)

Mesures et monitoring - niveau 2



Méthode d'analyse des données

- Classes de confort adaptatif et classes de qualité de l'air définies par la **norme NBN EN 15251**
- Pour le **confort adaptatif** : via des seuils de température opérative (moyenne entre la température de l'air intérieur et celles des parois de l'espace considéré) définis selon la température de référence (moyenne pondérée des températures extérieures des derniers jours)
- Pour la **qualité de l'air** : via des valeurs seuils de taux de renouvellement d'air
- En fonction du pourcentage de **personnes satisfaites** :

Taux de satisfaction:

Catégorie I :	◆	90 %
Catégorie II :	◆	80 %
Catégorie III :	◆	65 %
Catégorie IV :	◆	< 65 %

Mesures et monitoring - niveau 3



Sélection de l'échantillon

- **Accord des occupants**

- **Variété de l'échantillon** sur les paramètres influençant les performances hiver:
 - Compacité (mais pas nombre de façade);
 - Inertie;
 - étanchéité à l'air;
 - Niveau d'isolation;
 - Système de chauffage.

Mesures et monitoring - niveau 3

Caractéristiques de l'échantillon

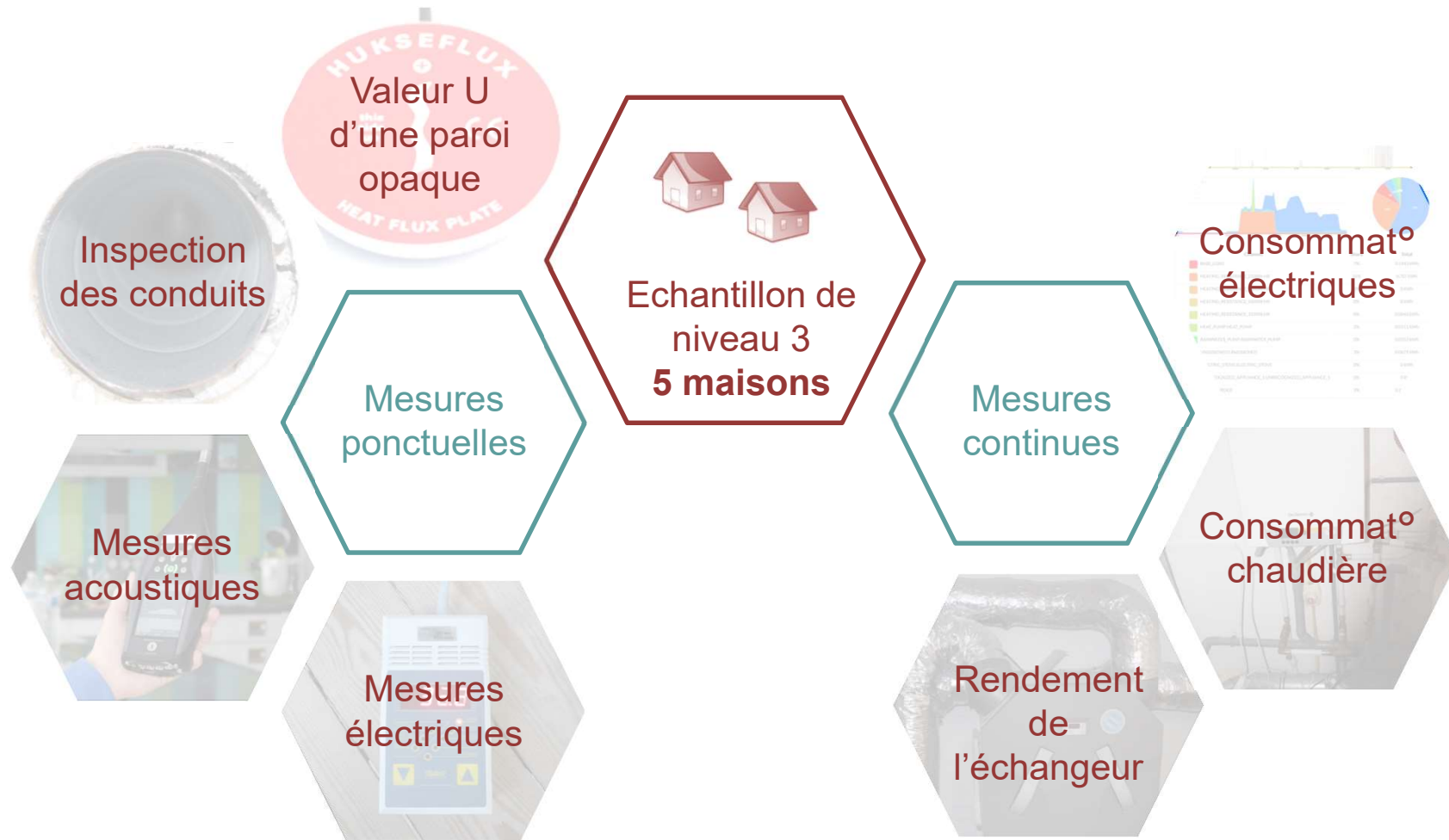


	Emménag.	Vol. pro.	Compac.	Inertie	n ₅₀	Niveau K	Chauff.	émission	bois/pel	appoint	ECS distinc	PV	solaire	Ménage
	2010	640	1,40	Mi lourd	0,76	16	-				oui			
	2010	521	1,33	Peu lourd	0,683	25	-				oui			
	2010	491	1,24	Peu lourd	2,64	35	condens 							
	2011	700	1,37	Peu lourd	1,14	28	condens 							
	2010	594	1,26	Peu lourd OB	3,62	37	PAC 				oui			

Mesures et monitoring - niveau 3



Mesures effectuées



Mesures et monitoring - niveau 3



Méthode d'analyse des données

Mesures acoustiques :

- Prescriptions selon la norme NBN S 01-400-1:2008
- Niveaux de bruit des équipements

	Confort acoustique normal	Confort acoustique supérieur
Salles de bains / WC	35 dB	30 dB
Cuisines	35 dB	30 dB
Séjours, s-à-m, bureau	30 dB	27 dB
Chambres à coucher	27 dB	25 dB

Objectifs de l'étude

Méthodes employées

Résultats

Conclusion

Objectifs de l'étude

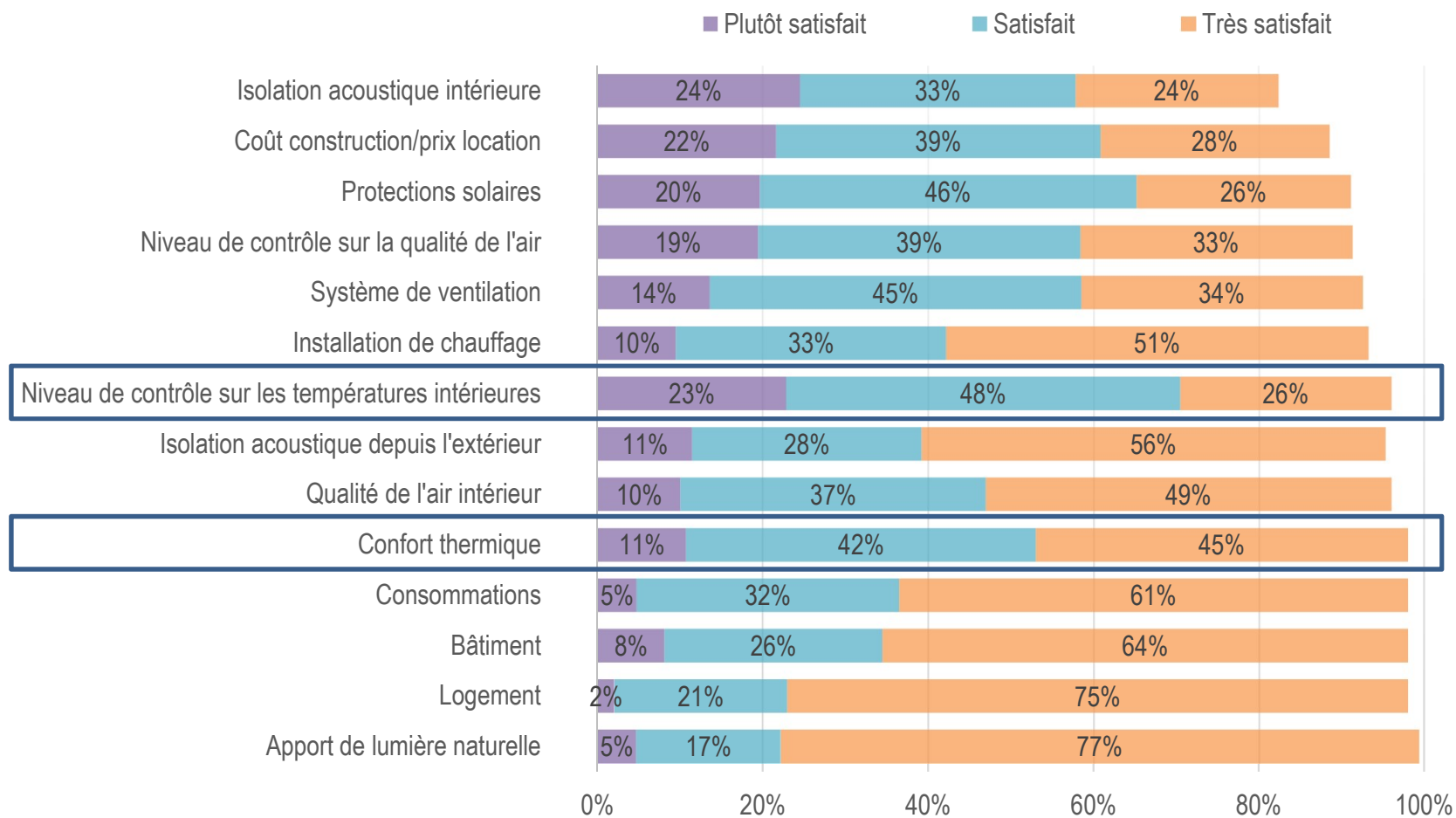
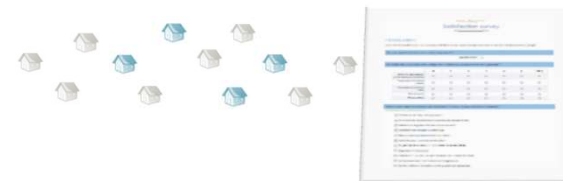
Méthodes employées

Résultats - CONFORT THERMIQUE

Conclusion

Confort thermique

Une bonne satisfaction générale



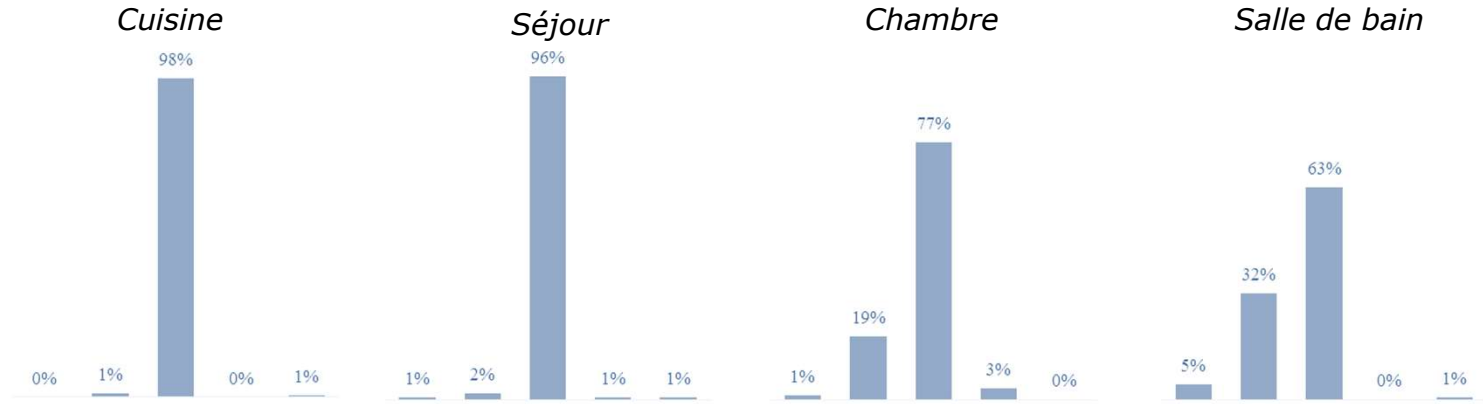
Confort thermique



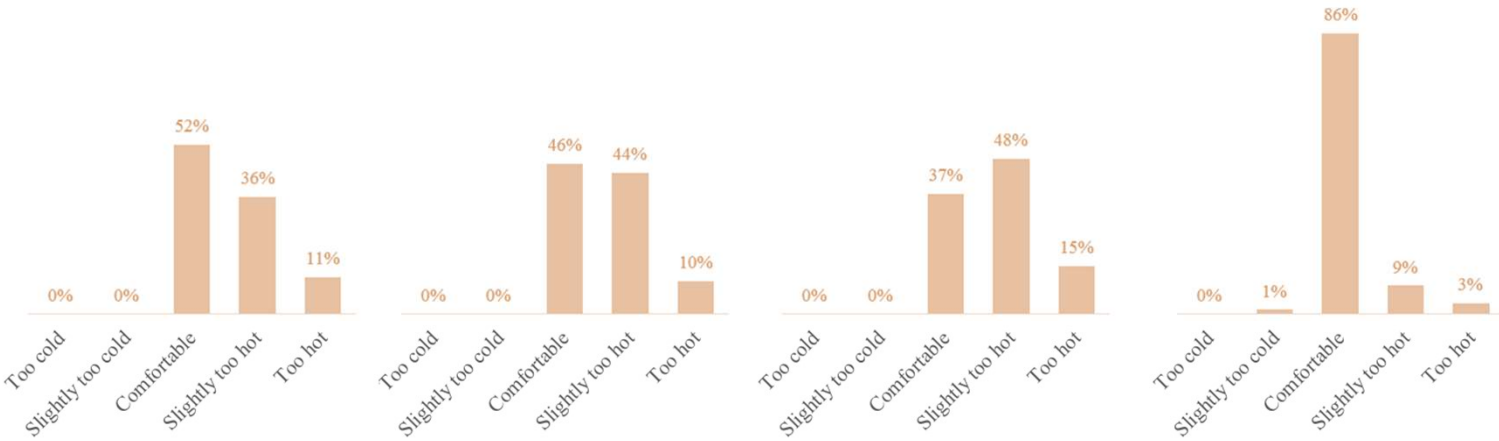
Room	Too cold	Slightly too cold	Comfortable	Slightly too hot	Too hot
Cuisine	0%	1%	98%	0%	1%
Séjour	1%	2%	96%	1%	1%
Chambre	1%	19%	77%	3%	0%
Salle de bain	5%	32%	63%	0%	1%

Des logements plus confortables en hiver qu'en été

HIVER



ETE



Appréciation de la sensation thermique des pièces suivant les saisons (% de réponses)

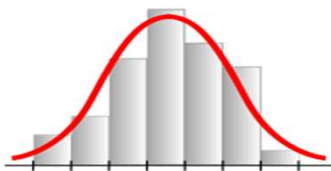
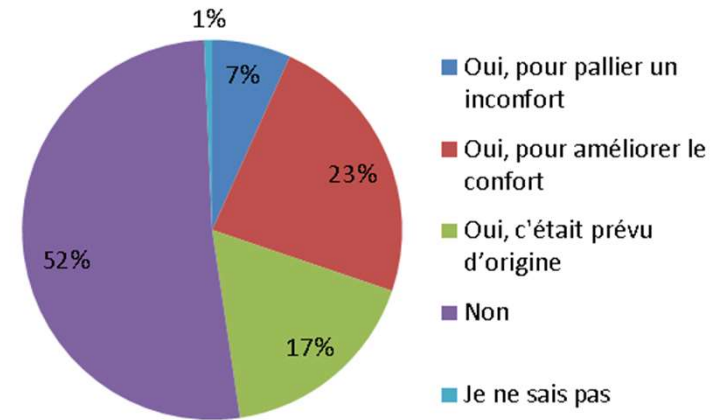
Confort thermique

Des logements plus confortables en hiver qu'en été



Un chauffage d'appoint souvent nécessaire

Utilisation d'un chauffage d'appoint complémentaire



Relation statistique avec:
La performance de l'enveloppe
Type de système de chauffage installé
(pas de chauffage central ou pas dans toutes les pièces)

Confort thermique



Des logements plus confortables en hiver qu'en été

Un chauffage d'appoint souvent nécessaire

18 maisons sur 25 soit 72%



Radiateurs électriques

Chaudière à condensation (7)



non cond(2)



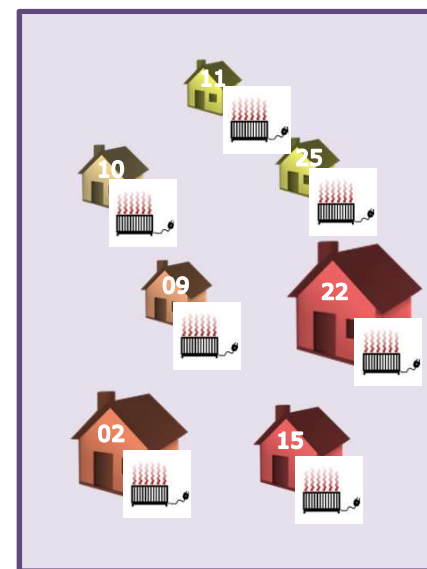
Pompe à chaleur (7)



air chaud(2)



Pas de chauffage central (7)

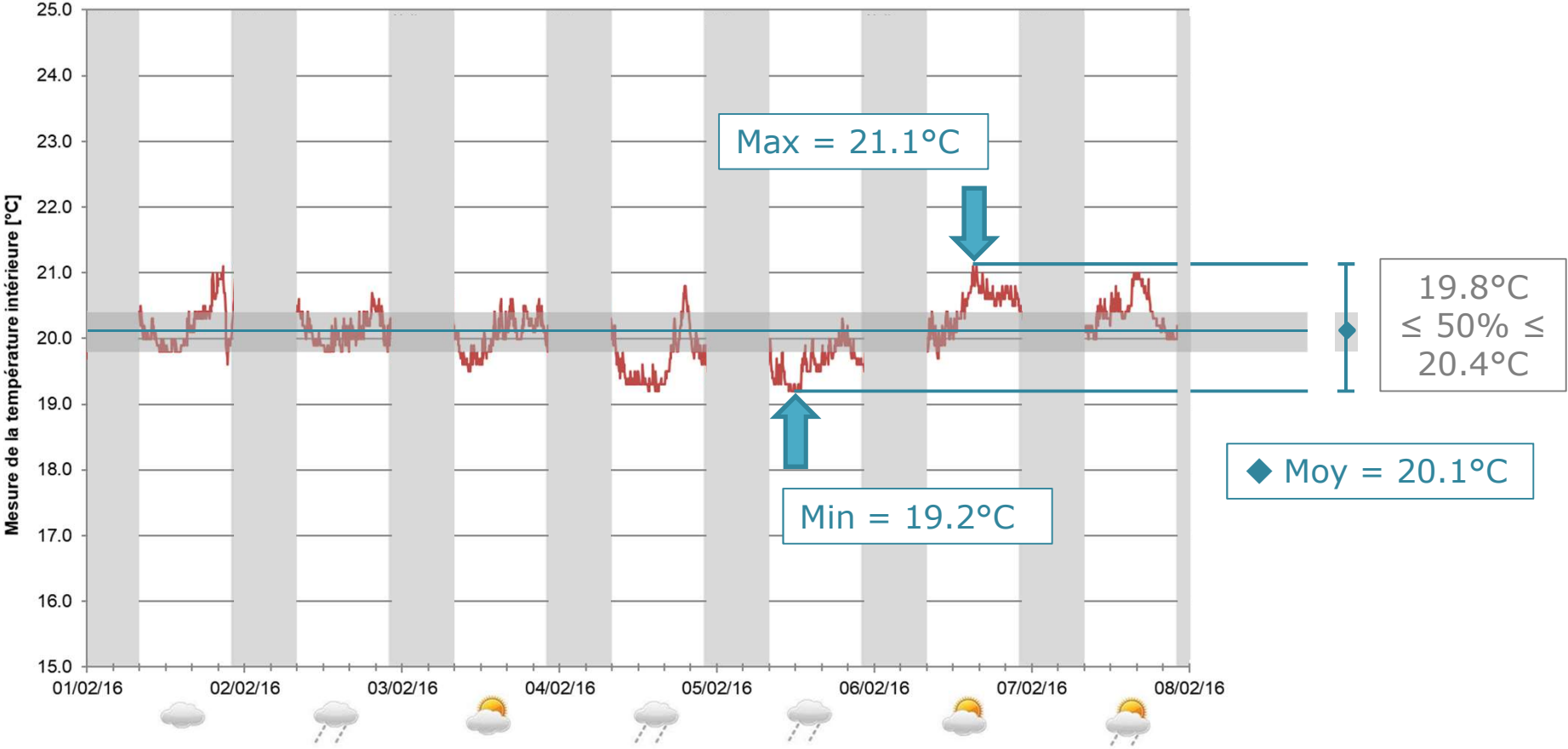


Confort thermique

Température intérieure en période hivernale Dans les séjours



Mesures de jour

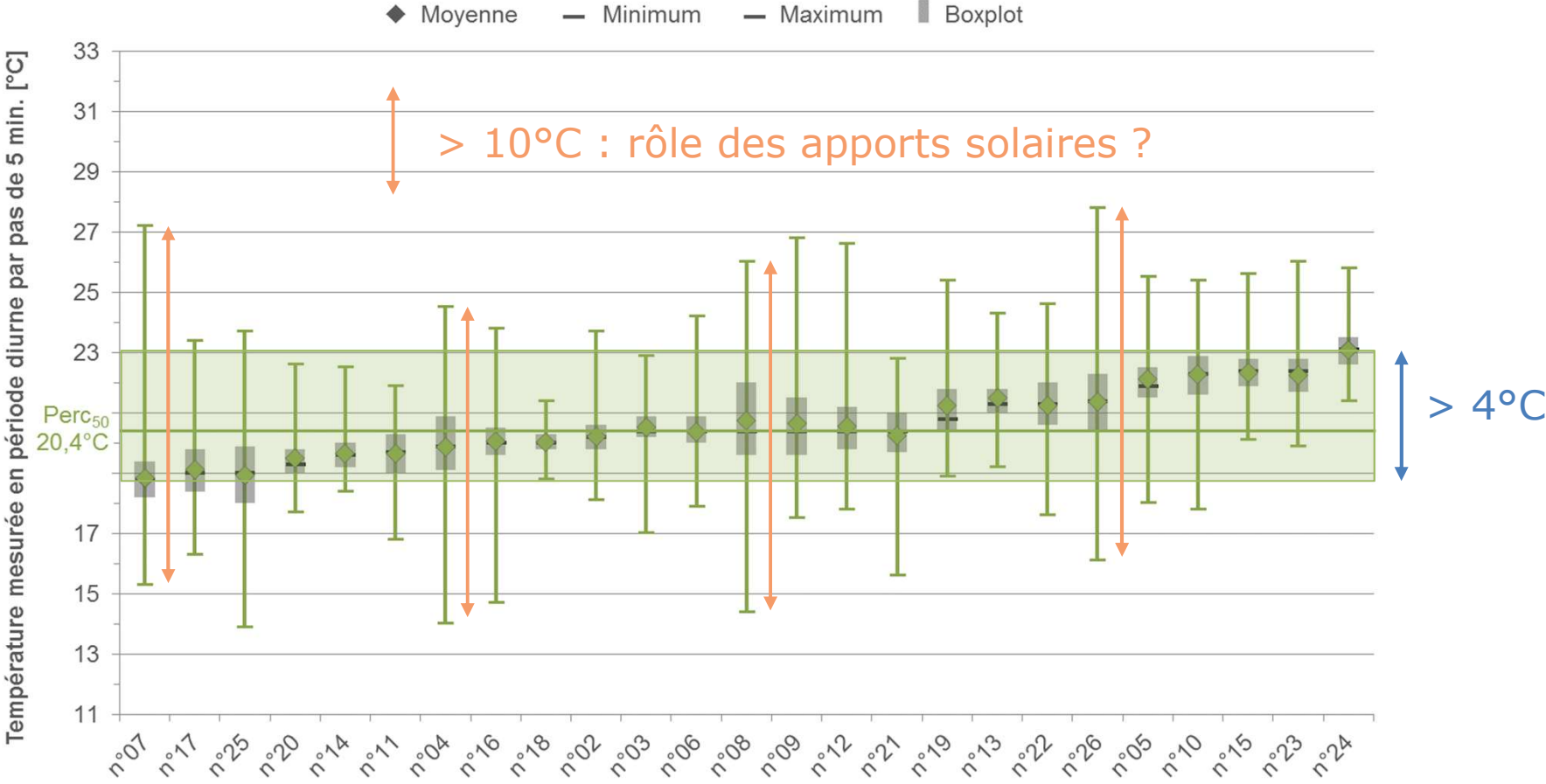


Confort thermique

Température intérieure en période hivernale Dans les séjours



Mesures de jour



En hiver, comment ressentez-vous la température intérieure dans le séjour ?

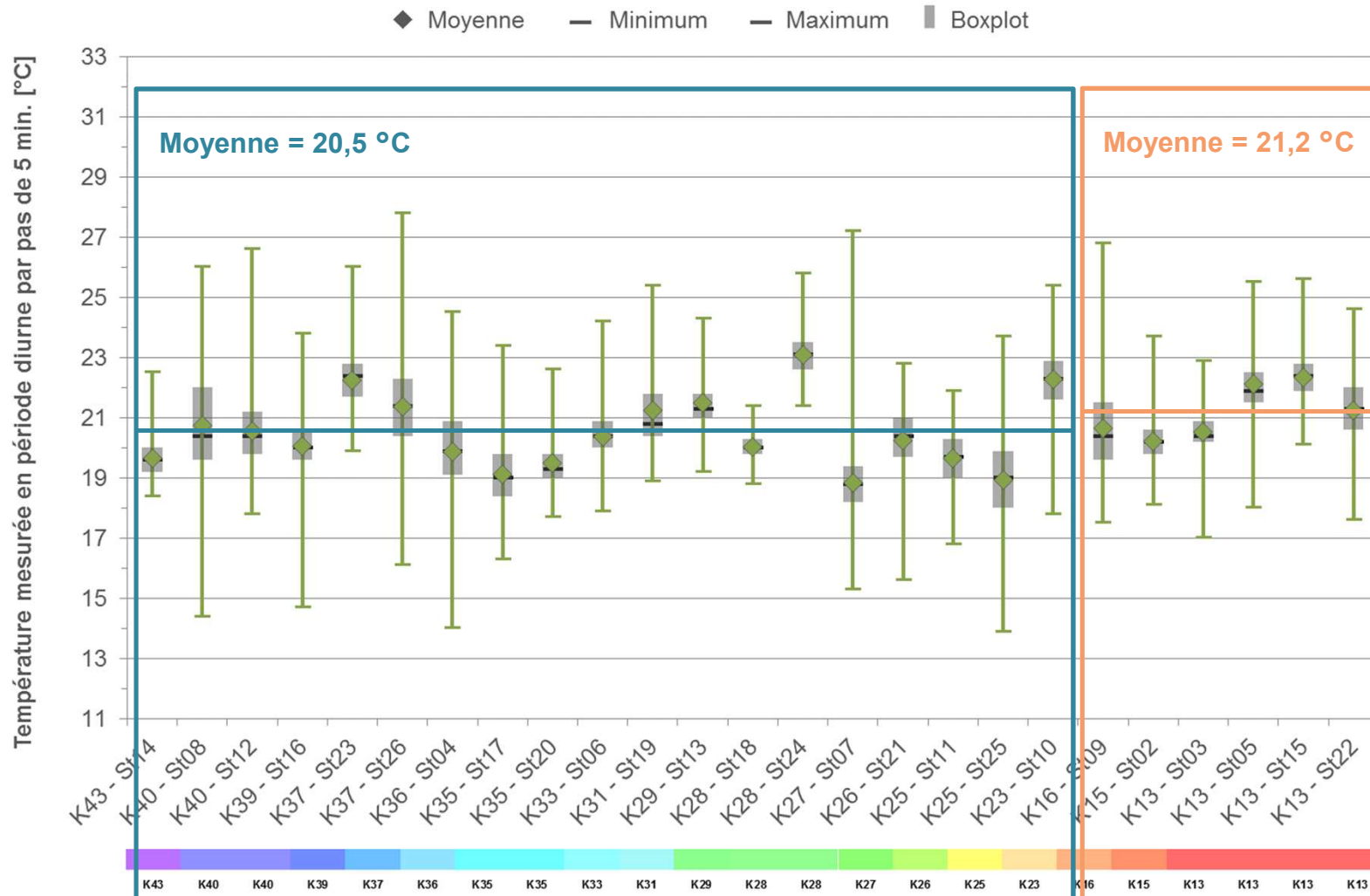
◆ Agréable

Confort thermique

Température intérieure en période hivernale Dans les séjours



Mesures de jour

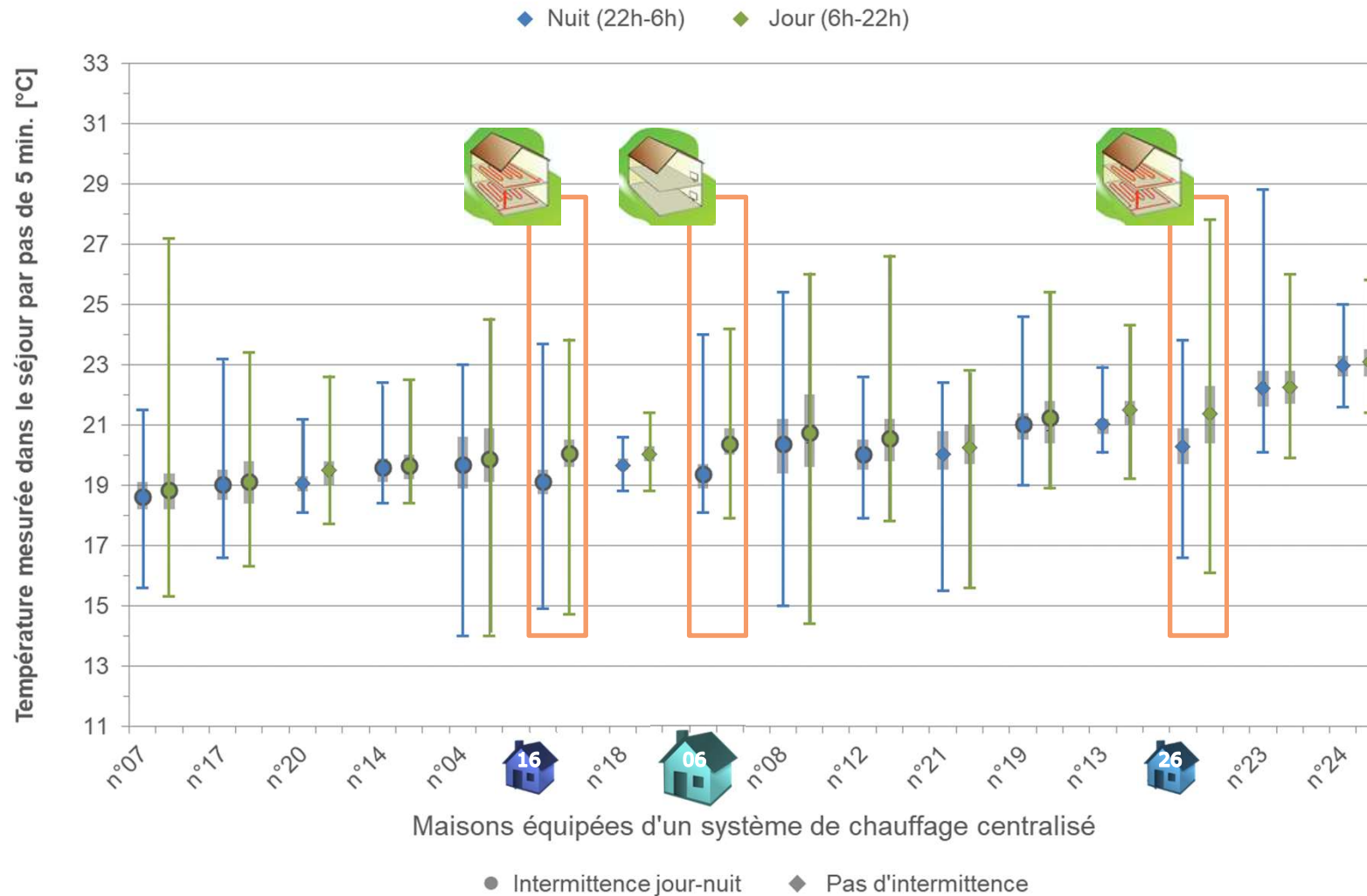


Confort thermique

Température intérieure en période hivernale Dans les séjours



Mesures de jour
et de nuit

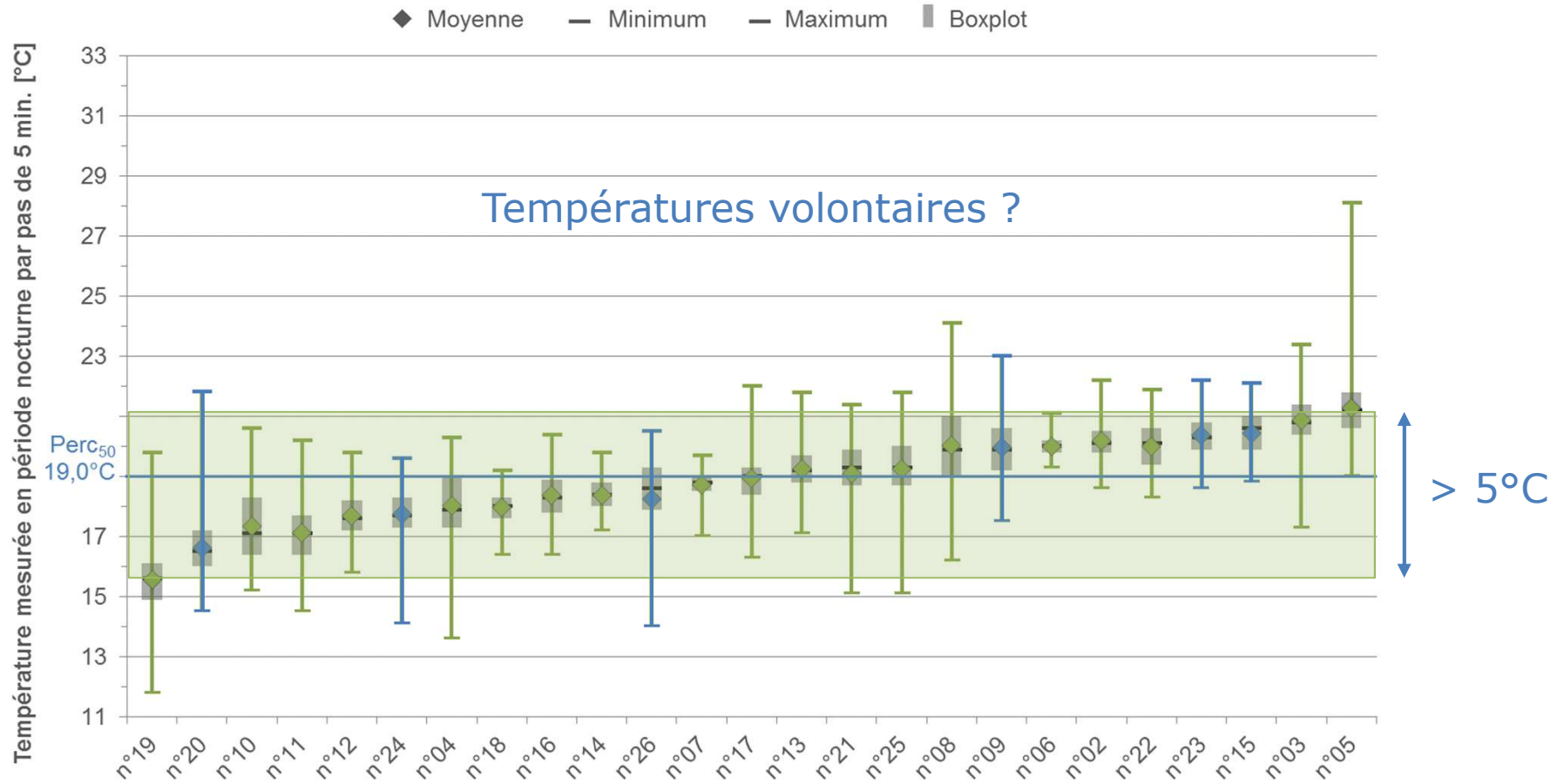


Confort thermique

Température intérieure en période hivernale Dans les chambres à coucher parentales



Mesures de nuit



En hiver, comment ressentez-vous la température intérieure dans les chambres ?

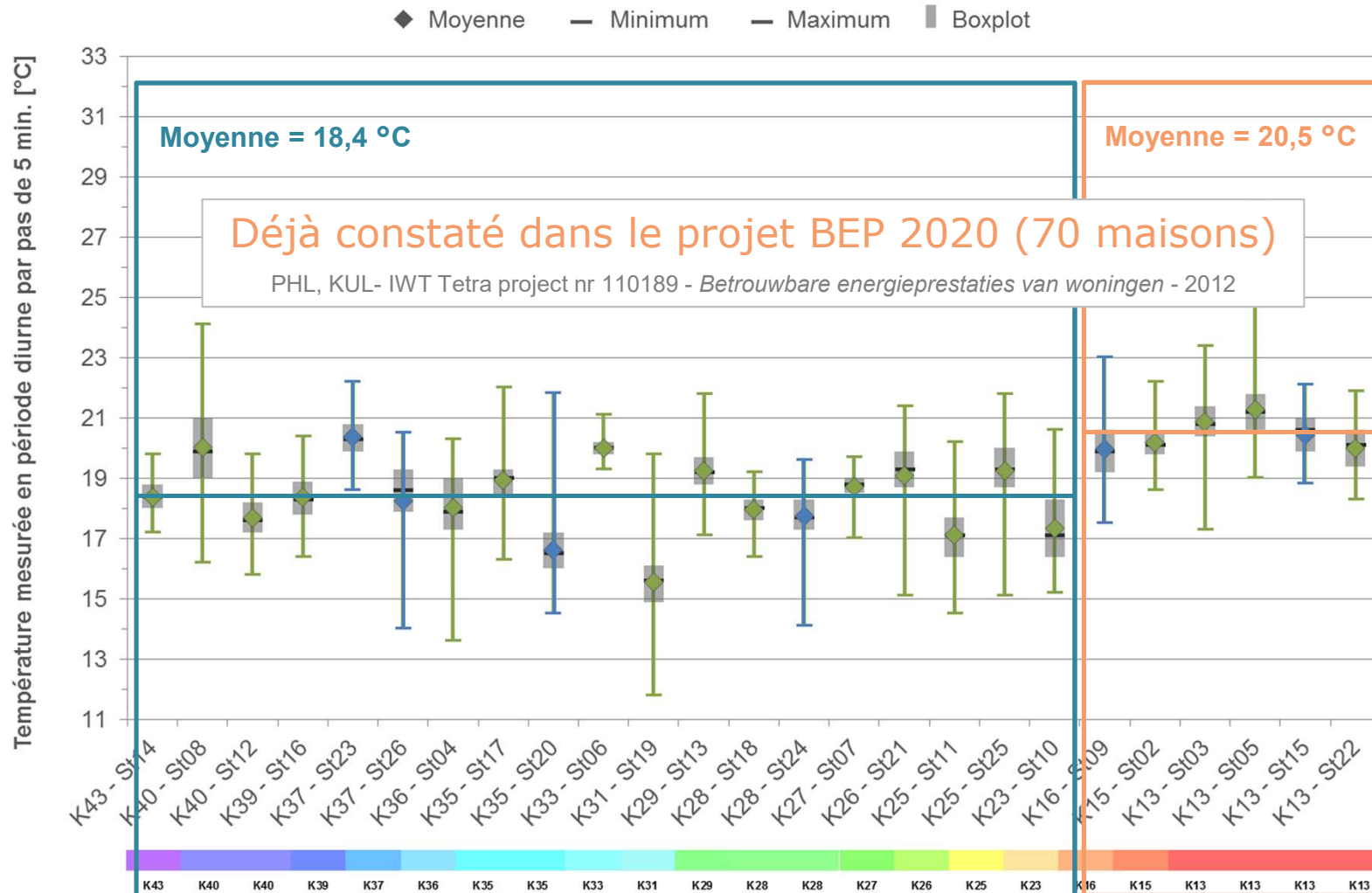
◆ Agréable ◆ Légèrement trop froid

Confort thermique

Température intérieure en période hivernale Dans les chambres à coucher parentales

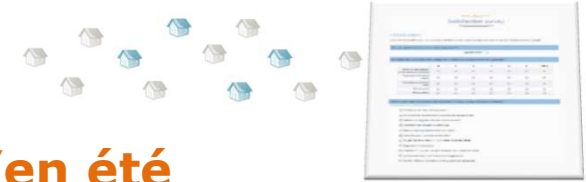


Mesures de nuit



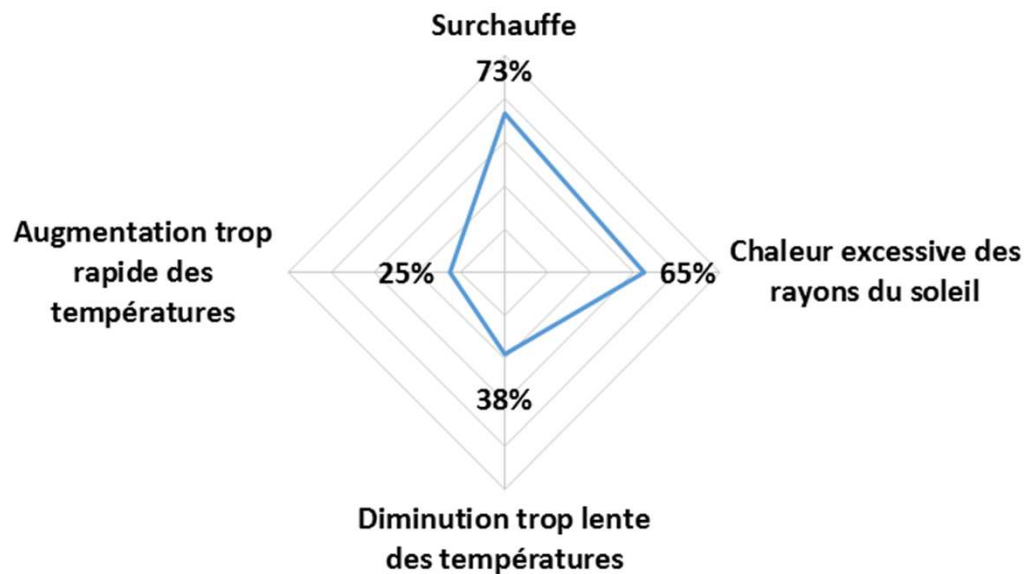
Confort thermique

Des logements plus confortables en hiver qu'en été

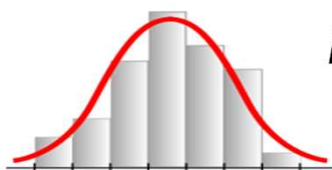
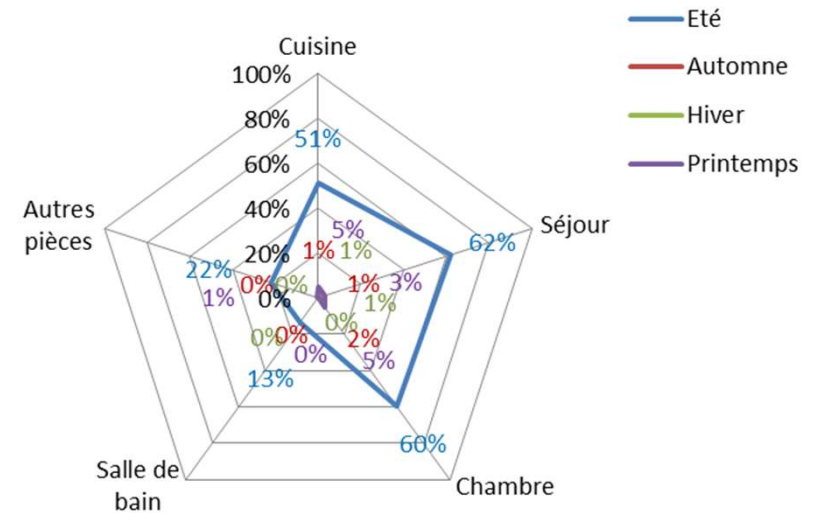


Une gestion de la surchauffe et des gains solaires difficile

Inconforts rencontrés



Moment et localisation des problèmes de surchauffe



Relation statistique avec la sensibilité à la chaleur des occupants

Gestions des gains solaires et ventilation

Modification de l'habillement en été

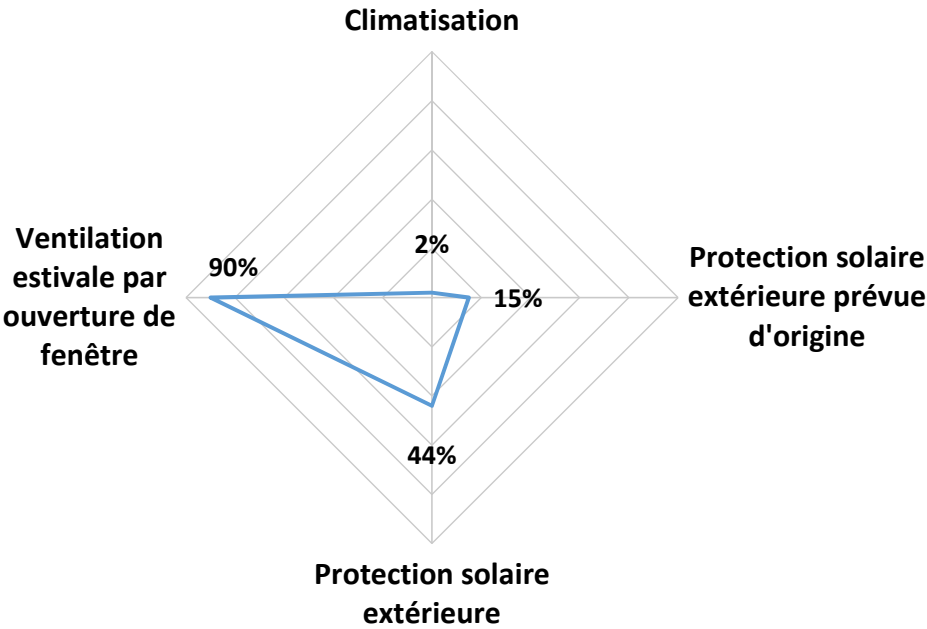
Confort thermique

Des logements plus confortables en hiver qu'en été



Une gestion de la surchauffe et des gains solaires difficile

*Equipements ajoutés et actions entreprises
(% de réponses)*



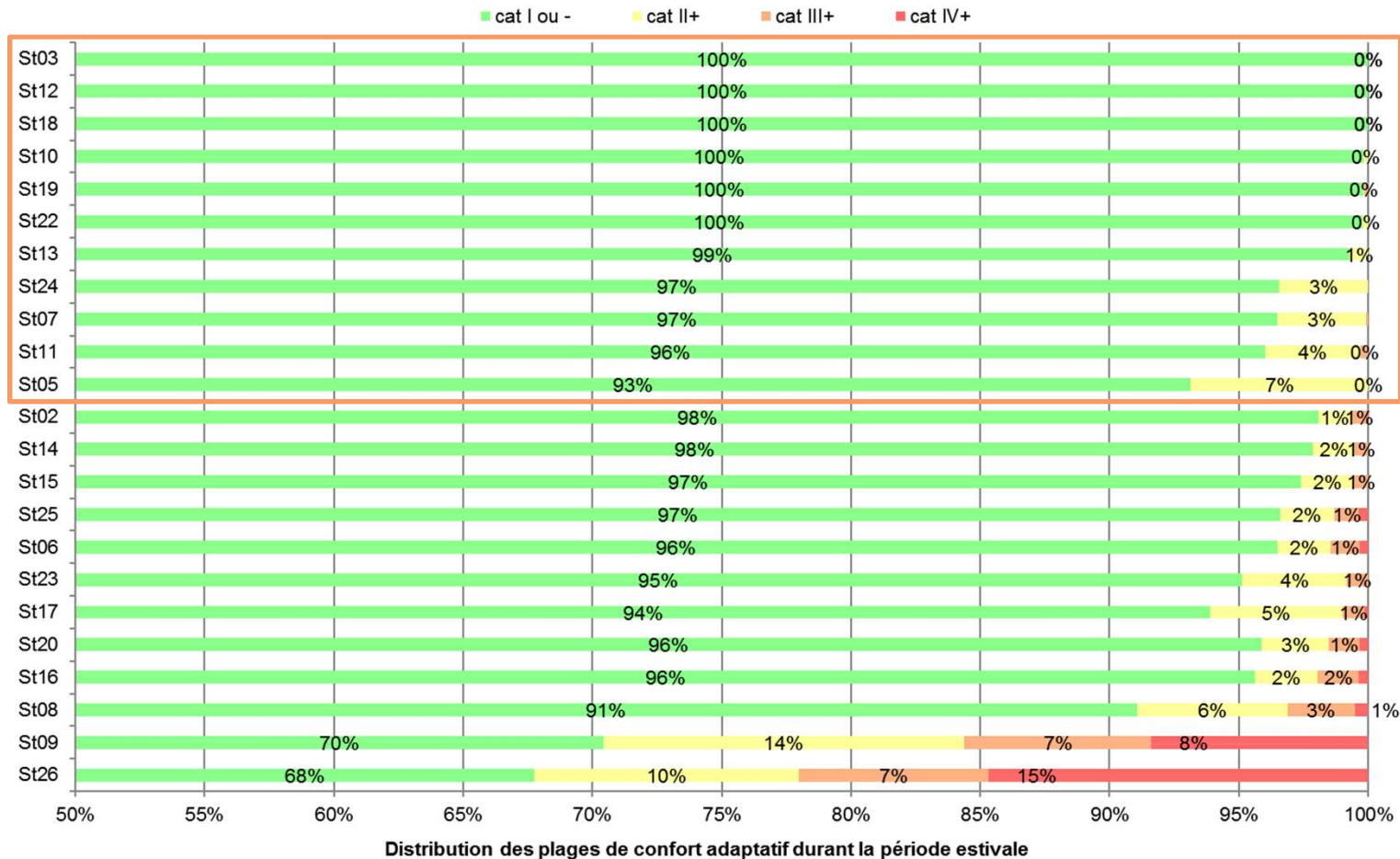
Confort thermique

Température intérieure en période estivale Dans les séjours



Mesures de jour

➤ 11 maisons sur 23 toujours en zone de confort cat I ou cat II



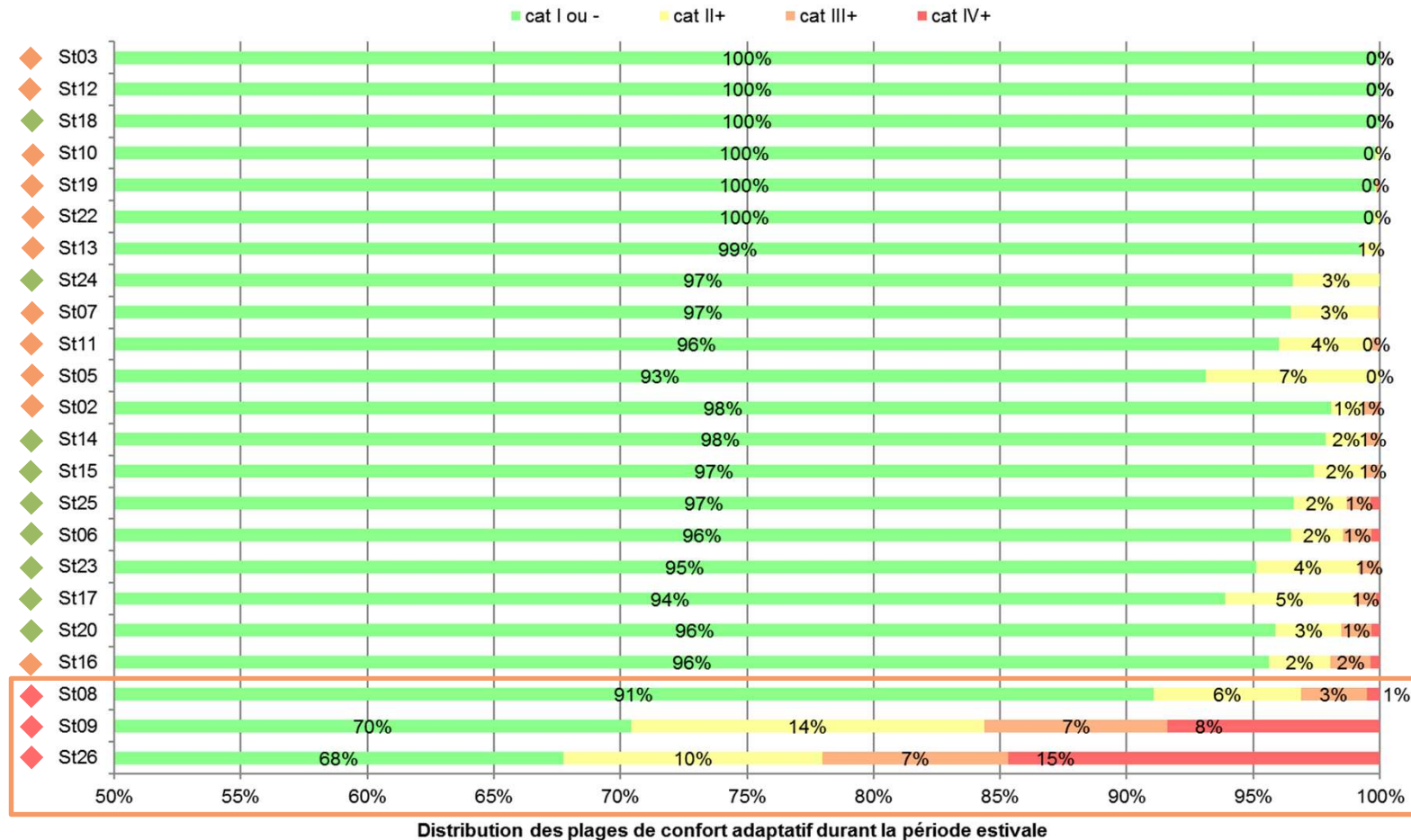
Confort thermique



Température intérieure en période estivale Dans les séjours

Mesures de jour

➤ 3 maisons sont – **de 97%** de la période estivale en cat I ou cat II



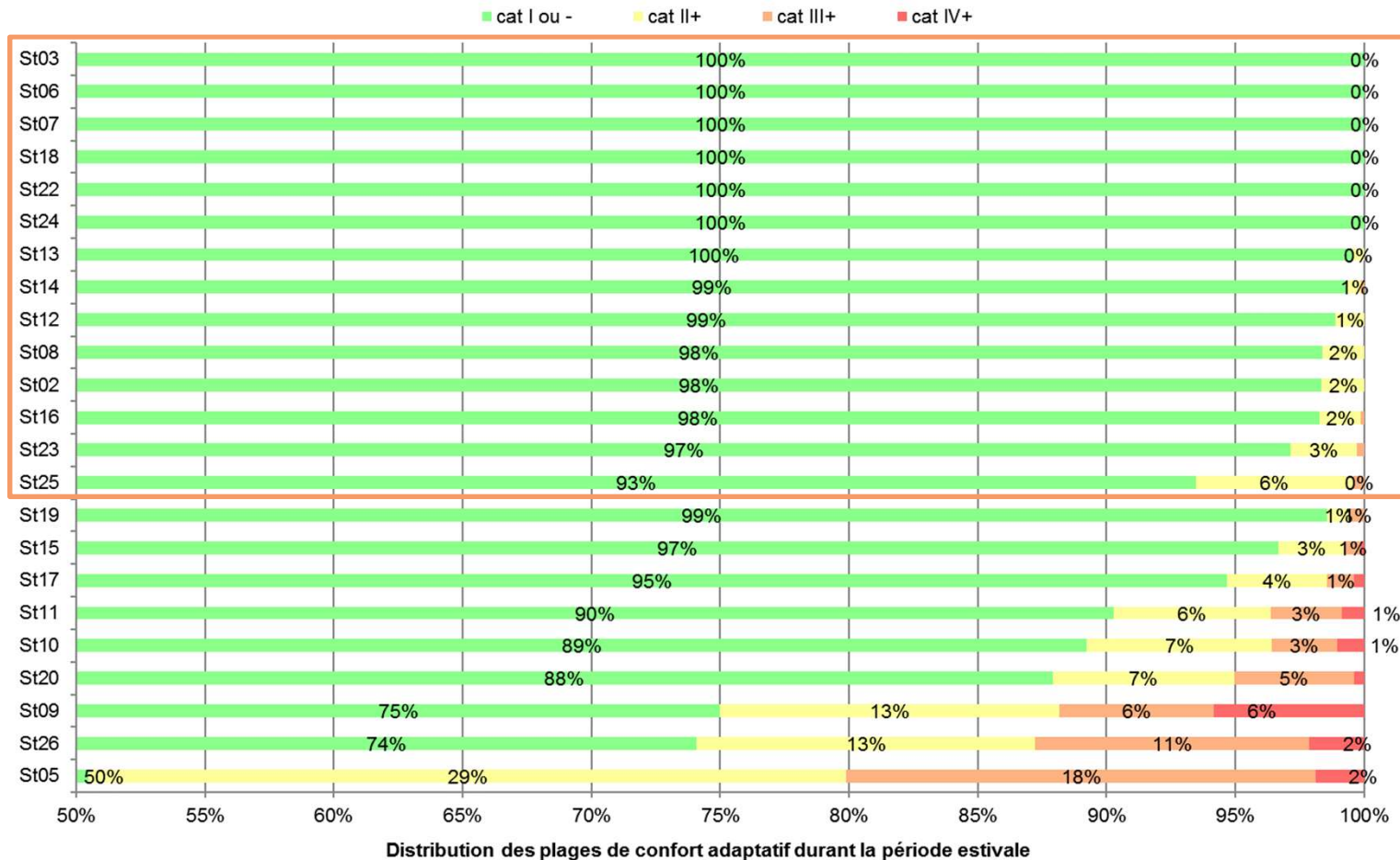
Confort thermique



Température intérieure en période estivale Dans les chambres à coucher parentales

Mesures de nuit

➤ 14 maisons sur 23 toujours en zone de confort cat I ou cat II



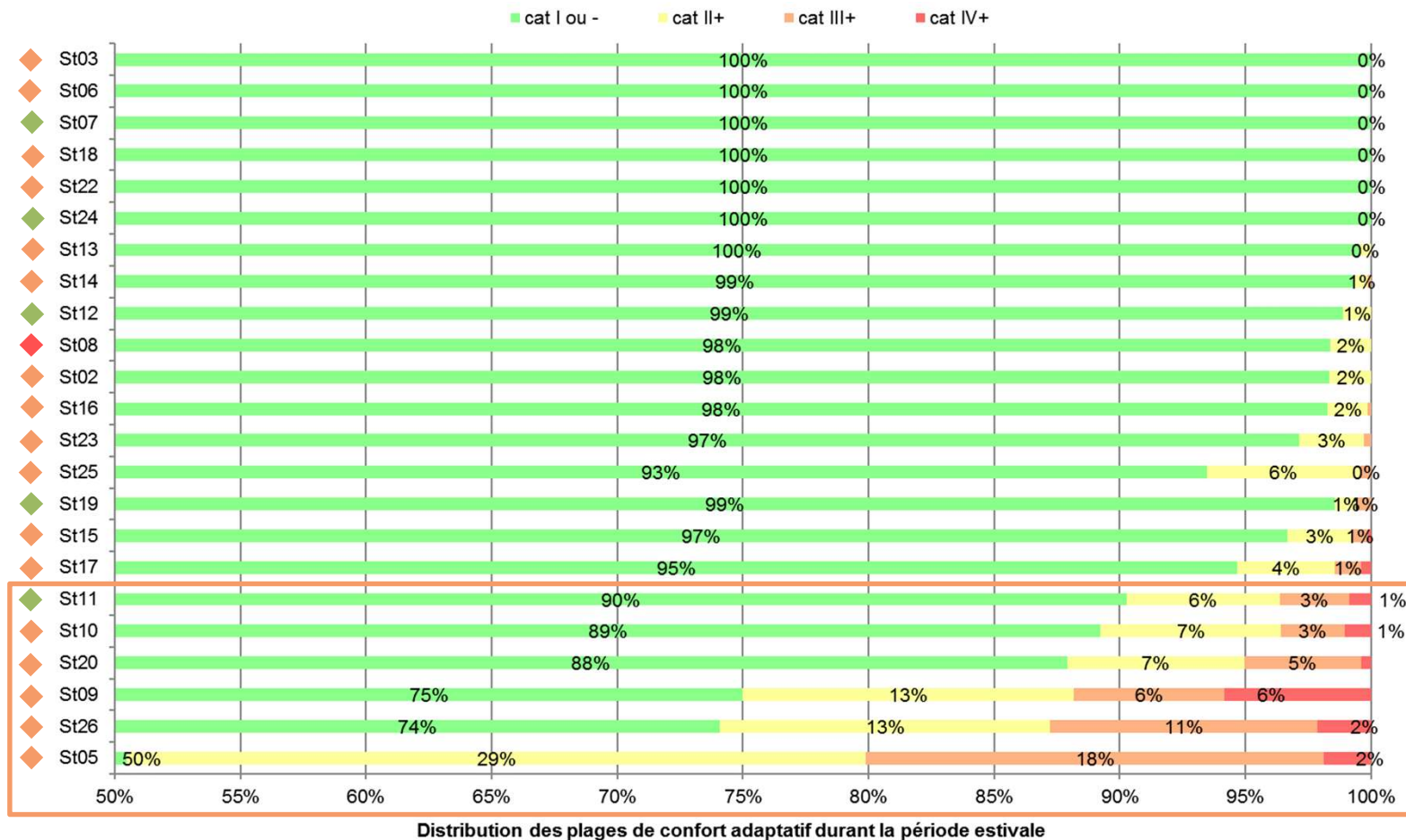
Confort thermique



Température intérieure en période estivale Dans les chambres à coucher parentales

Mesures de nuit

➤ 6 maisons sont – **de 97%** de la période estivale en cat I ou cat II



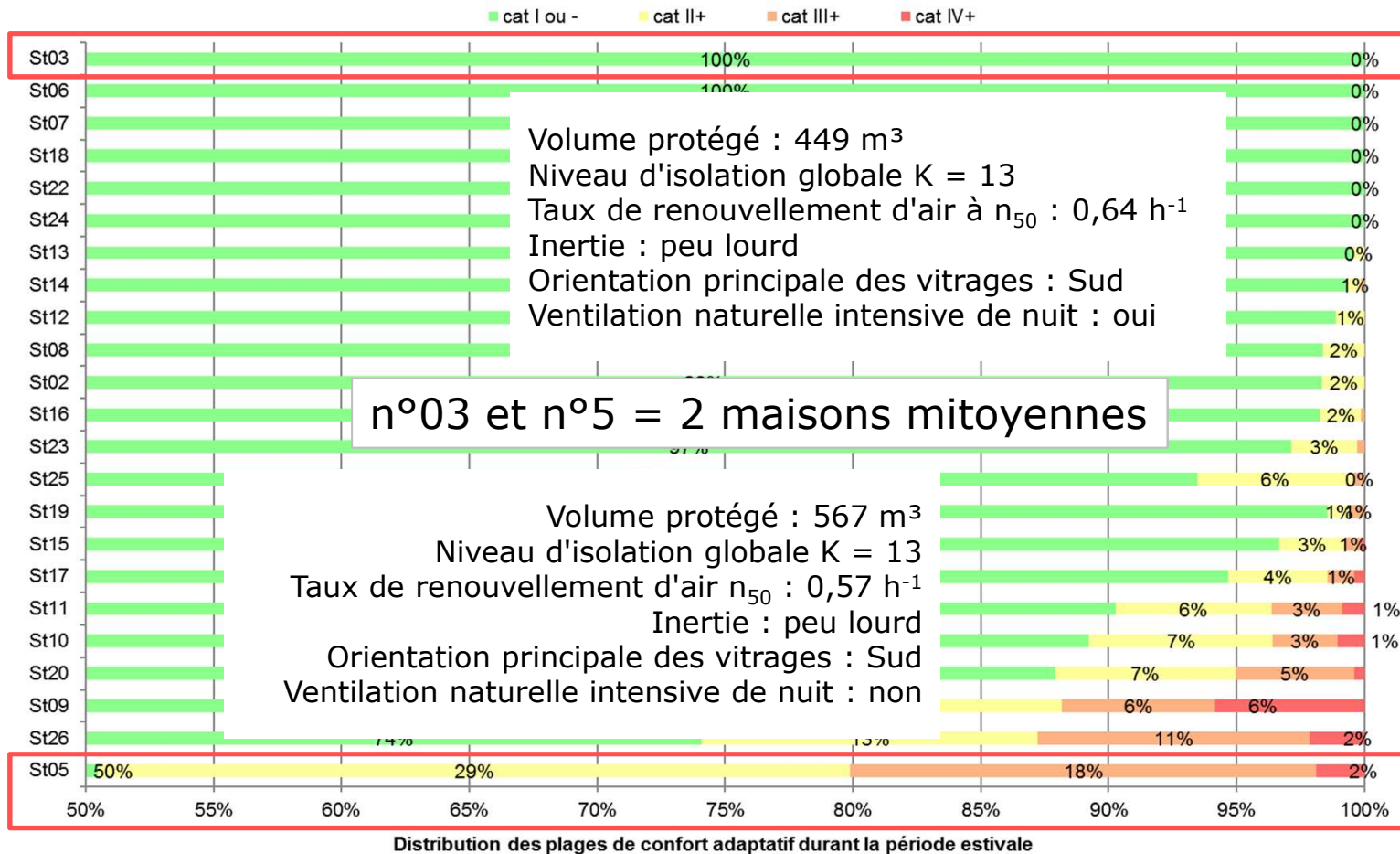
Confort thermique



Température intérieure en période hivernale Dans les chambres à coucher parentales

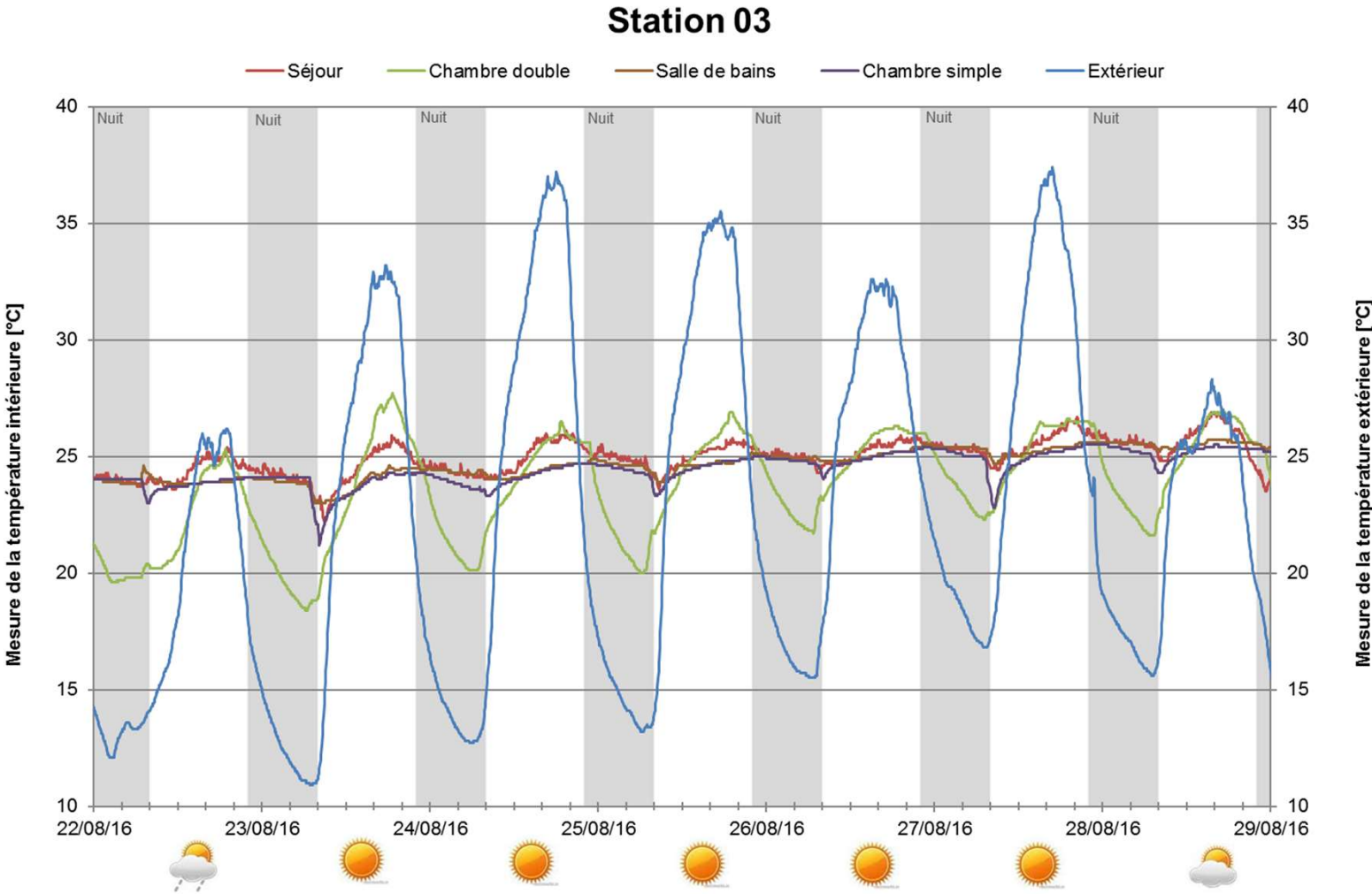
Mesures de nuit

➤ 6 maisons sont – **de 97%** de la période estivale en cat I ou cat II



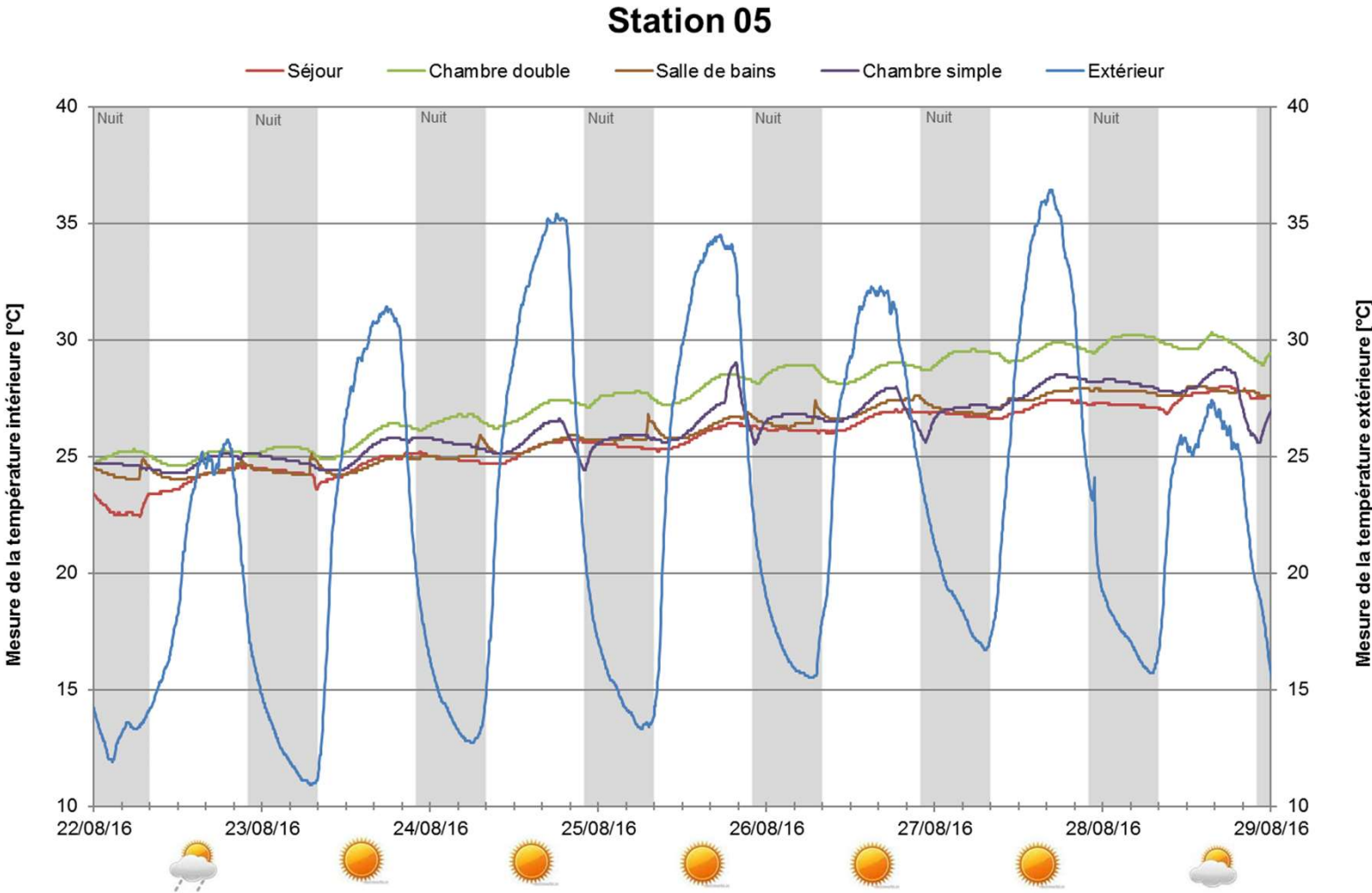
Confort thermique

Température intérieure en période estivale



Confort thermique

Température intérieure en période estivale



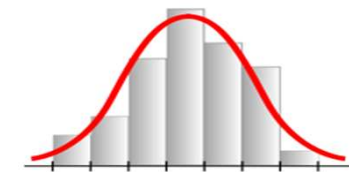
Confort thermique



Mesures de la température en période estivale Caractéristiques des bâtiments qui présentent le plus de surchauffe dans le SEJOUR

(CAT III >3% du tps théorique d'occupation comparés aux bâtiments restants en Cat I et II).

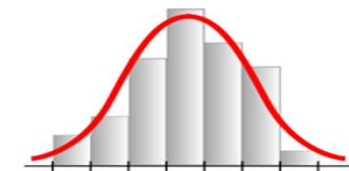
- Bâtiments plus petits (volume) (4 façades)
 - Surface de vitrage plus grande (bâtiment)
 - Grand séjour orienté Sud/Sud-Ouest
 - Pas de protection solaire ou protection intérieure
 - Inertie plus légère
 - Enveloppe moins performante
 - Occupant absent en journée
 - Ouverture des fenêtres et ventilation nocturne plus fréquentes
-
- Risques de surchauffe calculés CALE + élevés.
 - Plaintes relatives à la surchauffe plus fréquentes



Confort thermique

Mesures de la température en période estivale
Caractéristiques des bâtiments qui présentent le plus de surchauffe dans la CHAMBRE principale
(CAT III >3% du tps théorique d'occupation comparés aux bâtiments restants en Cat I et II).

- Bâtiments plus petits (volume) (4-3 façades)
 - Surface de vitrage plus grande (bâtiment)
 - Orientation Sud/Nord-Ouest
 - Chambre sous toiture
 - Sans protection solaire moitié des cas (Ext: 1 sur 6)
 - Occupant absent en journée
 - Ouverture des fenêtres en journée
 - Pas de ventilation nocturne
-
- Risques de surchauffe calculés CALE + élevés.
 - Plaintes relatives à la surchauffe et à la chaleur amenée par les rayons du soleil plus fréquentes



Confort thermique



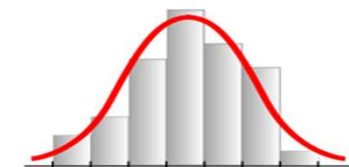
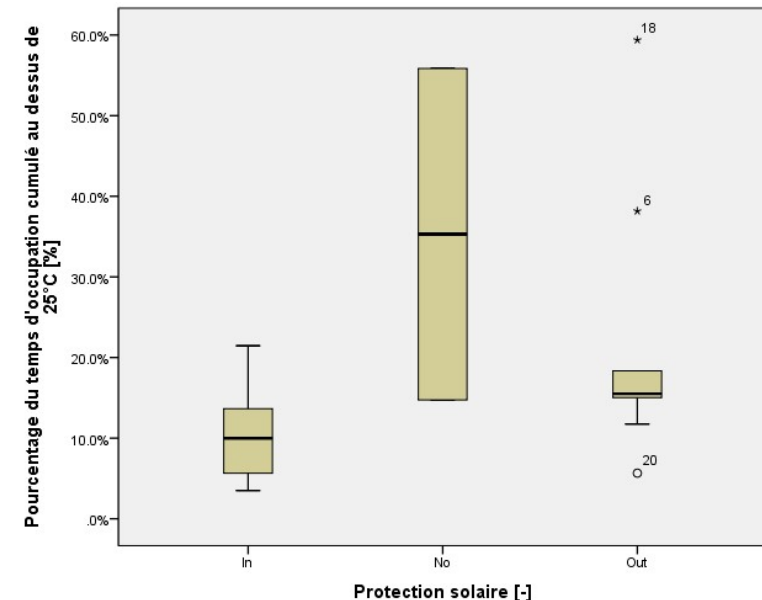
Mesures de la température en période estivale Caractéristiques discriminantes

(qui procure un comportement significativement différent (statistiquement) en rapport avec la surchauffe(EN15251)) sur l'ensemble de l'échantillon, indépendamment des autres caractéristiques)

- Taille du séjour (volume et superficie)
(lien avec les superficies vitrées (?))
- Présence de protections solaires
- Moment de présence
- Risque de Surchauffe calculé [K.h]

- Pour la chambre: sous toiture
- Pour le séjour: ombrage extérieur

- ~~Caractéristiques constructives~~
-> *aspect multifactoriel*
- ~~Plaintes relatives à la surchauffe~~
-> *sensibilité individuelle*



Recommandations générales

Améliorer le confort thermique en hiver

Prendre en compte les besoins spécifiques de chauffage en fonction de l'usage du local

- Température de confort plus élevée dans les salles de bain
- Chambre (parfois utilisée comme bureau)
- Peu importe le niveau de performance de l'enveloppe

Changer l'affectation d'un local

- Combles aménageables



Recommandations générales

Se prémunir contre la surchauffe estivale

Limiter les gains solaires

- Prévoir des protections solaires extérieures
/Installer celles prévues
- A défaut utiliser des protections solaires intérieures de teinte claire

Réaliser une ventilation estivale efficace

- Via l'ouverture des fenêtres et non via l'installation de ventilation hygiénique (débits insuffisants).
- Prévoir moustiquaires et protections en cas de risque de pluie
- Prévoir un dispositif anti-intrusion

Gérer correctement les moments d'ouverture des fenêtres et de déploiement des protections solaires.

- Gestion palliative VS préventive (automatisation?)



Objectifs de l'étude

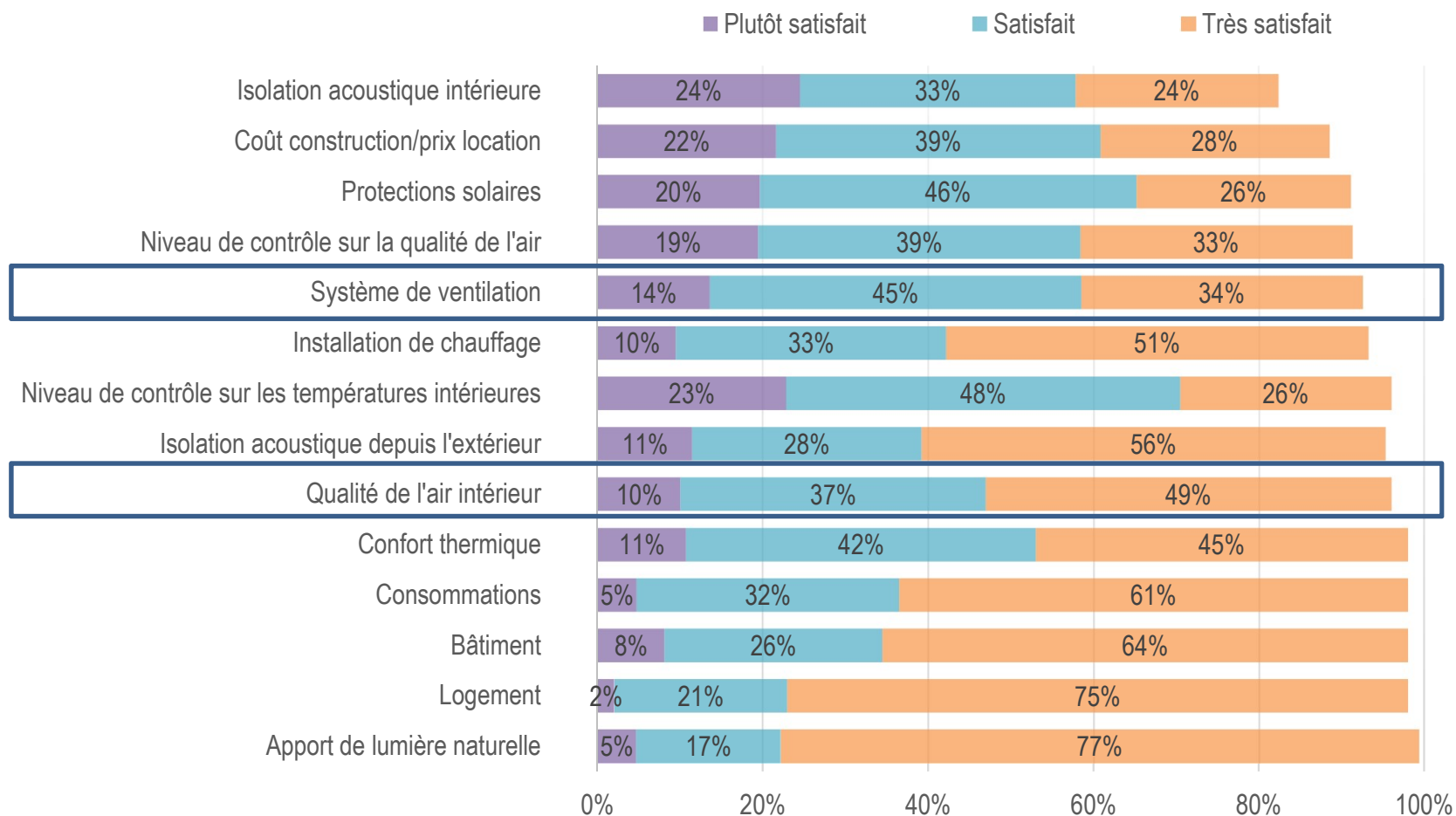
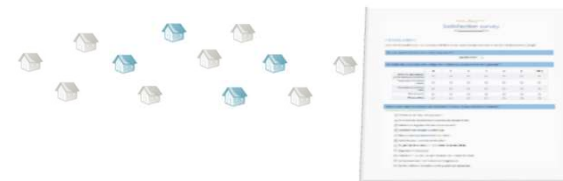
Méthodes employées

Résultats - CONFORT RESPIRATOIRE

Conclusion

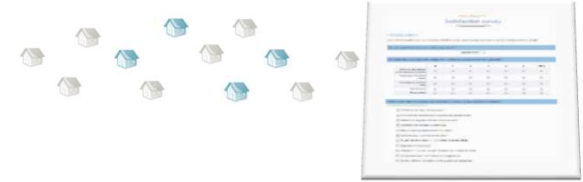
Confort respiratoire

Une qualité d'air bien perçue...

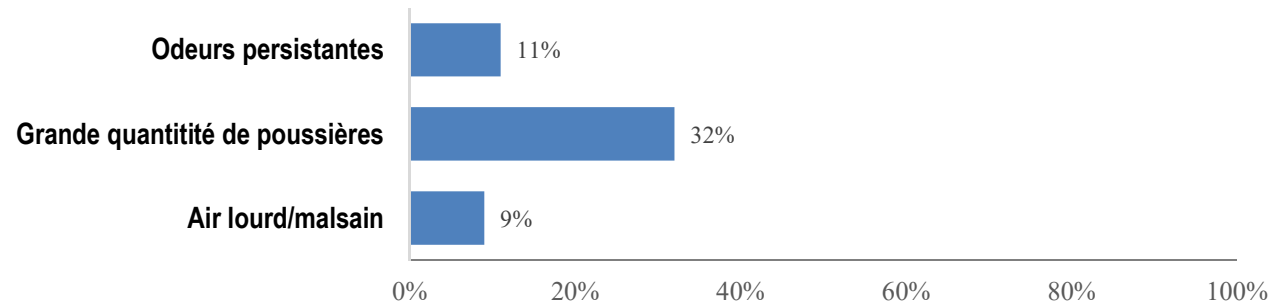


Confort respiratoire

Une qualité d'air bien perçue...



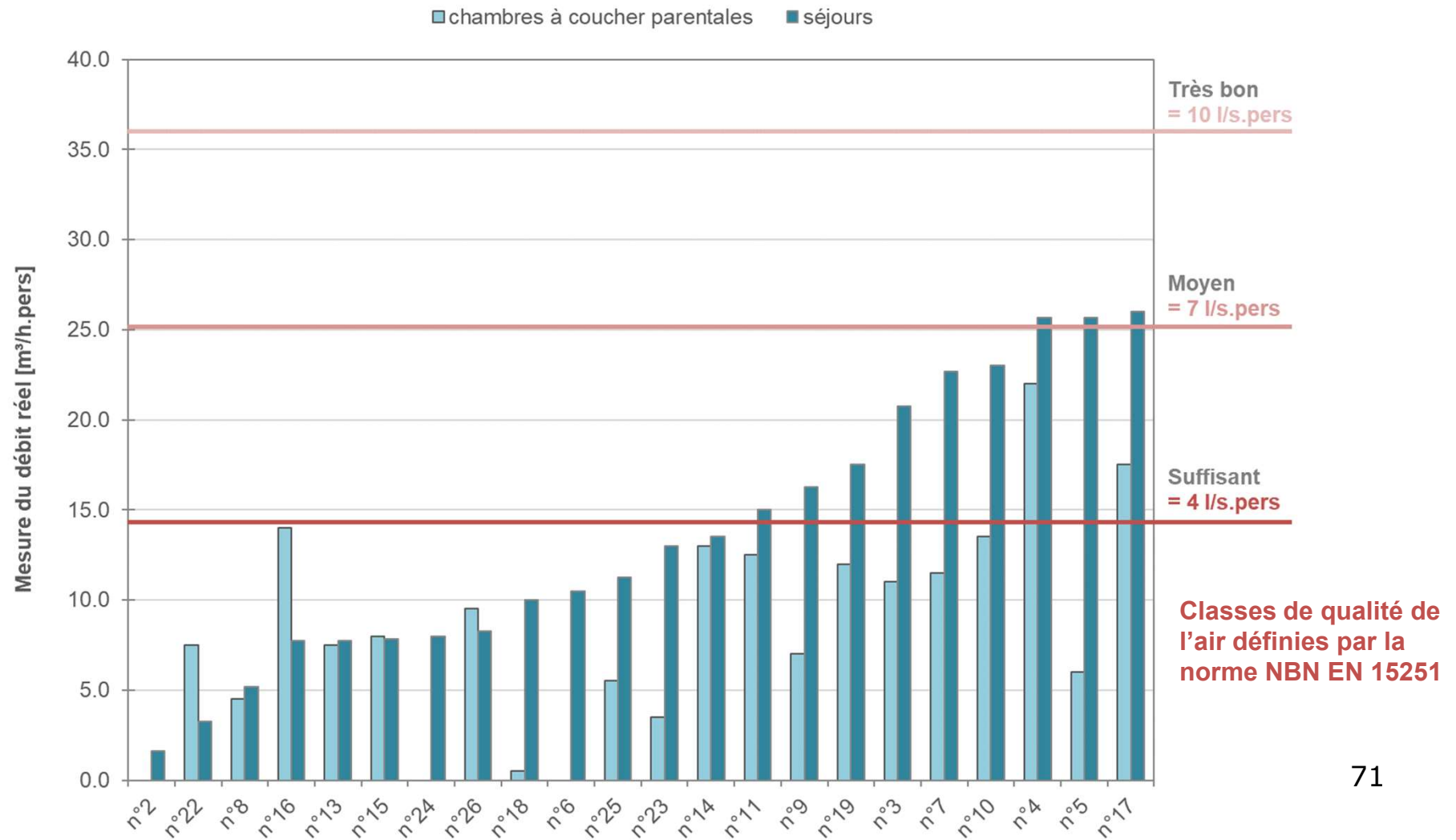
*Inconforts dus à la qualité de l'air
(% d'insatisfaits)*



Confort respiratoire

... mais parfois insatisfaisante

Mesure des débits en position normale d'utilisation



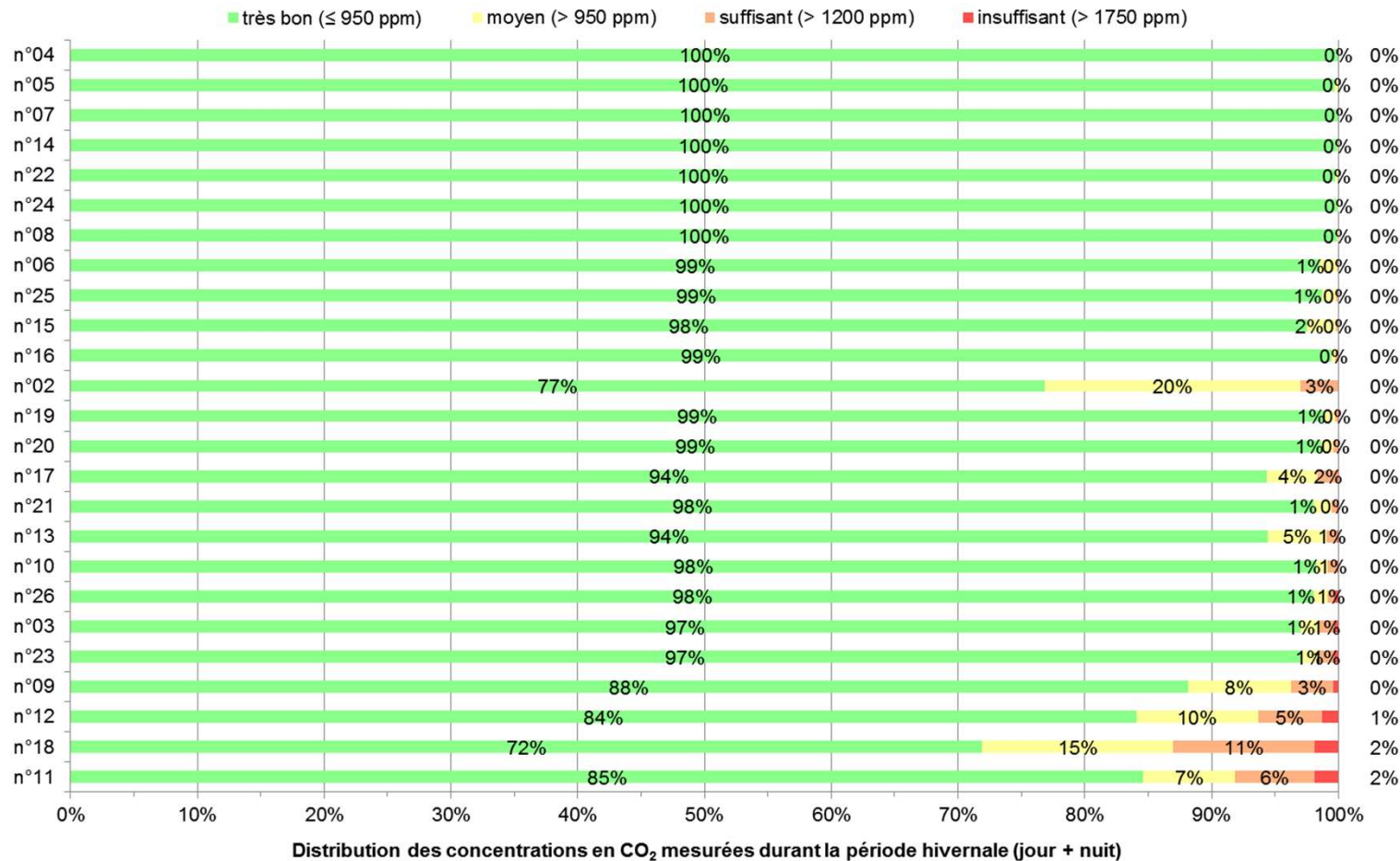
Confort respiratoire

Concentration en CO₂ en période hivernale Dans les séjours



Mesures de jour
et de nuit

➤ Qualité de l'air suffisante + **de 97%** du temps dans les 25 maisons



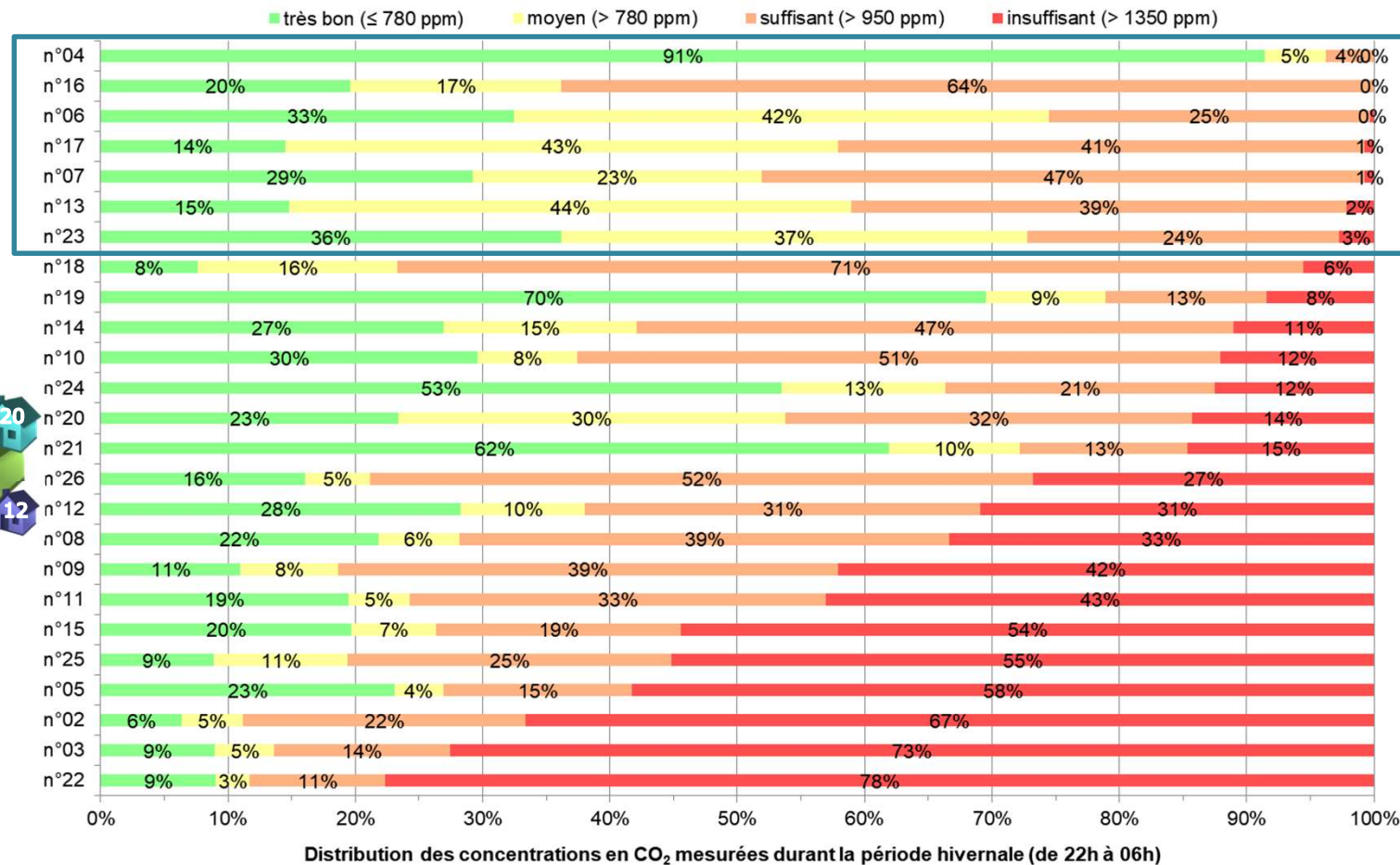
Confort respiratoire



Température intérieure en période hivernale Dans les chambres à coucher parentales

Mesures de nuit

➤ Qualité de l'air suffisante + **de 97%** du temps dans 7 maisons sur 25



Objectifs de l'étude

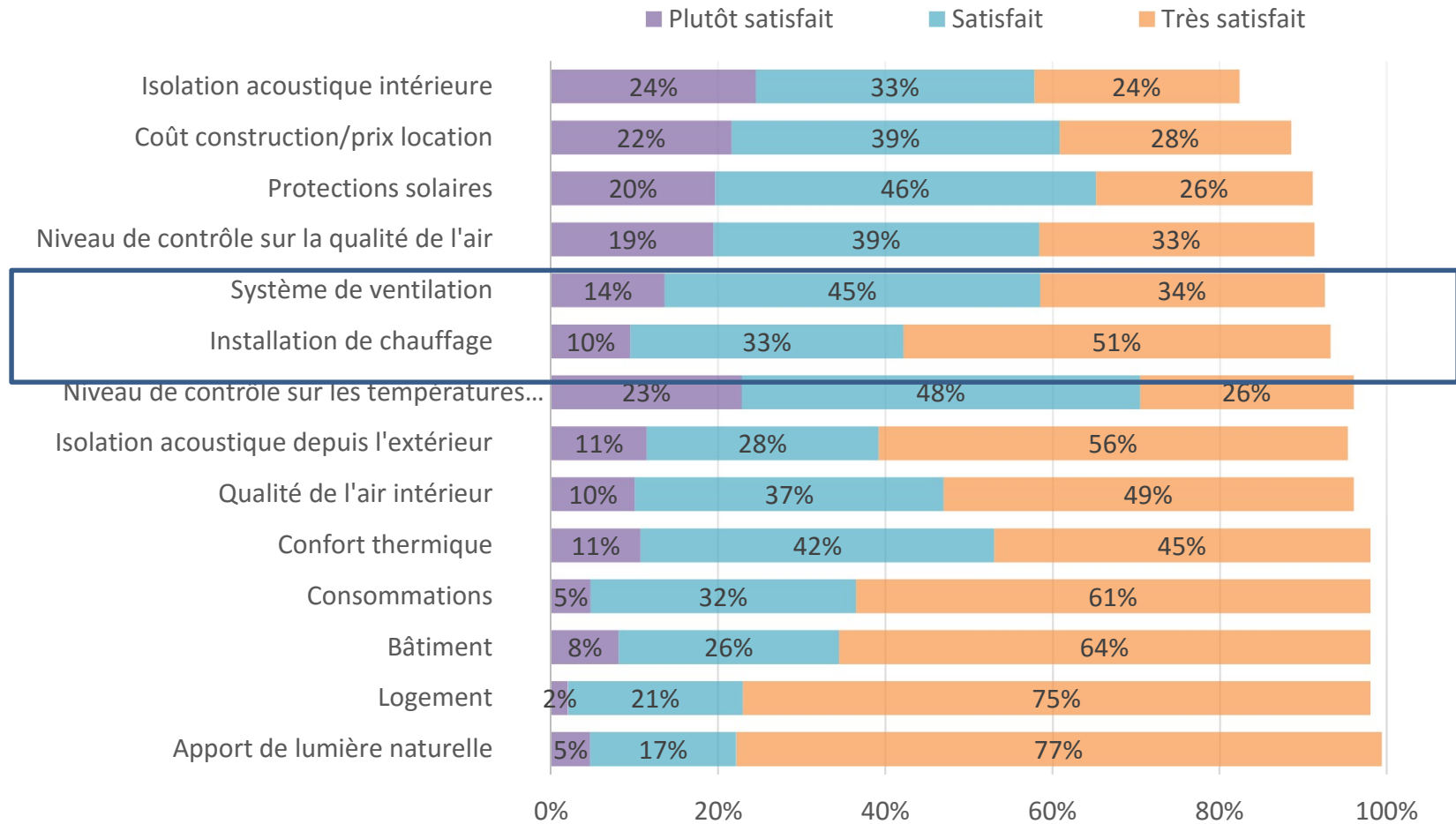
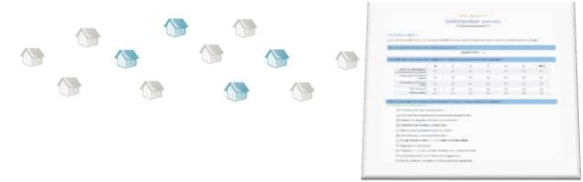
Méthodes employées

Résultats – PERFORMANCES SYSTEMES

Conclusion

Performances des systèmes

Des systèmes bien acceptés ...

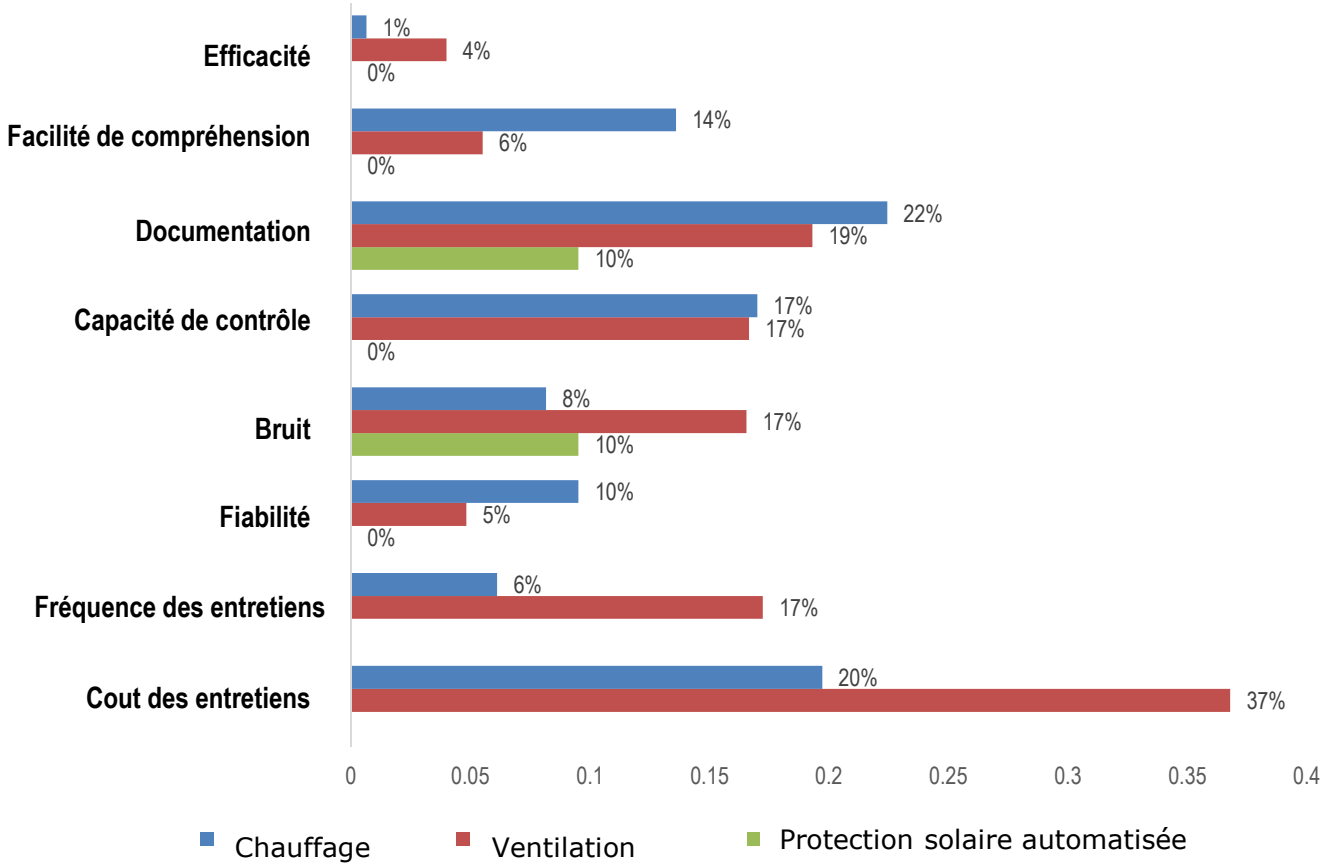


Performances des systèmes

Des systèmes bien acceptés ...



Insatisfaction en rapport avec les systèmes (% d'insatisfaits)

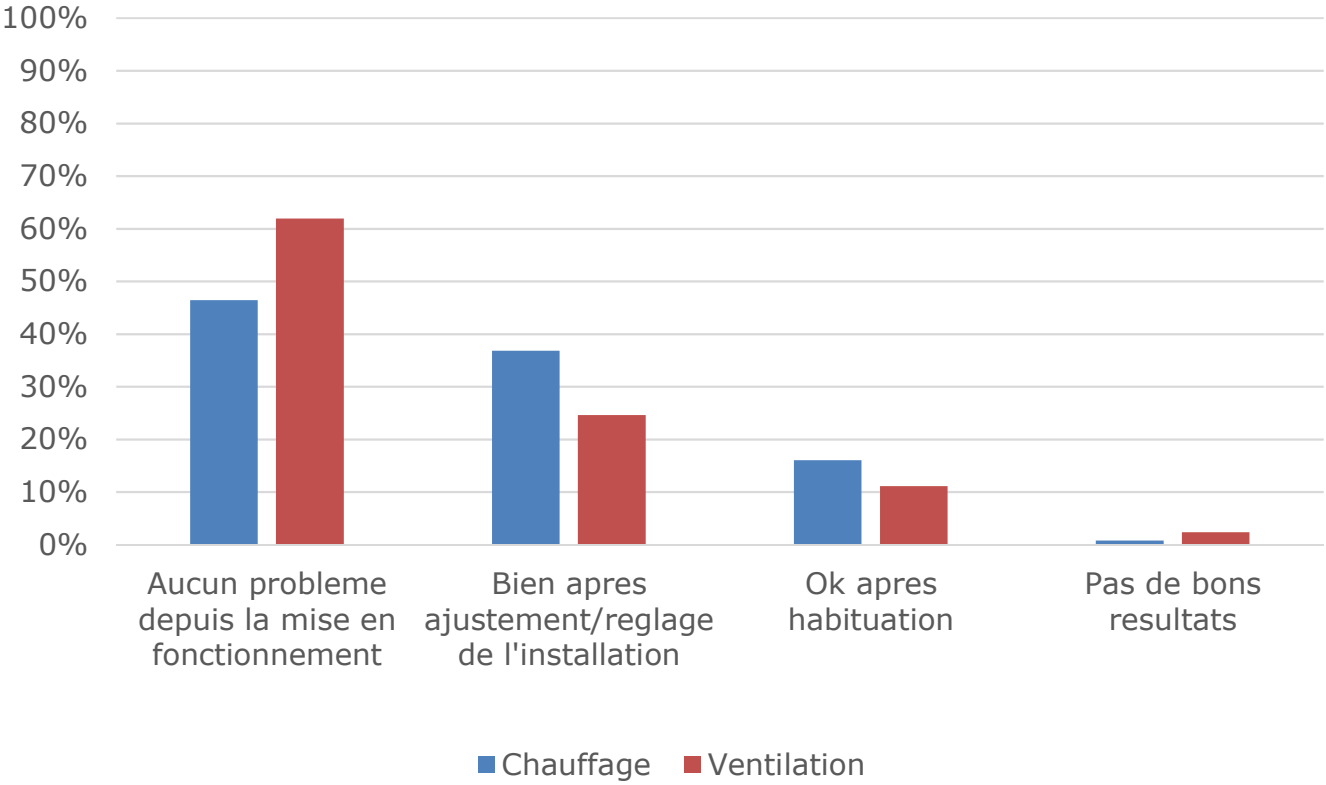


Performances des systèmes

... mais qui nécessitent souvent un réglage à posteriori

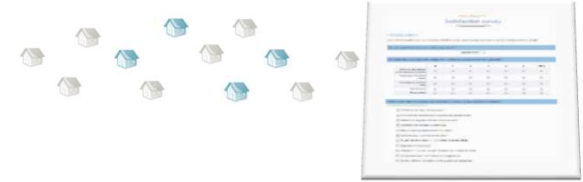


*Appréciation de l'efficacité en fonctionnement des systèmes
(% des répondants)*

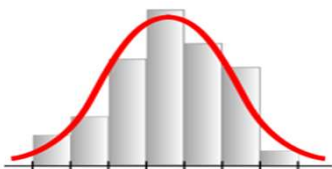
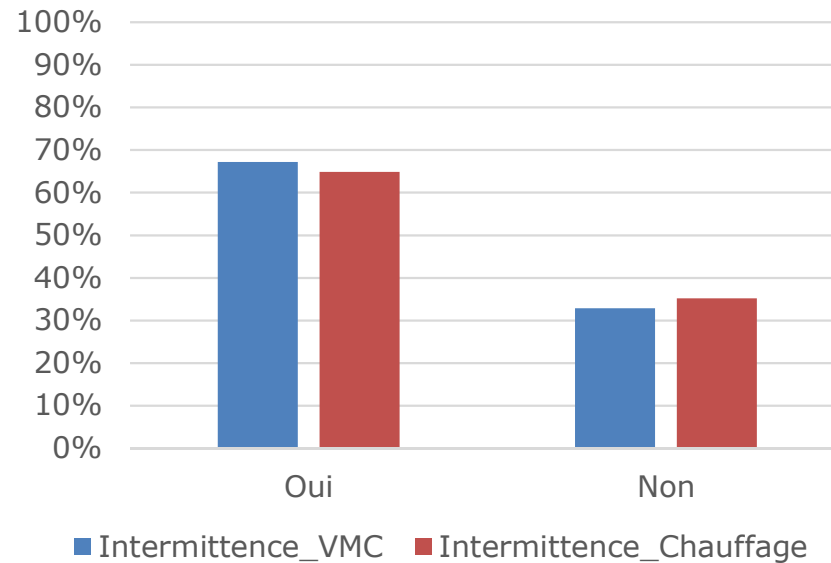


Performances des systèmes

... une intermittence globalement pratiquée



% des cas où une intermittence (variation des consignes toutes situations confondues) est pratiquée

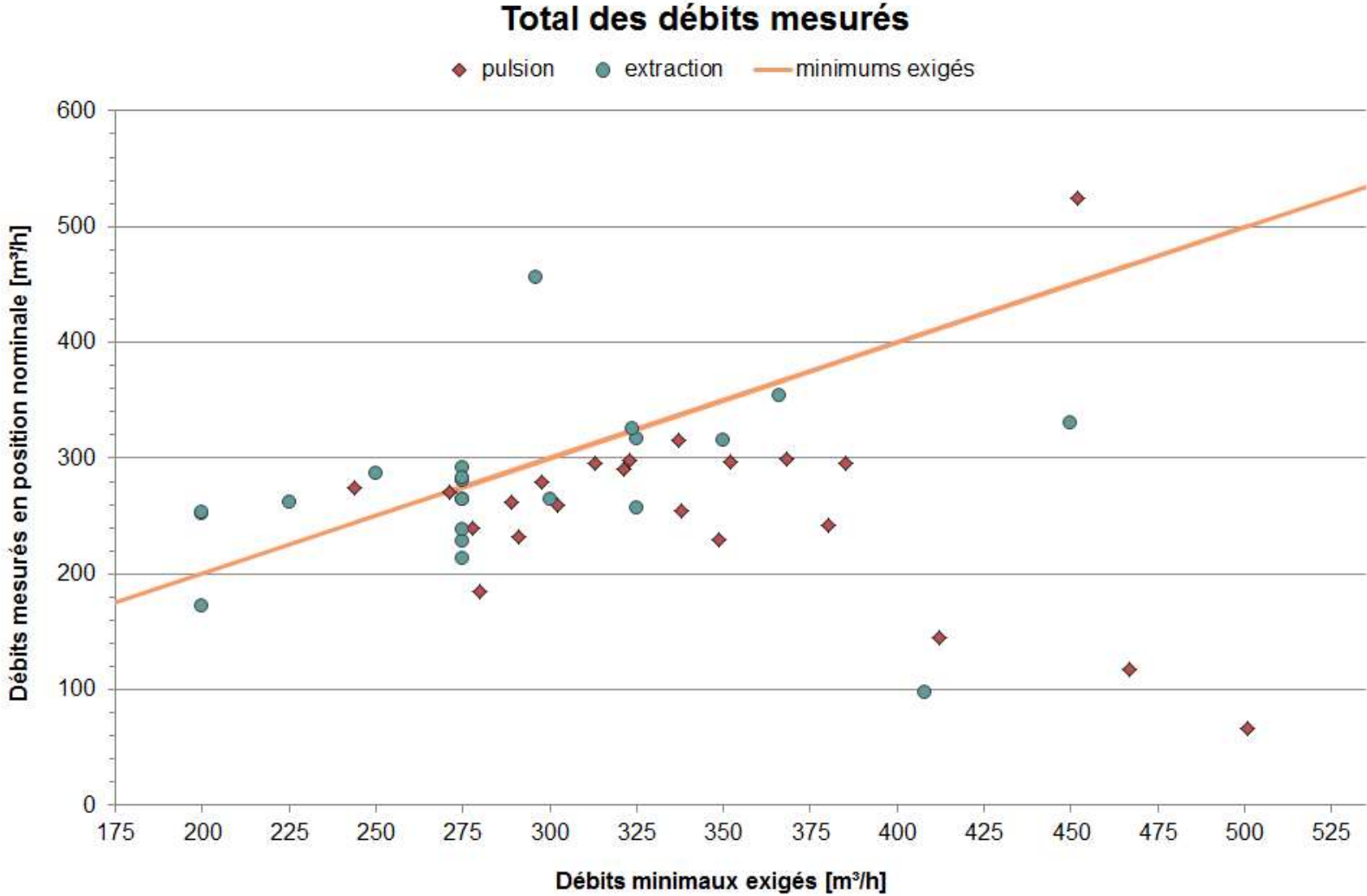


Peu ou pas pratiquée pour les PAC et systèmes sol

Performances des systèmes



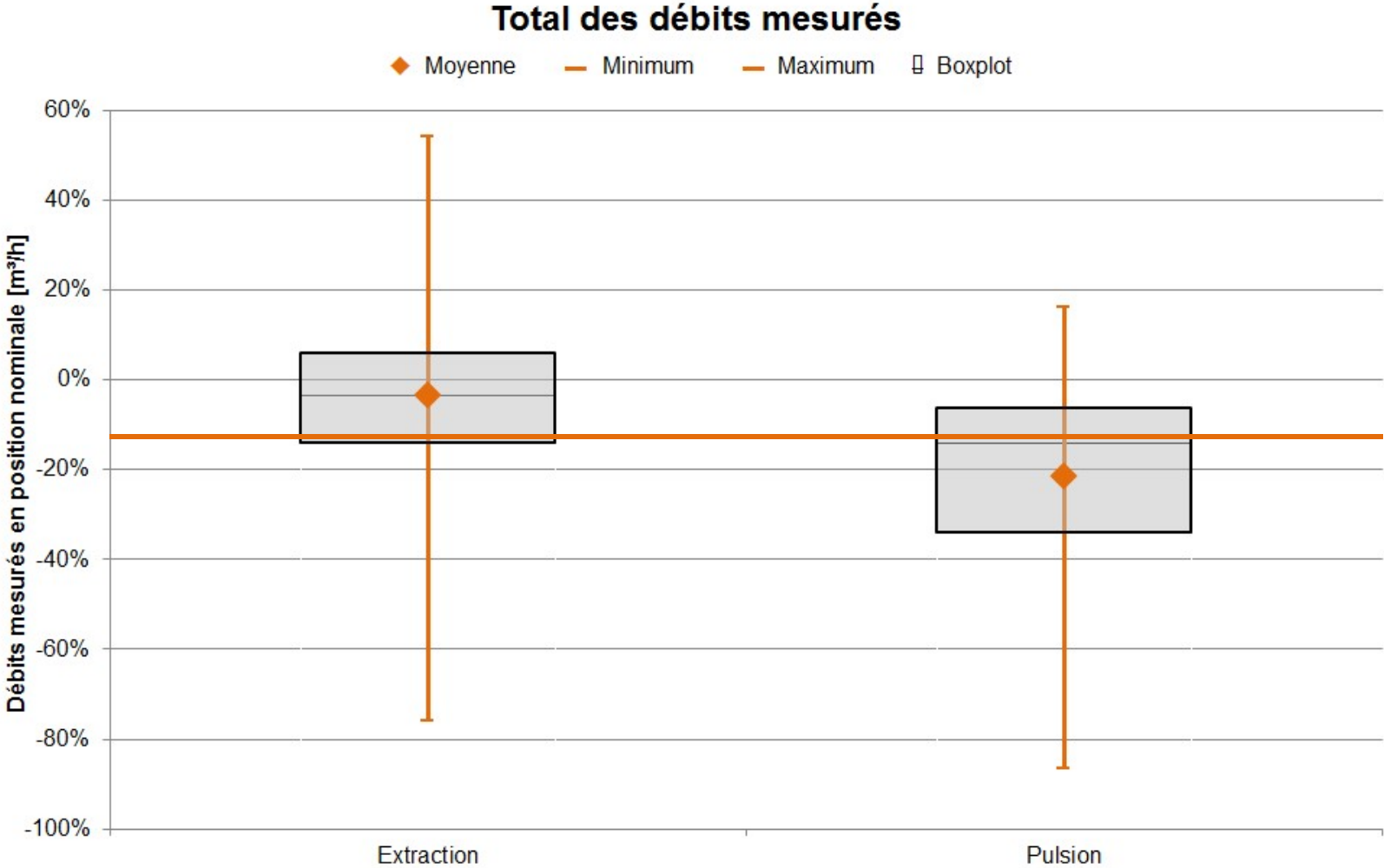
Mesure des débits de ventilation en position nominale



Performances des systèmes



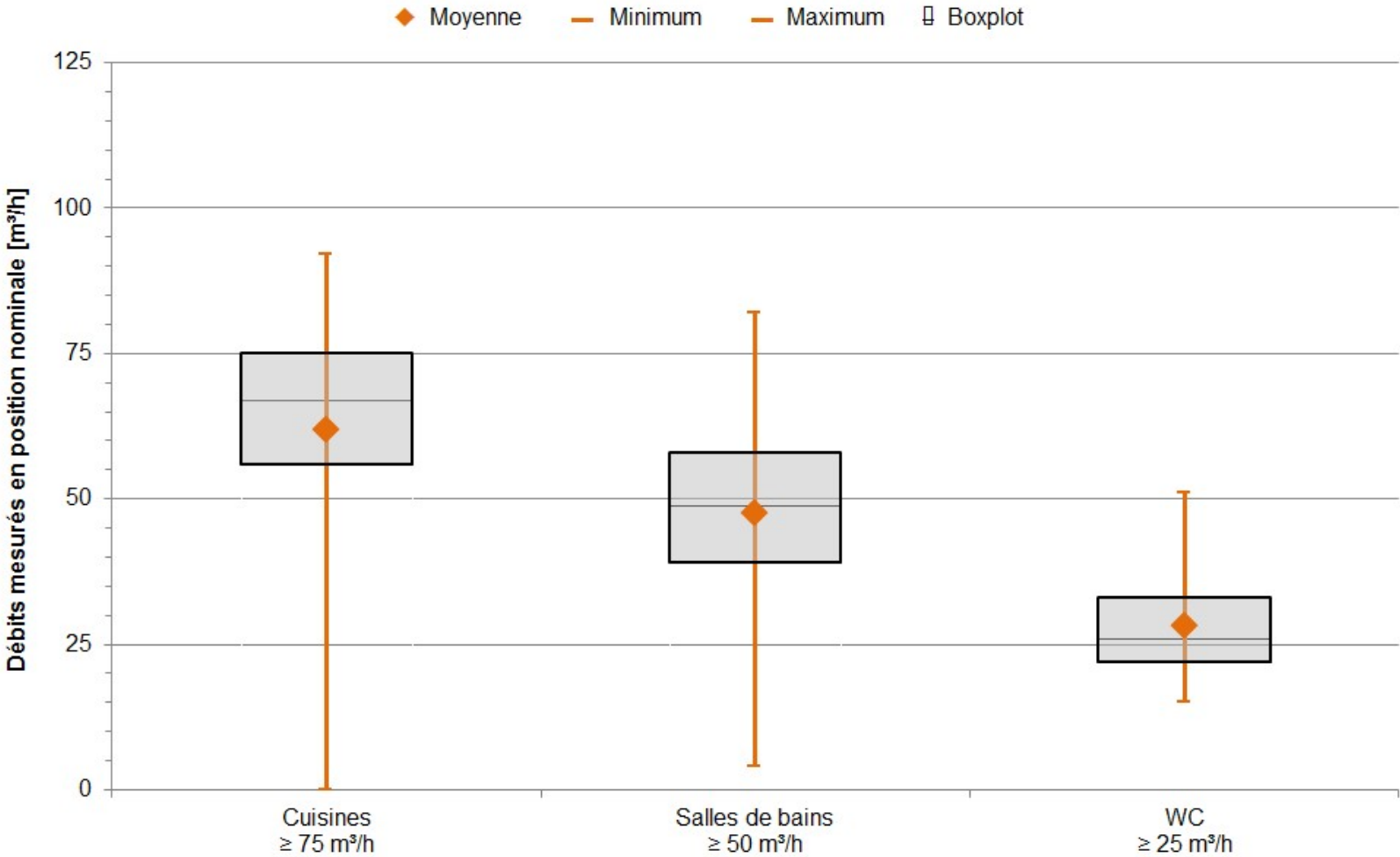
Mesure des débits de ventilation en position nominale



Performances des systèmes



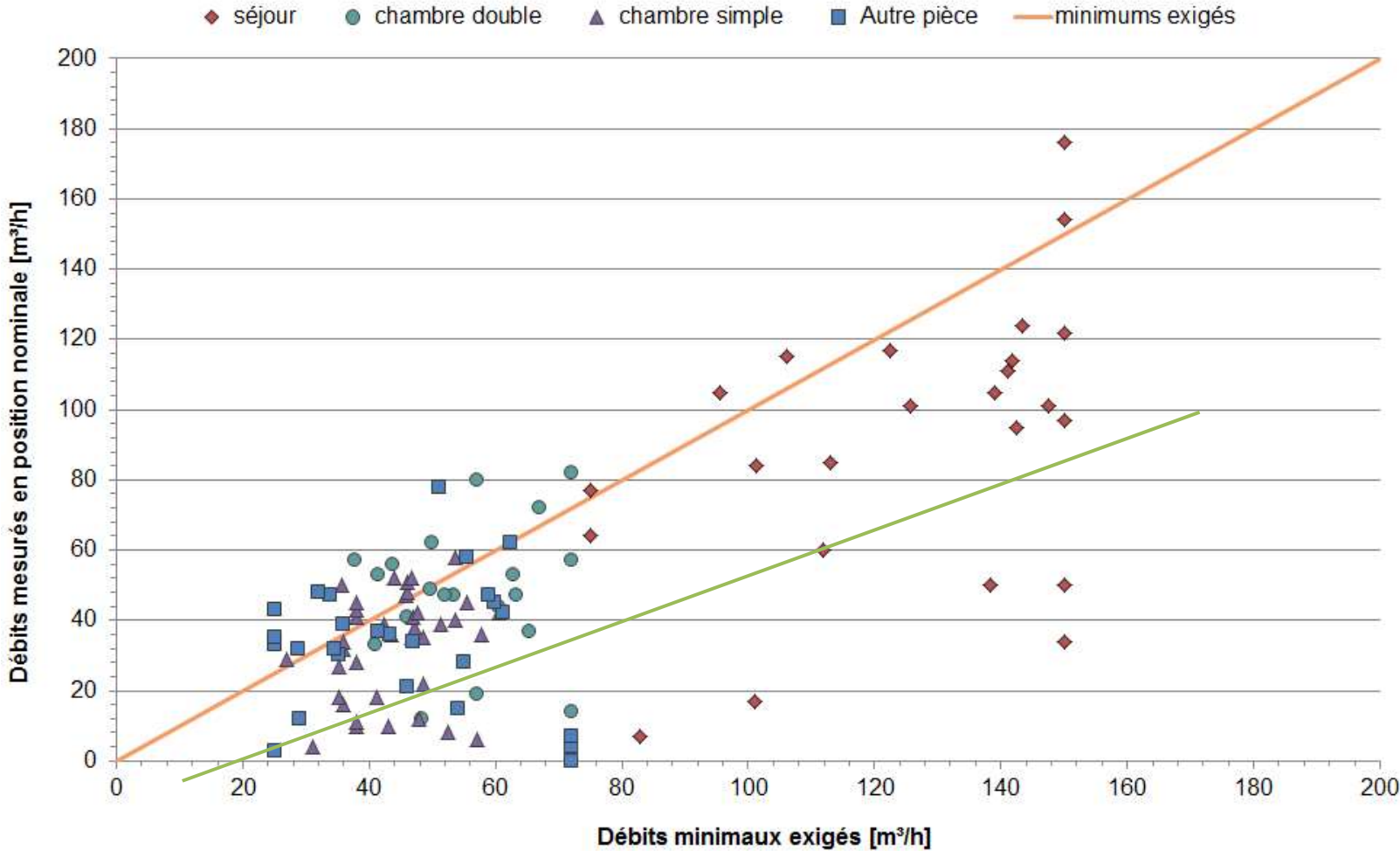
Mesure des débits en position nominale : extraction



Performances des systèmes



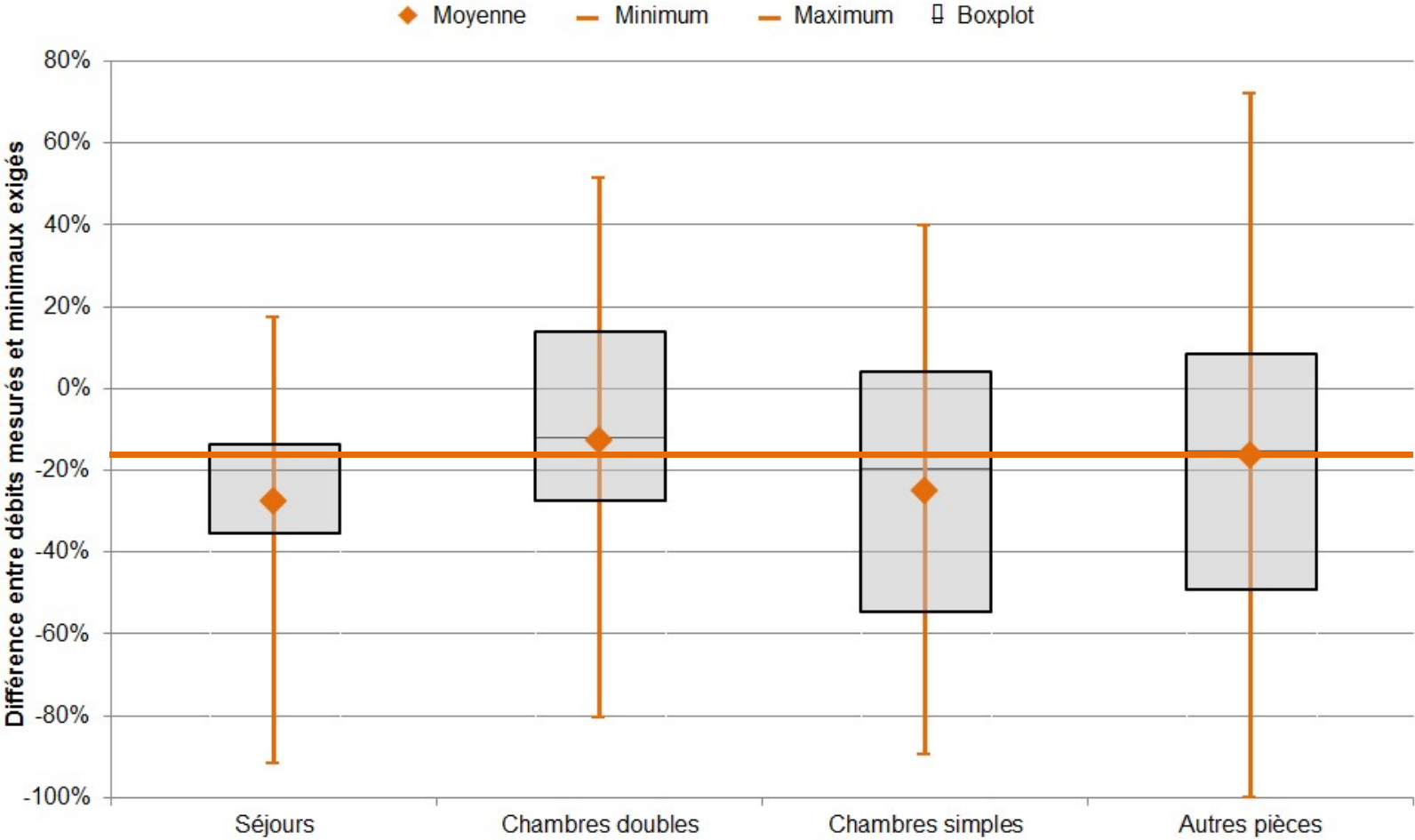
Mesure des débits en position nominale : pulsion



Performances des systèmes



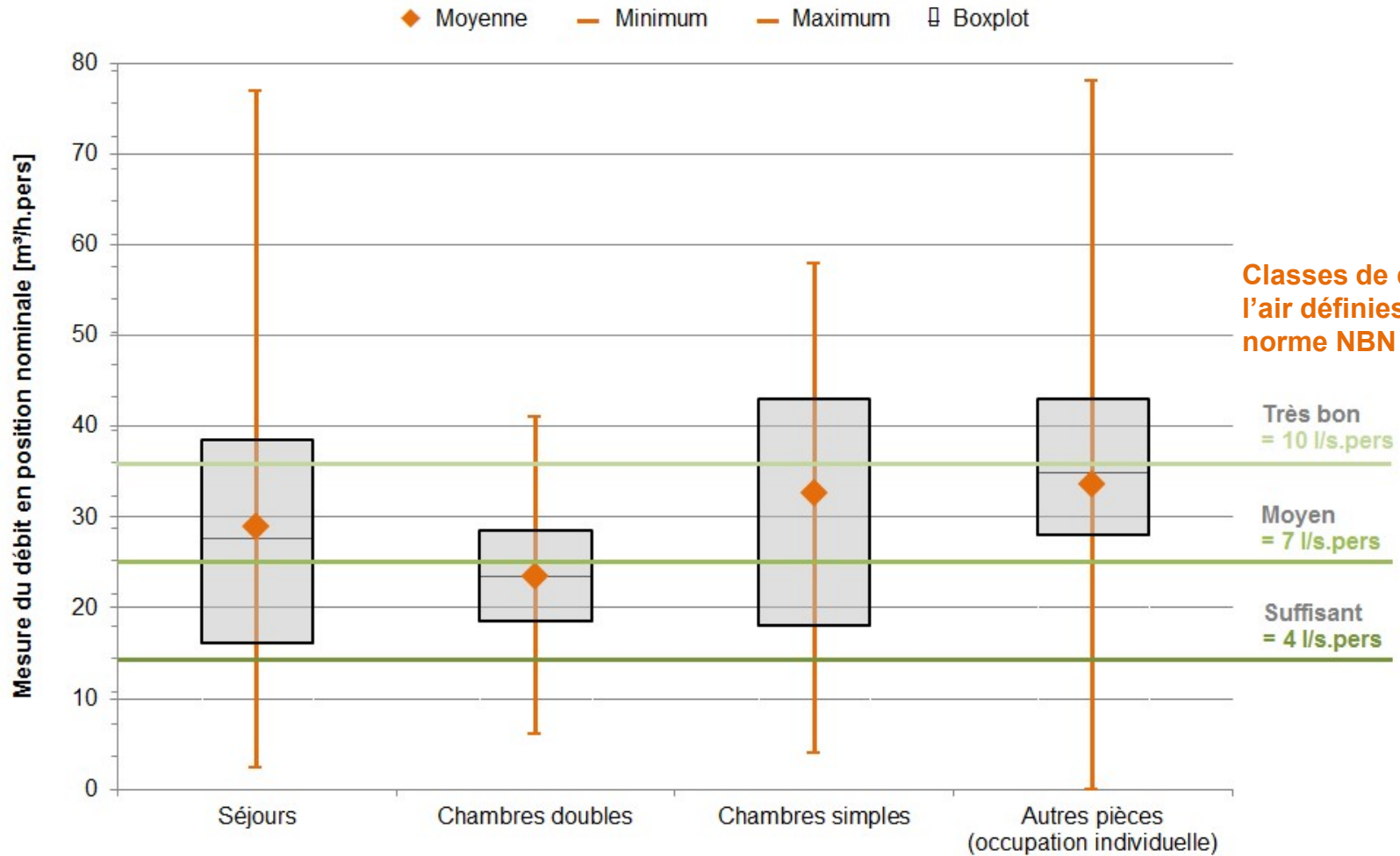
Mesure des débits en position nominale : pulsion



Performances des systèmes



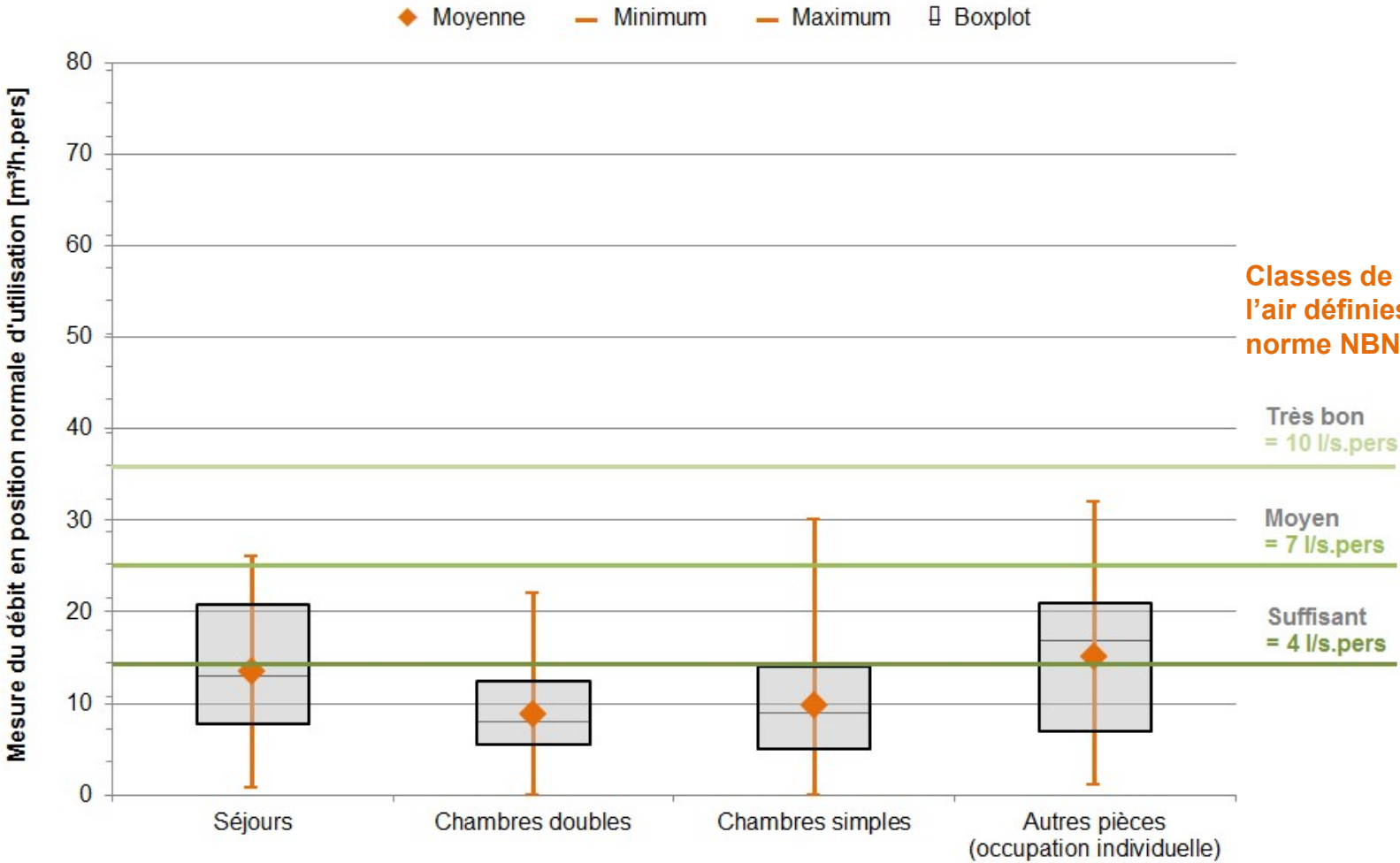
Mesure des débits en position nominale : pulsion



Performances des systèmes



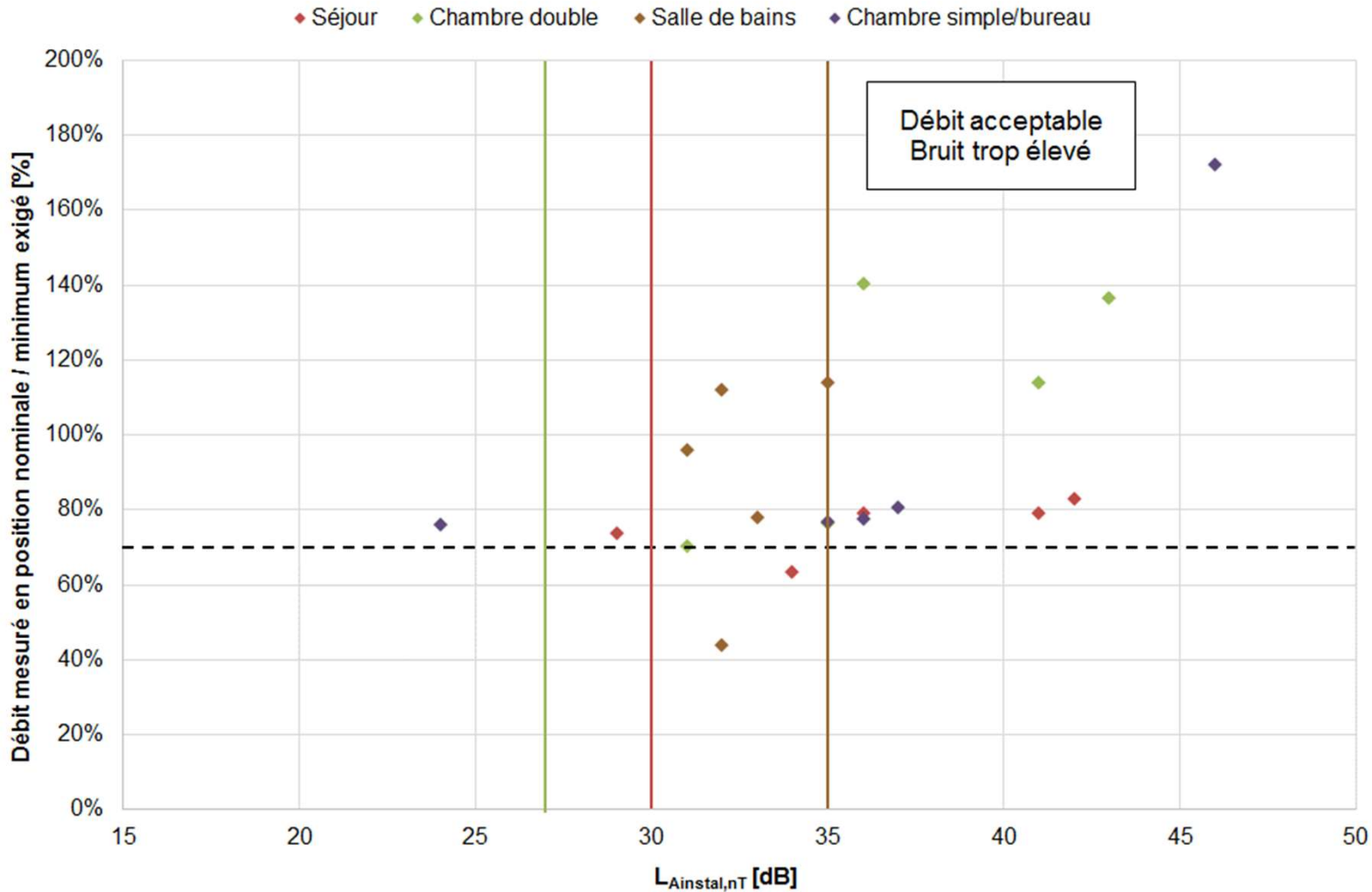
Mesure des débits réels : pulsion



Performances des systèmes



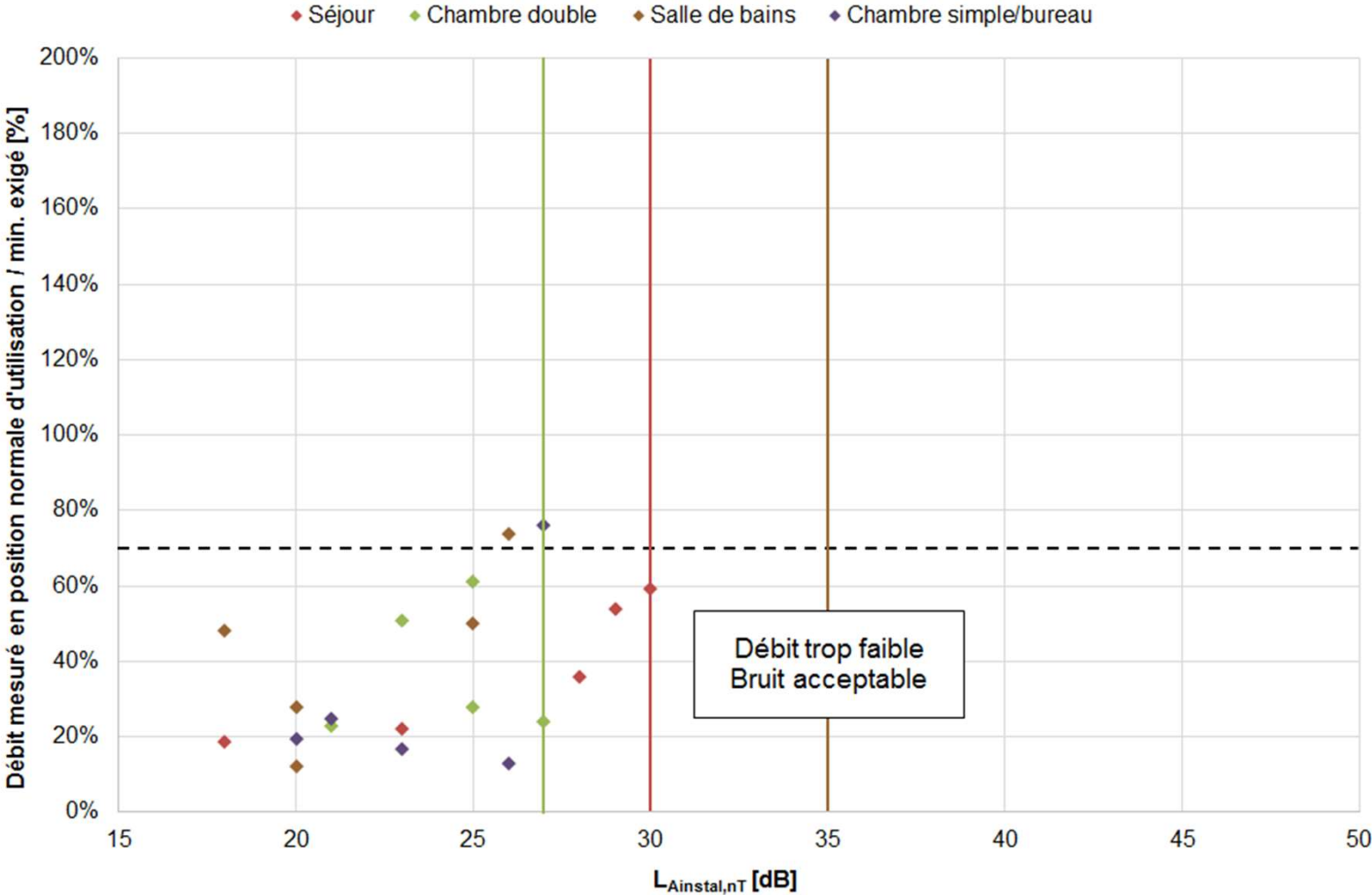
Mesures acoustiques de l'installation de ventilation En position nominale



Performances des systèmes



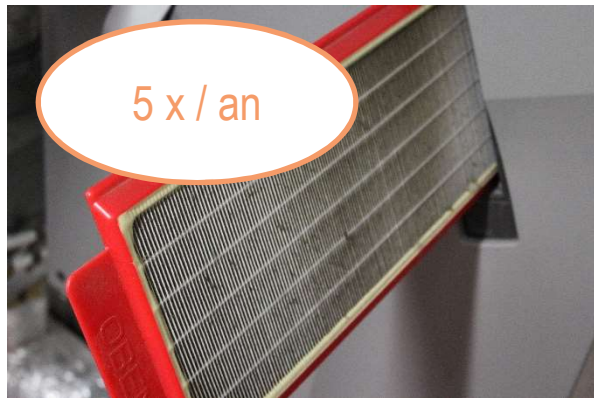
Mesures acoustiques de l'installation de ventilation En position normale d'utilisation



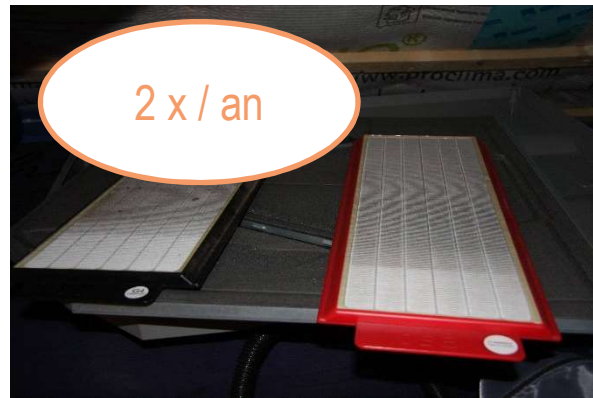
Performances des systèmes



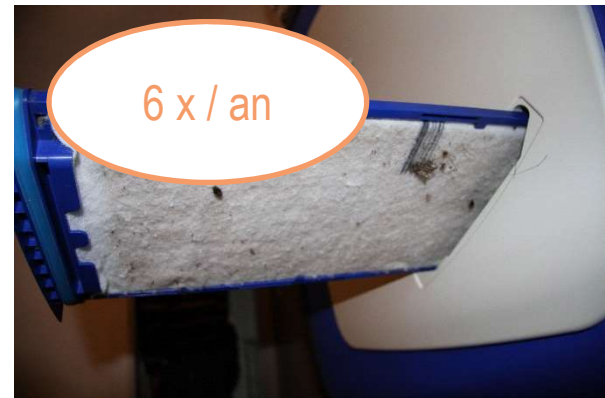
Inspection des conduits de ventilation Fréquence d'entretien des filtres



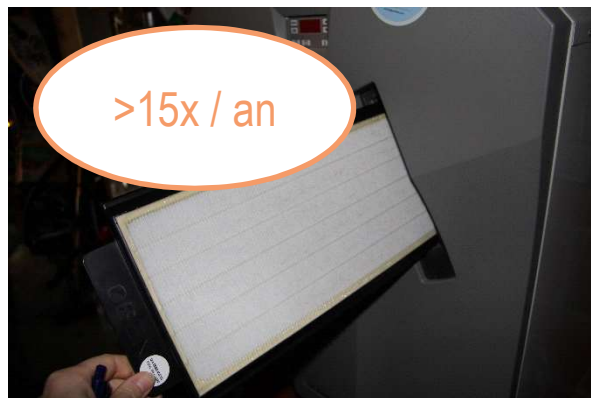
Maison 09



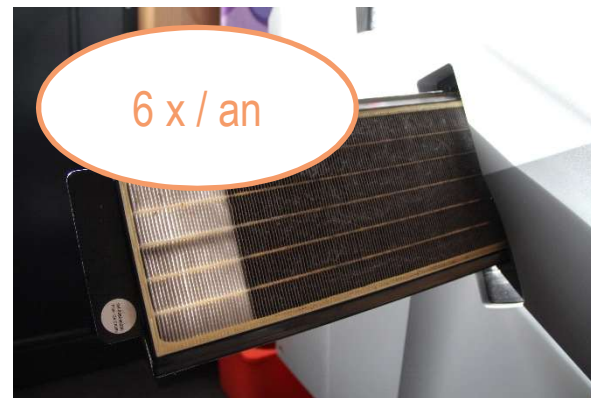
Maison 11



Maison 17



Maison 18



Maison 26

Performances des systèmes



Inspection des conduits de ventilation Dans les séjours (pulsion)



BP - Maison 09 – côté salon – 39 m³/h



BM - Maison 11 – 60 m³/h



BP - Maison 17 – 28 m³/h



BP - Maison 18 – 15 m³/h

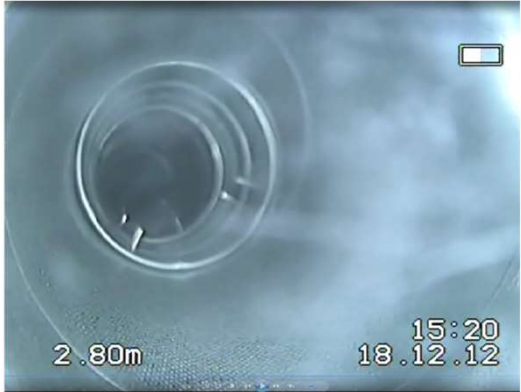


BP - Maison 26 – 33 m³/h

Performances des systèmes



Inspection des conduits de ventilation Dans les séjours (pulsion)



BP - Maison 09 – côté salon – 39 m³/h



BM - Maison 11 – 60 m³/h



BP - Maison 17 – 28 m³/h



BP - Maison 18 – 15 m³/h



BP - Maison 26 – 33 m³/h

Performances des systèmes



Inspection des conduits de ventilation Dans les salles de bains (extraction)



BM - Maison 09 – 37 m³/h



BP - Maison 11 – 25 m³/h



BP - Maison 17 – 24 m³/h



BP - Maison 18 – 6 m³/h



BP - Maison 26 – 14 m³/h

Performances des systèmes



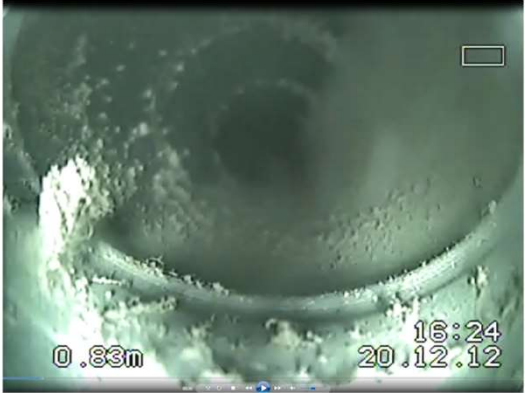
Inspection des conduits de ventilation Dans les salles de bains (extraction)



BM - Maison 09 – 37 m³/h



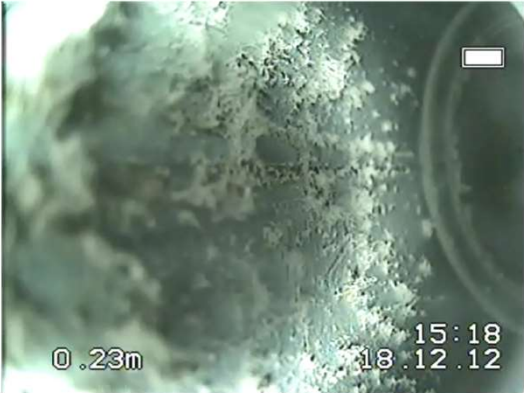
BP - Maison 11 – 25 m³/h



BP - Maison 17 – 24 m³/h



BP - Maison 18 – 6 m³/h



BP - Maison 26 – 14 m³/h

Recommandations générales

Améliorer la ventilation hygiénique

Réguler correctement les débits de ventilation

- Important lors des moments d'utilisation/d'occupation exceptionnels

Entretien le système de ventilation

- Qualité d'air
- Impact acoustique
- Consommations électriques



Améliorer les prestations acoustiques

- Acoustique limite l'utilisation en vitesse plus élevée

Changer l'affectation d'un local

- Principes de base et système de ventilation
- Ventilateurs et groupe de ventilation
- Confort acoustique

Objectifs de l'étude

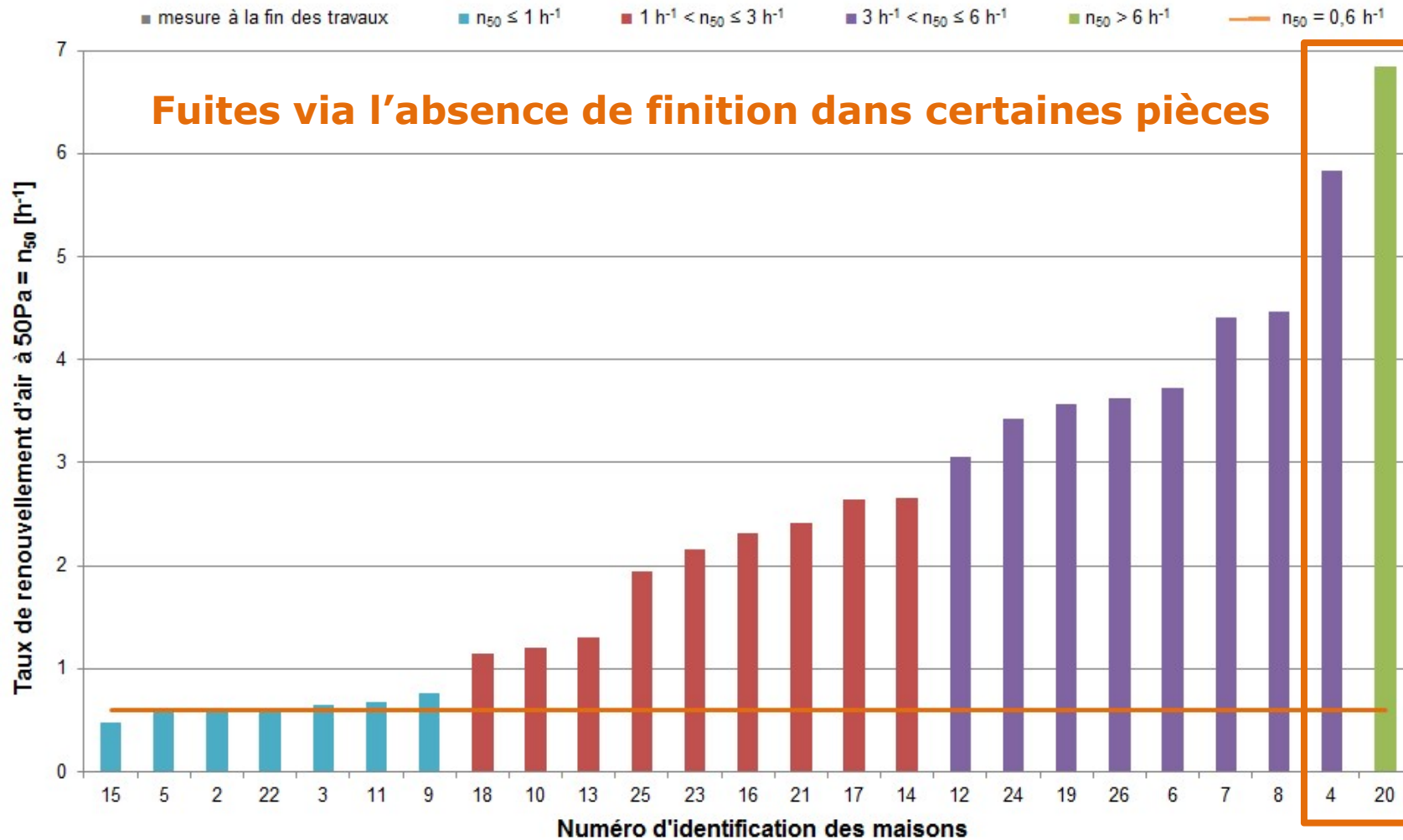
Méthodes employées

Résultats – PERFORMANCES ENVELOPPE

Conclusion

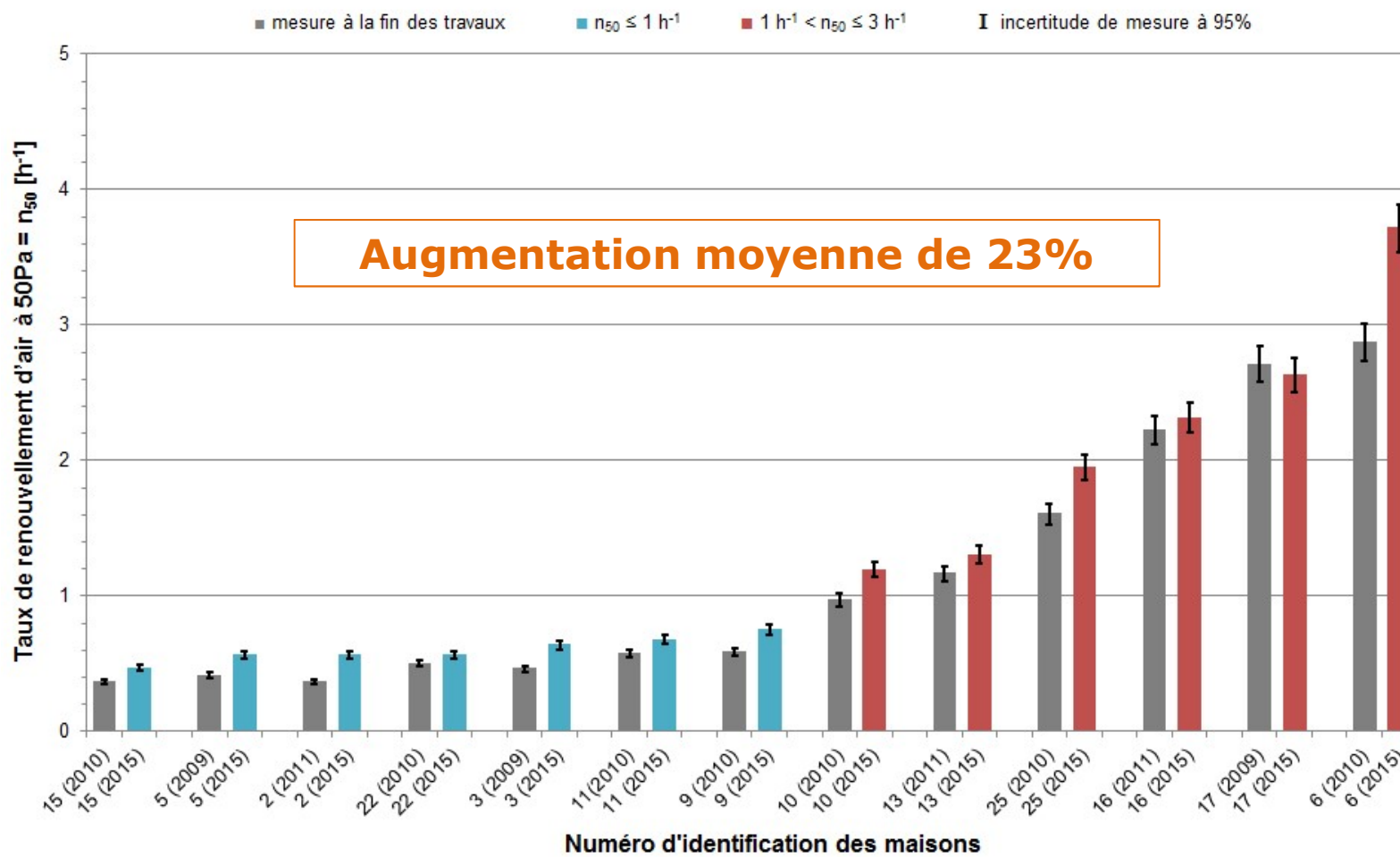
Performances de l'enveloppe

Une étanchéité à l'air globalement conservée



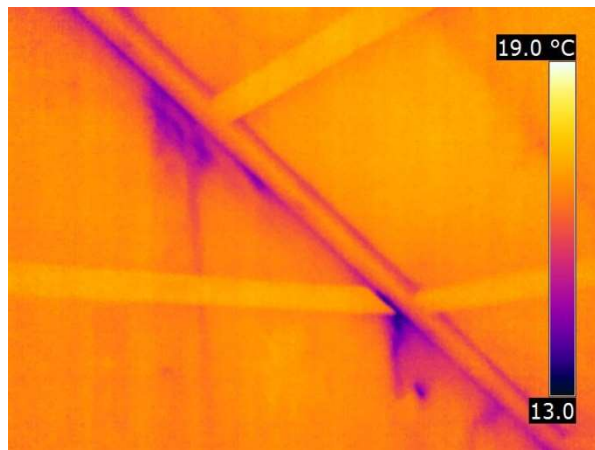
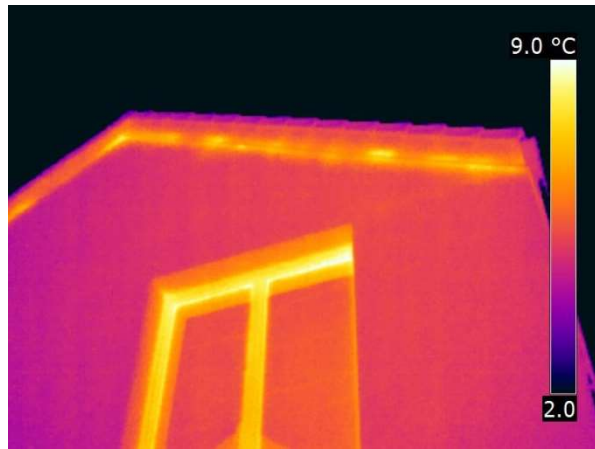
Performances de l'enveloppe

Une étanchéité à l'air globalement conservée



Performances de l'enveloppe

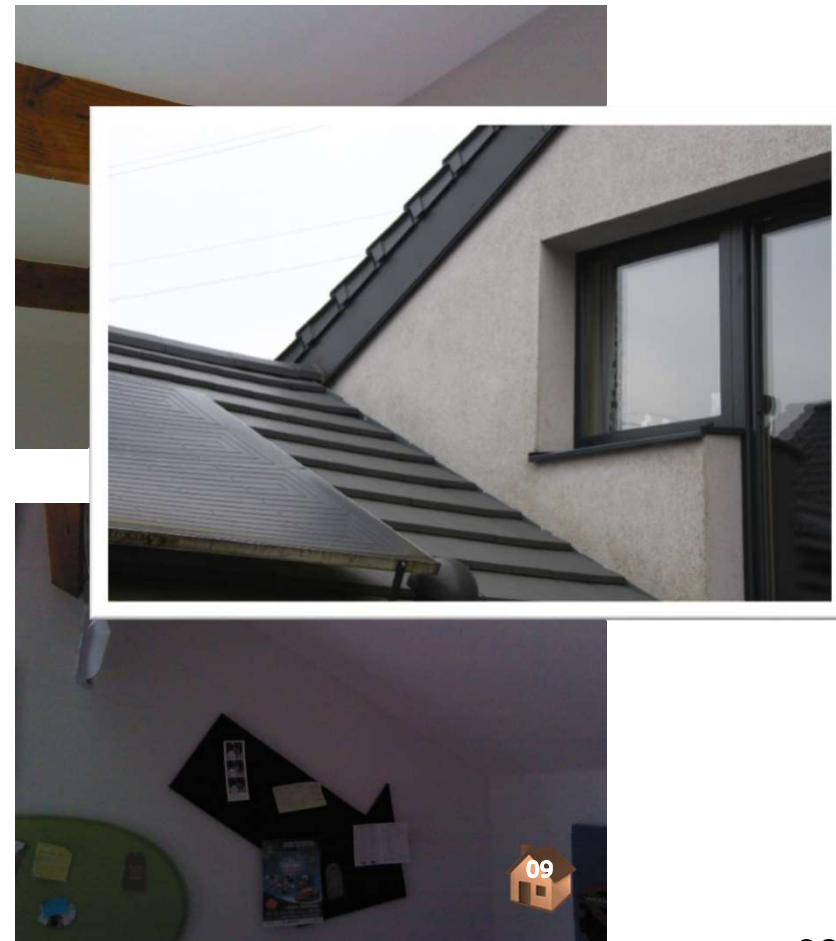
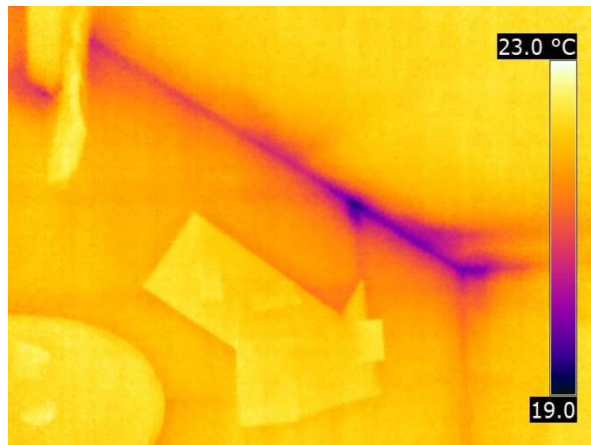
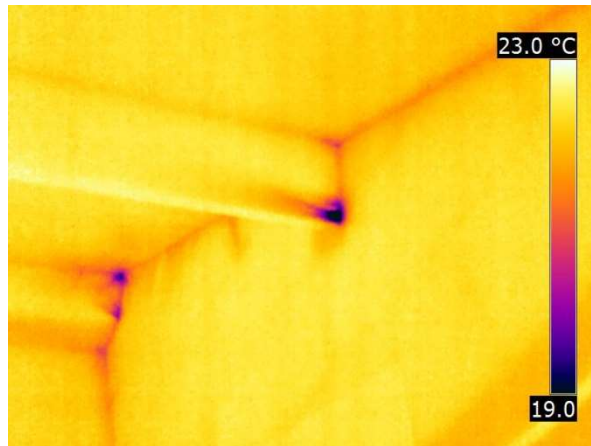
Aucune irrégularité thermique constatée
Rives de toiture



Performances de l'enveloppe

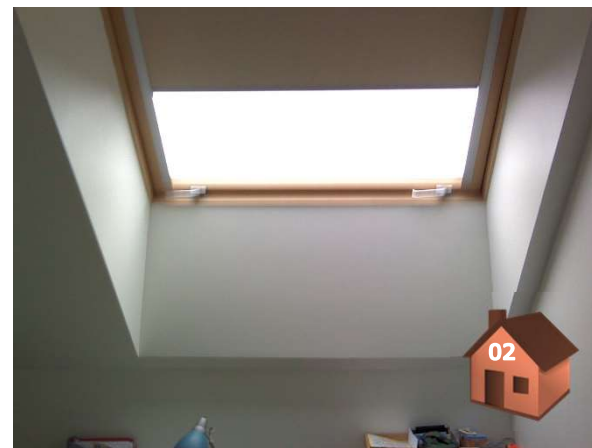
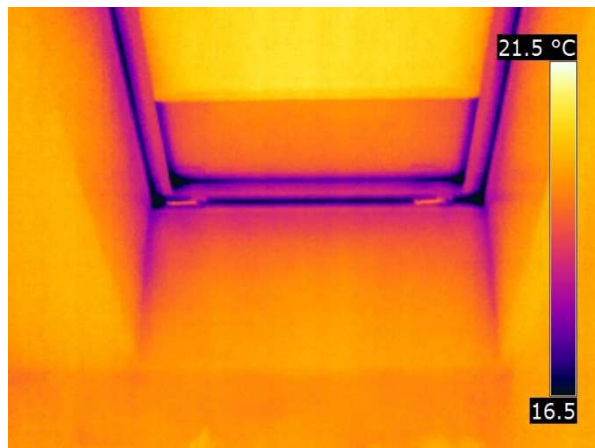
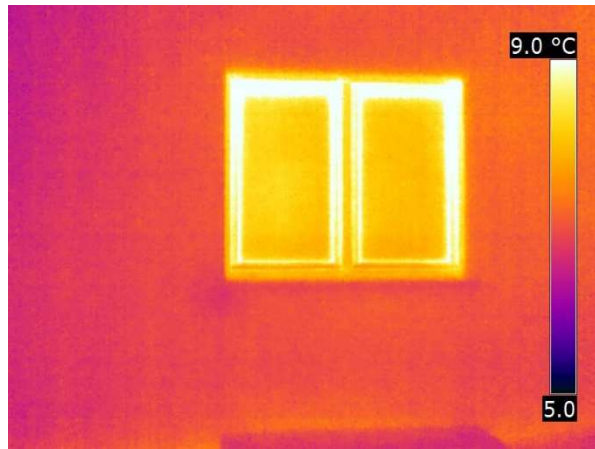
Aucune irrégularité thermique constatée

Noeuds constructifs



Performances de l'enveloppe

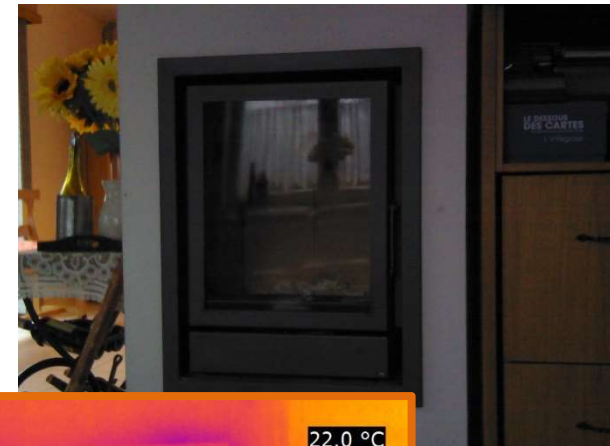
Aucune irrégularité thermique constatée
Menuiseries extérieures



Recommandations générales

Préserver les performances de l'enveloppe

Préserver les qualités d'isolation et d'étanchéité à l'air lors de travaux ultérieurs



Objectifs de l'étude

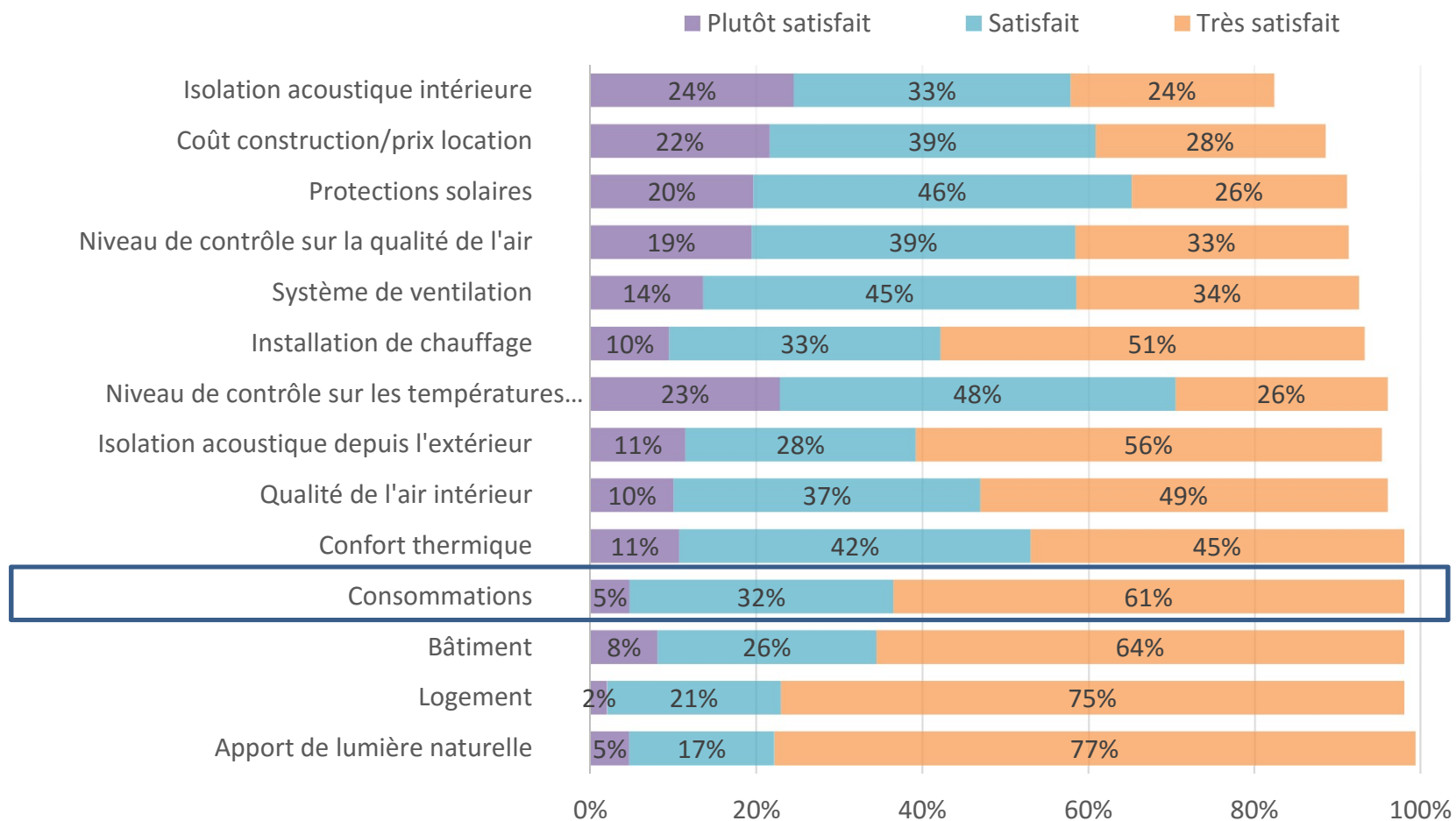
Méthodes employées

Résultats – PERFORMANCE ENERGETIQUE

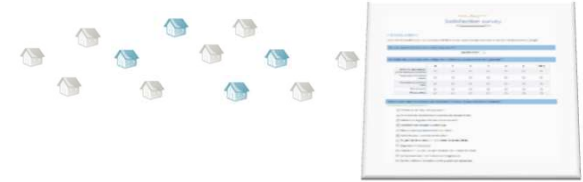
Conclusion

Performances énergétiques

Une grande satisfaction par rapport aux consommations



Performances énergétiques



Des consommations correspondant en moyenne aux attentes

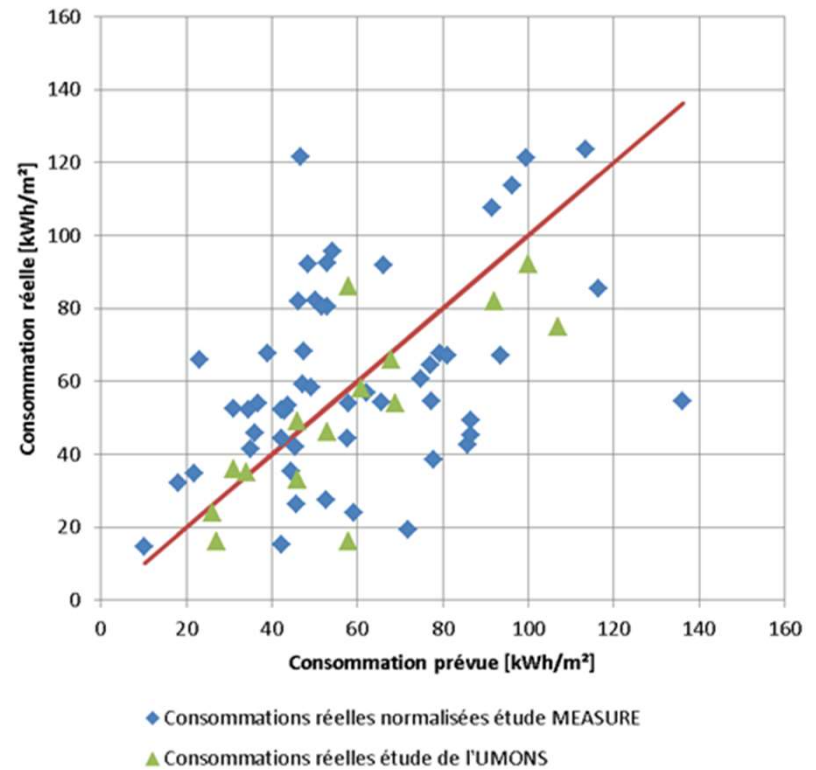
Consommations en combustible de chauffage

En moyenne 3% en dessous des estimations.
Grande variance (de -73% à +185%).

Consommations électriques

Supérieures aux moyennes nationales (environ 10% hors chauffage)

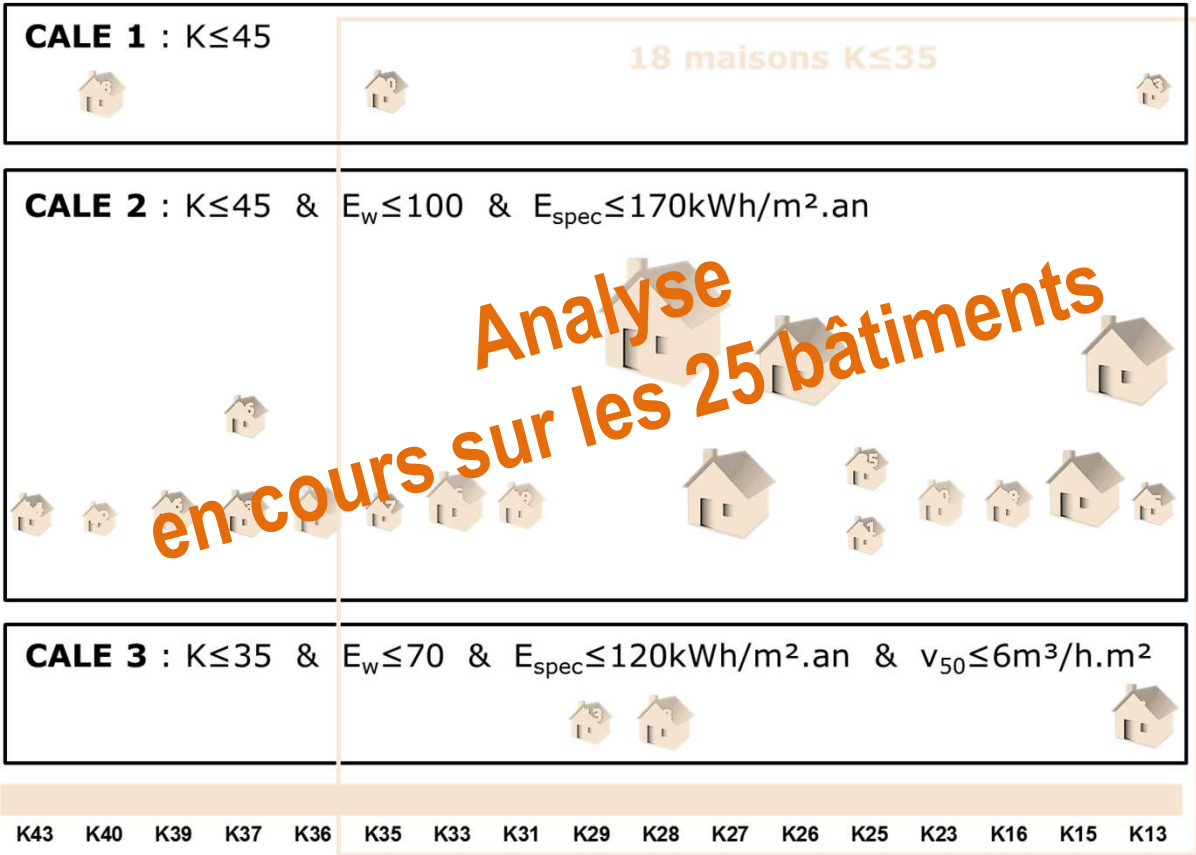
Comparaison des consommations réelles et prévues de combustible de chauffage



Performances énergétiques



Des consommations correspondant en moyenne aux attentes ?



Objectifs de l'étude

Méthodes employées

Résultats

Conclusion

Des constats

- **Des logements plus confortables en hiver qu'en été**
- **Une qualité d'air bien perçue... mais parfois insuffisante**
- **Des systèmes globalement bien acceptés ... mais qui nécessitent souvent un réglage à posteriori, un entretien plus régulier et une meilleure prise en compte des aspects acoustiques pour la ventilation.**
- **Une étanchéité à l'air globalement conservée**
- **Des consommations correspondant en moyenne aux attentes (à vérifier sur les 25 bâtiments!).**

Des recommandations sous forme de fiches

7. Recommandations générales

7.1 Gérer les situations de surchauffe estivale



La surchauffe est une situation d'inconfort provoquée par une température trop élevée.

Une gestion de l'ouverture des fenêtres est recommandée.

Gestion des protections solaires : en cas de surchauffe, le déploiement des protections solaires (volets, stores, etc.) est recommandé. Mais encore faut-il ventiler la pièce avant de s'absenter les jours de chaleur afin d'évacuer la chaleur accumulée. Au retour, mieux vaut prévenir que guérir !

Gestion de la ventilation intensive : pour un renouvellement d'air efficace, il est recommandé d'utiliser un système de ventilation double-flux. Mais encore faut-il ventiler la pièce avant de s'absenter les jours de chaleur afin d'évacuer la chaleur accumulée. Au retour, mieux vaut prévenir que guérir !

Pour en savoir plus :

N'hésitez pas à consulter les recommandations :
Placer des protections solaires
Ouvrir les fenêtres pour dissiper la chaleur

Vous êtes concepteur et vous voulez en savoir plus ? Consultez les fiches 2.5 et 2.8 du guide pour la conception. Le guide est téléchargeable à l'adresse suivante : www.mieuxhabiter.fr

7.2 Placer des protections solaires



Un vitrage transmet une partie de la chaleur accumulée. La quantité de chaleur qui traverse d'une baie bien orientée est proportionnelle à l'angle d'incidence du soleil.

En hiver, cette chaleur va contribuer au chauffage de la pièce. En été, elle contribue à l'inconfort. Il est donc recommandé de limiter l'apport de chaleur par les vitrages.

Une protection solaire ? Pour quoi faire ?

Une protection solaire, en s'attaquant à la source du problème, constitue un moyen très efficace pour lutter contre la surchauffe et ainsi éviter le placement d'un système de climatisation, coûteux et énergivore.

Outre la limitation des surchauffes, une protection solaire peut avoir, selon le type, d'autres rôles : limiter l'éblouissement, assurer l'intimité ou occulter un local, améliorer le pouvoir isolant de la fenêtre, contribuer à l'esthétique de façade particulière.

Choisir une protection solaire

Il existe différents types de protections solaires : intérieures ou extérieures, automatisées ou manuelles. Elles peuvent être en matière textile, en matière rigide ou en matière végétale et prendre différentes formes. Le choix d'une protection : de l'orientation, de l'ombrage produit par l'environnement (végétation, etc.), du choix technique et esthétique, de la vue et de l'apport de lumière, de la protection est déployée mais aussi de la gestion que l'on est prêt à faire.



Au sud, là où le soleil est le plus haut dans le ciel, une protection horizontale sera efficace mais à mesure que l'on se rapproche de l'est et de l'ouest, orientation où le soleil est bas à l'horizon, une protection parallèle au vitrage sera presque inévitable. Dans ce cas, on optera pour une protection mobile, idéalement extérieure, de manière à ne la déployer que lorsque c'est nécessaire.



Les locaux orientés à l'ouest devront être traités en priorité car ils présentent généralement un plus grand risque de surchauffe. Ils reçoivent en effet le soleil en fin de journée, c'est-à-dire à un moment où la pièce a déjà profité (ou souffert) de la chaleur de la journée et où une protection des rayons du soleil est plus difficile à procurer à cause d'un soleil bas, proche de l'horizon.

7.3 Ouvrir les fenêtres pour dissiper la chaleur



En période de canicule, il sera parfois utile, en plus de se protéger du soleil, de dissiper la chaleur accumulée à l'intérieur des locaux.

Le moyen le plus efficace pour dissiper la chaleur accumulée est d'ouvrir les fenêtres pour profiter de la brise nocturne.

Le but de la ventilation intensive : générer un renouvellement d'air efficace pour évacuer la chaleur accumulée. Son rôle diffère donc de la ventilation double-flux par exemple, nécessaire pour qui met en jeu des débits d'air beaucoup moins importants.

Générer une ventilation intensive efficace nécessite des ouvertures situées (en bref, il s'agit de créer des courants d'air) extérieures permet un refroidissement.

Ouvrir des fenêtres idéalement situées



sur des façades opposées

Ouvrir des fenêtres situées sur des façades opposées permet de profiter de la différence de température entre l'air chaud et l'air plus frais (l'air chaud monte). Il faudra veiller à laisser des passages libres et à ouvrir les ouvertures (portes ouvertes par exemple).

à des hauteurs différentes

Ouvrir des fenêtres situées à des étages différents permet de profiter de « l'effet cheminée » induit par la différence de température entre l'air chaud et l'air plus frais (l'air chaud monte). Il faudra veiller à laisser des passages libres et à ouvrir les ouvertures (portes ouvertes par exemple).

A un moment où la température extérieure permet

7.4 Choisir un système de chauffage adéquat par rapport à l'usage des pièces



En Belgique, la température moyenne en hiver est de 3,6°C et les minima peuvent facilement atteindre -10°C. Pour atteindre la température de confort dans une pièce de vie, un système de chauffage sera toujours nécessaire même dans les bâtiments très fortement isolés thermiquement.

La température de confort à atteindre dépendra essentiellement de l'usage du local.

C'est la présence mais aussi la puissance des différents éléments du système de chauffage (radiateurs notamment) qui détermineront la température qu'il est possible d'atteindre dans un local.

La température à atteindre pour garantir le confort de l'occupant dans une pièce particulière dépend, entre autres, de l'activité réalisée ainsi que de l'habillement habituel dans cette pièce. Ainsi, l'usage de chaque local devrait donc être considéré lors du choix des différents composants du système de chauffage.



Locaux chauffés	T° résultante sèche (°C)
Locaux où des gens habillés normalement sont au repos ou ont une activité physique très légère : Séjour, cuisine, bureau, salle de cours, chambres d'études, etc.	20
Locaux où des gens peu habillés ou pas habillés sont au repos ou exercent une activité très légère : Salle de bain, local de consultation, etc.	22-24
Chambres à coucher	16-18
Locaux où des gens habillés normalement exercent une activité physique légère : Atelier, etc.	16
Locaux où des gens peu habillés exercent une grande activité physique : Salle de sport, etc.	16
Locaux qui ne servent que de passage ou de résidence de courte durée pour des gens habillés normalement : Corridors, cages d'escaliers, WC, vestiaires, etc.	16

Température résultante sèche (considérée comme température de confort) à prendre en compte pour le calcul des opérations thermiques selon l'ancienne norme NBN B02-003 (1985)



La salle de bain nécessite une attention particulière puisqu'une température atteignant 24°C est souvent souhaitée. Des panneaux radiants seront particulièrement adéquats puisqu'ils permettent de fournir le confort nécessaire presque instantanément (et évitent ainsi de devoir préchauffer fortement le local).

¹ Température moyenne pondérée sur l'hiver météorologique (décembre à fin janvier) pour la station d'Uccle. Source www.meteo.be

Des recommandations sous forme de fiches

7.5 Réguler correctement les débits de ventilation

Bien ventiler son logement permet d'évacuer les polluants qui s'y trouvent et d'assurer ainsi un niveau de qualité de l'air suffisant.

Toutefois, l'occupation du logement et les activités qui s'y déroulent peuvent varier en fonction du moment de la journée ou de l'année. Une bonne régulation du système de ventilation (manuelle ou automatique) permet de tenir compte de ce renouvellement de l'air en fonction des circonstances.



Régulation automatique

La régulation automatique de la ventilation est relative à la concentration de polluants ou de la concentration de CO2 ou directement dans le groupe de ventilation. Elle agit pas sur la régulation de la ventilation mais sur la régulation de la ventilation automatique à la demande de ventilation car elle peut difficilement



Régulation manuelle

La plupart des systèmes de ventilation sont équipés d'une régulation manuelle d'ouverture des grilles de ventilation des installations de ventilation à

En l'absence totale de régulation n'est pas toujours évident d'adapter la ventilation à l'occupation réelle. Dans ce cas, il faut veiller à ce que, lors de l'utilisation normale, les débits de ventilation soient adaptés à l'occupation réelle. La régulation manuelle opérée uniquement en cas de situation d'absence d'activité festive. La régulation manuelle automatique par horloge, pour des

7.6 Entretien du système de ventilation



L'entretien régulier de son installation permet de maintenir les performances de la qualité de l'air et des débits de consommation électrique ou du CO2.

Aucun système n'est épargné. Même la ventilation naturelle, un bon entretien

Entretien par l'utilisateur ou par un professionnel ?

Les différents composants d'une installation de ventilation nécessitent d'être entretenus de manière régulière. Certains nettoyages sont relativement aisés et peuvent être réalisés par l'utilisateur lui-même. Il s'agit des ouvertures d'alimentation naturelle, des filtres et des bouches de ventilation.



Les ventilateurs, l'échangeur de chaleur, les bouches de ventilation et les grilles de ventilation doivent être nettoyés environ tous les 3 ans pour les ventilateurs et tous les 9 ans pour les échangeurs de chaleur. Ces entretiens pourront être effectués par l'utilisateur ou par un professionnel et éventuellement de régler les débits

Dans tous les cas, une inspection visuelle de l'ensemble des composants doit être réalisée de manière régulière pour vérifier leur état de propreté (les fréquences sont indicatives) :

- tous les mois pour les filtres
- tous les 3 mois pour les ouvertures de ventilation naturelle, les bouches de ventilation
- tous les ans pour les ventilateurs et l'échangeur de chaleur
- tous les 3 ans pour les conduits

Les ouvertures d'alimentation naturelle et les prises d'air

La fréquence d'entretien des prises d'air et des ouvertures d'alimentation naturelle (les grilles intégrées aux châssis) est approximativement annuelle. L'entretien pourra se faire avec un aspirateur et/ou un chiffon humide et il conviendra de nettoyer aussi bien l'intérieur que l'extérieur des ouvertures.

Les filtres

Le nettoyage des filtres de l'aspirateur peut être effectué en suivant les instructions du fabricant. Le nettoyage régulier des filtres avant l'hiver.

7.7 Améliorer les performances acoustiques du système de ventilation



Si une ventilation optimale de son habitation est indispensable, celle-ci ne doit pas être à l'origine de désagréments acoustiques. Que les bruits proviennent de l'extérieur par les ouvertures de la ventilation naturelle ou de l'intérieur par les ventilateurs, les conduits ou les bouches, une attention particulière doit être apportée pour minimiser ceux-ci tant que possible tout en maintenant les performances du système de ventilation.

Les ouvertures d'alimentation naturelle

Pour réduire le bruit éventuel provenant de l'extérieur, les ouvertures d'alimentation naturelle pourvues d'un matériau dans certains environnements très bruyants, il se peut qu'il soit suffisant. Dans ce cas, il y aura lieu de recourir à un système

La régulation des débits



Les systèmes de ventilation peuvent être réglés manuellement ou automatiquement. Lorsque la vitesse est maximale, le bruit est audible et peut être source d'inconfort. Il est recommandé d'optimiser la régulation du système au bon moment, en fonction de l'occupation

Les bouches de ventilation

Une bouche de ventilation trop fermée peut être à l'origine de désagréments acoustiques. Dans ce cas, il faudra que l'installateur procède à un nouveau réglage de l'installation. De même, une bouche située trop près d'une pièce adjacente peut générer une réflexion du bruit sur les parois

Le groupe de ventilation



Le groupe de ventilation doit être installé dans un placard spécifique ou dans un placard pour éviter la propagation du bruit. Ce bruit peut également être traité par une isolation acoustique de la pièce dans laquelle le groupe repose.

La pose de silencieux permet de réduire le bruit des ventilateurs. Ils seront placés sur le conduit principal d'évacuation possible du point de passage de l'air où se situe le groupe de ventilation

Si nécessaire, il existe des solutions spécifiques à placer aussi afin d'affaiblir les bruits en provenance du réseau (le bruit

7.8 Changer l'affectation d'un local.

Une naissance, une nouvelle orientation professionnelle, ... Chaque étape de la vie peut nécessiter de revoir l'affectation des locaux de son logement : une buanderie est transformée en salle de bain, un espace de grenier devient un bureau, ...

Ces travaux nécessitent toutefois certaines précautions afin de maintenir les bonnes performances de son logement.



Dans une situation idéale, ces changements d'affectation sont prévus à l'origine du projet : par exemple le groupe de ventilation est dimensionné pour assurer la qualité d'air d'une pièce supplémentaire, ou l'espace sous les combles à aménager est déjà isolé et rendu correctement étanche à l'air. Il n'est toutefois pas toujours possible de prévoir l'ensemble de ces travaux.

L'enveloppe du bâtiment

L'attention à porter sur l'enveloppe du bâtiment concerne tant le niveau d'isolation globale (niveau K) que l'étanchéité à l'air. Lors de l'aménagement des combles, si la toiture à versant n'est pas encore isolée, le choix du matériau isolant et son épaisseur devront être compatibles avec les performances attendues dans la stratégie wallonne de rénovation de son parc de bâtiments. Les valeurs réglementaires en vigueur (valeurs U_{min}) donnent des indications sur les niveaux de performances à atteindre. Les raccords entre les différentes parois (les nœuds constructifs) devront également être étudiés attentivement afin d'éviter tout pont thermique et tout effet de lock-in (bloquant les potentielles améliorations énergétiques dans le futur).

Les travaux effectués ne doivent pas être la source de fuites d'air dans le bâtiment. Pour ce faire, il faudra veiller à ne pas percer la barrière d'étanchéité à l'air (par la pose anticipée de fourreaux en attente par exemple). Lors de la pose de panneaux solaires en toiture ou d'un luminaire au plafond, si la membrane du pare-vapeur est percée, celle-ci devra ensuite être colmatée de manière parfaitement étanche.

Le chauffage



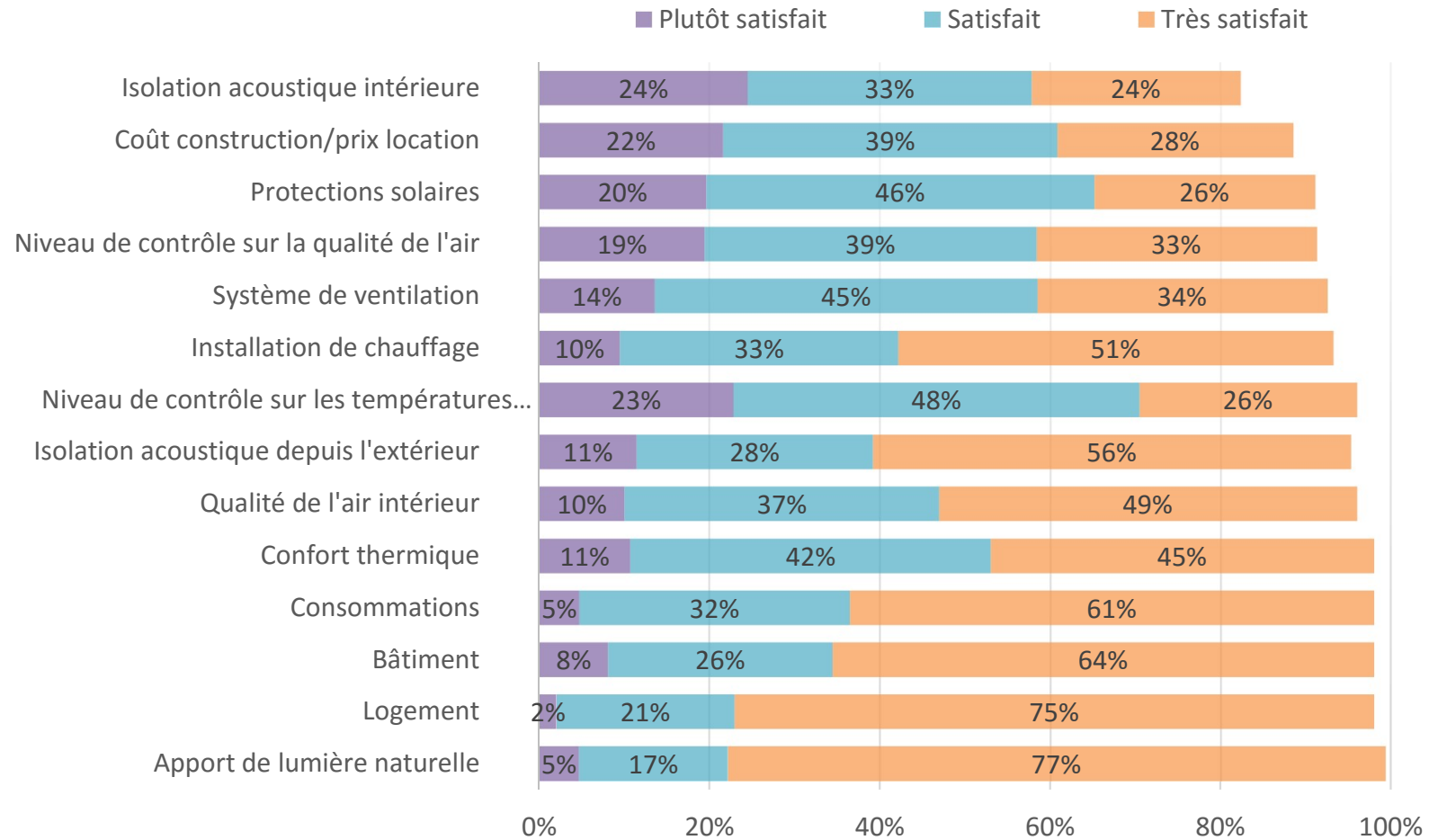
Lors de l'ajout d'un poêle ou d'une cassette à bois, celui-ci devra être muni d'une enveloppe étanche autour du foyer (système à circuit de combustion étanche). Une attention particulière devra être portée à la sécurité incendie lors du serrage des joints, au droit du passage de la barrière

et de l'occupant dans une pièce particulière. En cas de changement d'affectation, le système de ventilation devra être adapté aux attentes et nécessitera dans ce

Bientôt disponible sur
www.satisfaction-cale.be
(fiches et rapports de synthèse)

Mais, rappelons nous!

La satisfaction générale des occupants est très grande!



MEASURE

MEsures de performAnces réelles et de Satisfaction des occUpants dans les bâtiments Résidentiels à hautes performances Energétiques

Janvier 2018



Architecture et Climat - Université catholique de Louvain

Centre Scientifique et Technique de la Construction

Contact: veronique.vanwelde@bbri.be ; olivier.dartevelle@uclouvain.be

Projet réalisé avec le soutien de la Wallonie