



RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE

Liberté  
Égalité  
Fraternité

ADVENIO  
L'immobilier responsable



# LA PERFORMANCE RÉELLE DES RÉNOVATIONS EN LOGEMENT COLLECTIF

9 février 2024

Une conférence technique  
territoriale en Pays de la Loire



RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE

Liberté  
Égalité  
Fraternité

ADVENIO  
L'immobilier responsable



# RETOUR SUR QUELQUES INSTRUMENTATIONS RÉALISÉES

Premiers suivis instrumentés de bâtiments impliqués dans la démarche ecocité

Maxime Daviau - chargé d'études Advenio

Des bâtiments nantais suivis dans le cadre de « mysmartlife »

Myriam Humbert - directrice de projets R&D, cerema

9 février 2024

Une conférence technique  
"La performance réelle des  
rénovations en logement collectif"

# CONTEXTE



Suivi-instrumenté d'un an réalisé dans le cadre du fonds Programme Investissements d'Avenir / Ville de Demain, selon le cahier des charges d'évaluation des performances énergétique des bâtiments rénovés du programme « VILLE DE DEMAIN »

## Avec pour objectifs:

- ✓ *Observer comment fonctionnent réellement les bâtiments rénovés et leurs équipements*
- ✓ *Analyser et évaluer en détail et très soigneusement le mode de fonctionnement de l'installation*
- ✓ *Exprimer les principales consommations ainsi obtenues sous forme de ratios, puis les comparer aux performances qui avaient été envisagées*

# DES BÂTIMENTS NANTAIS SUIVIS DANS LE CADRE DE LA DEMARCHE « ECOCITÉS »

6 copropriétés suivies



## NANTES – PARIS

110 logements  
7491m<sup>2</sup> chauffé  
Construction 1962



## BENONI - GOULIN

76 logements  
4950 m<sup>2</sup> chauffé  
Construction 1958



## LE STROGOFF

36 logements  
1781 m<sup>2</sup> chauffé  
Construction 1971

# DES BÂTIMENTS NANTAIS SUIVIS DANS LE CADRE DE LA DEMARCHE « ECOCITÉS »

6 copropriétés suivies



## VAL DE LOIRE

20 logements  
1184 m<sup>2</sup> chauffé  
Construction 1976



## MASSILLON

34 logements  
2492 m<sup>2</sup> chauffé  
Construction 1972



## PARMENTIER

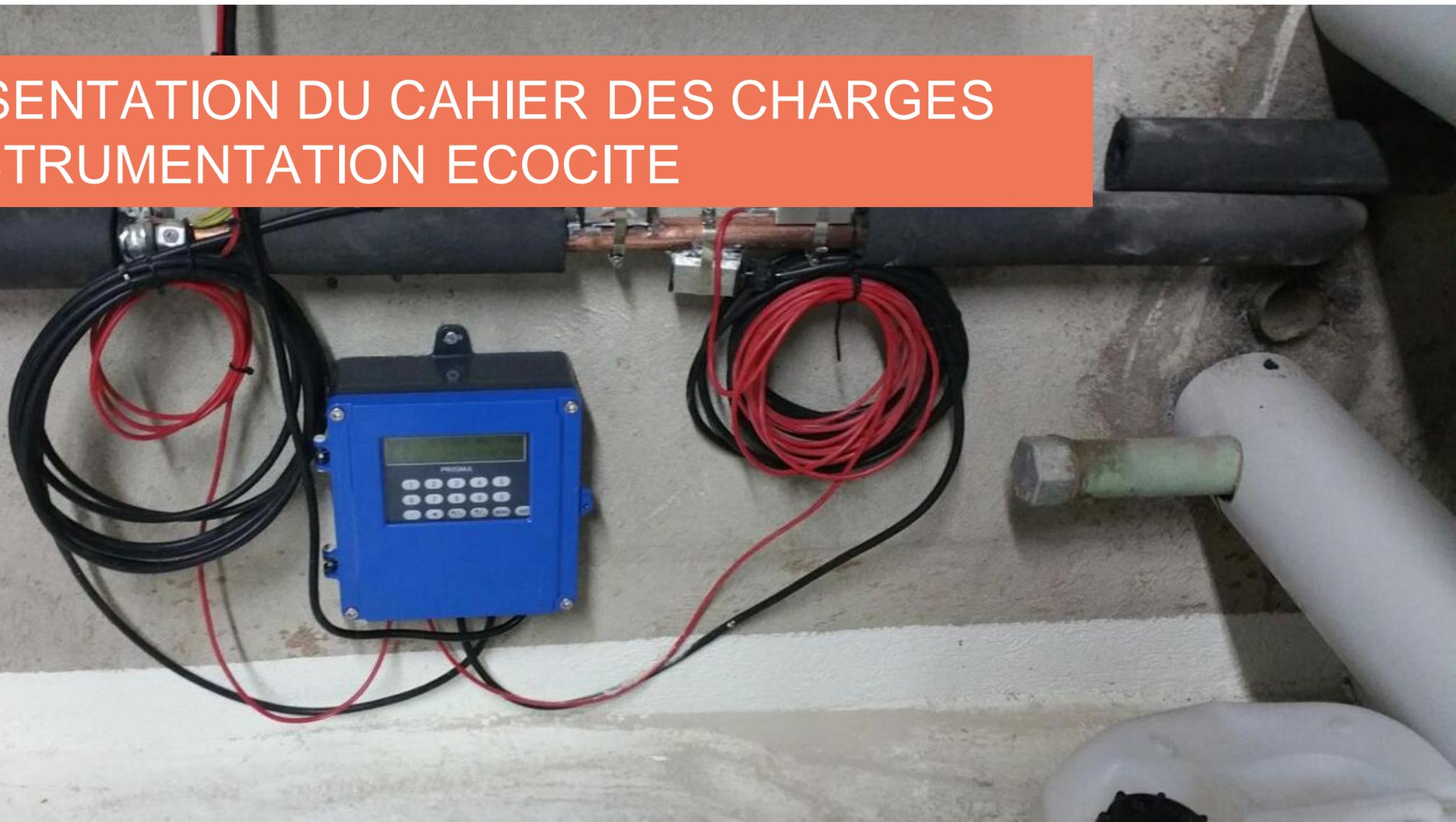
105 logements (3 bâtiments)  
7546 m<sup>2</sup> chauffé  
Construction 1973

# DES BÂTIMENTS NANTAIS SUIVIS DANS LE CADRE DE LA DEMARCHE « ECOCITÉS »

## Caractéristiques des rénovations des copropriétés suivies :

- ✓ Rénovations thermiques niveaux BBC : remplacements de fenêtres, isolation par l'extérieur des murs (sauf Parmentier), isolation toiture et plancher bas
- ✓ **Énergies renouvelables :**
  - 22m<sup>2</sup> panneaux solaires thermique pour l'ECS (Le Strogoff),
  - Connection au réseau de chaleur pour le chauffage Ile de Nantes : mix 91,6% d'énergie renouvelable (2022) (Nantes Paris Bat A and Bat B)
  - Sinon chaudière gaz condensation pour l'ECS et le chauffage
- ✓ **Ventilation** hybride (Nantes Paris, Benoni Goulin, Val de Loire) sinon ventilation hygro B

# PRÉSENTATION DU CAHIER DES CHARGES D'INSTRUMENTATION ECOCITE



# CAHIER DES CHARGES ÉCOCITÉ

## Des mesures continues sur 1 an

- Exposition Radon
- Température & CO2 logement
- Débit, température et énergie des installations collectives



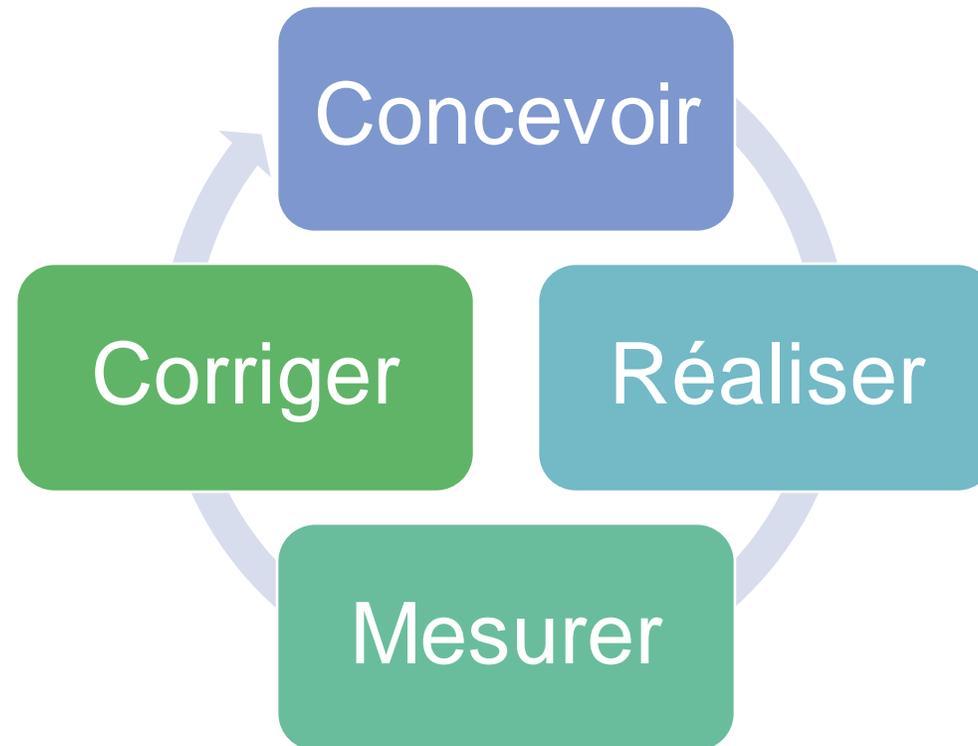
# CAHIER DES CHARGES ÉCOCITÉ

## Des mesures ponctuelles

- Test d'étanchéité à l'air
- Débit de ventilation
- Thermographie IR



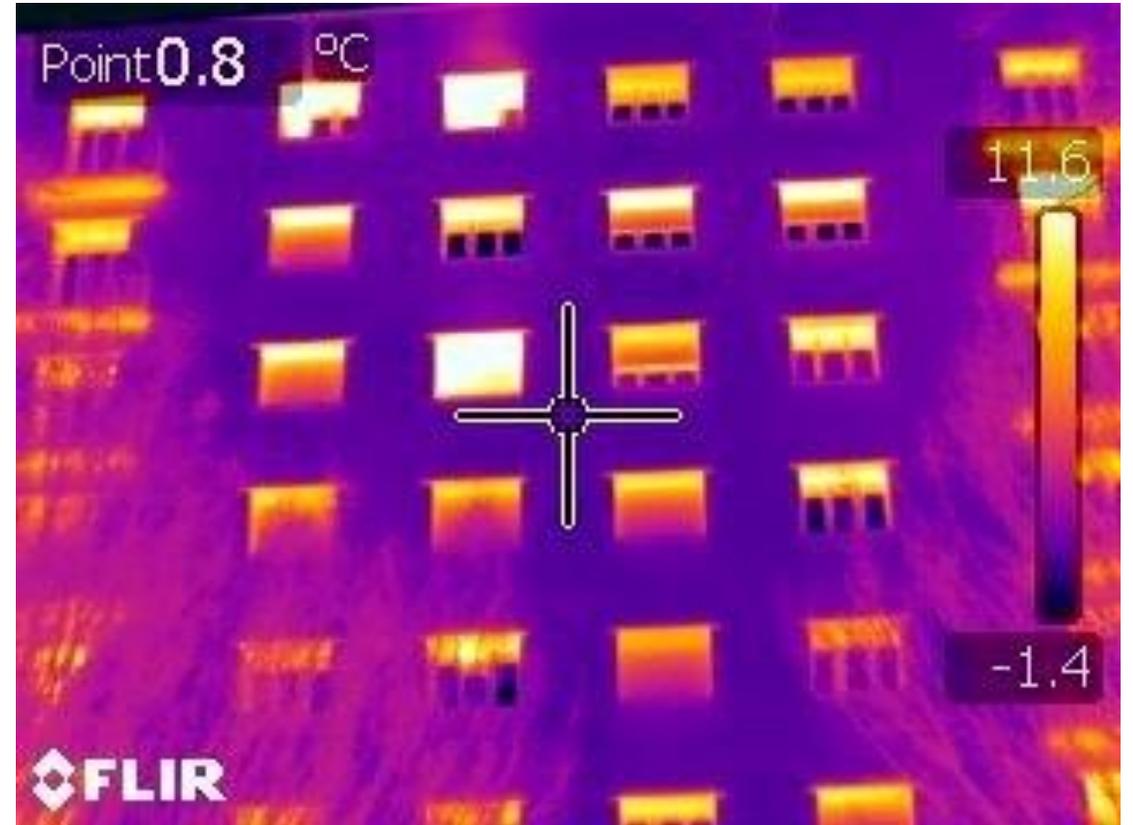
## RETOURS D'EXPÉRIENCE SUR LES TRAVAUX



# ISOLATION THERMIQUE



NANTES - PARIS

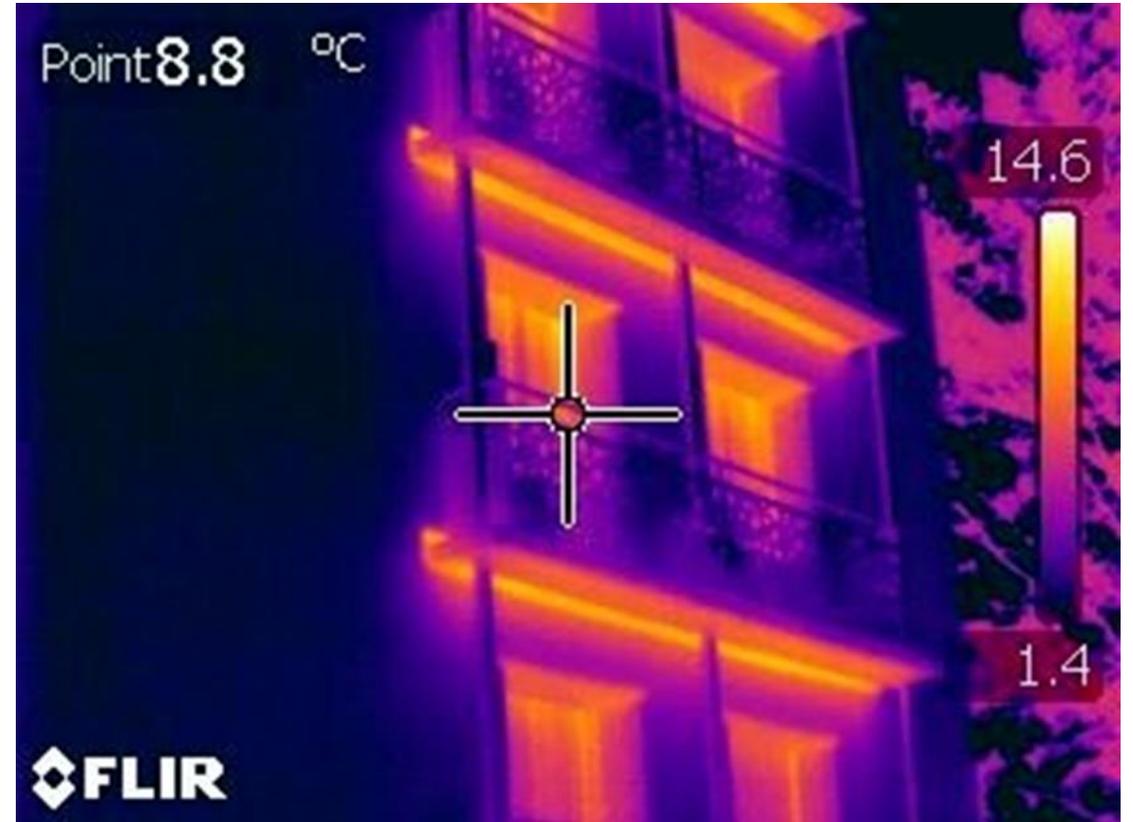


Une bonne maîtrise des travaux d'isolation en façade

# ISOLATION THERMIQUE



NANTES - PARIS



Des balcons difficiles à traiter

# ISOLATION THERMIQUE



NANTES - PARIS

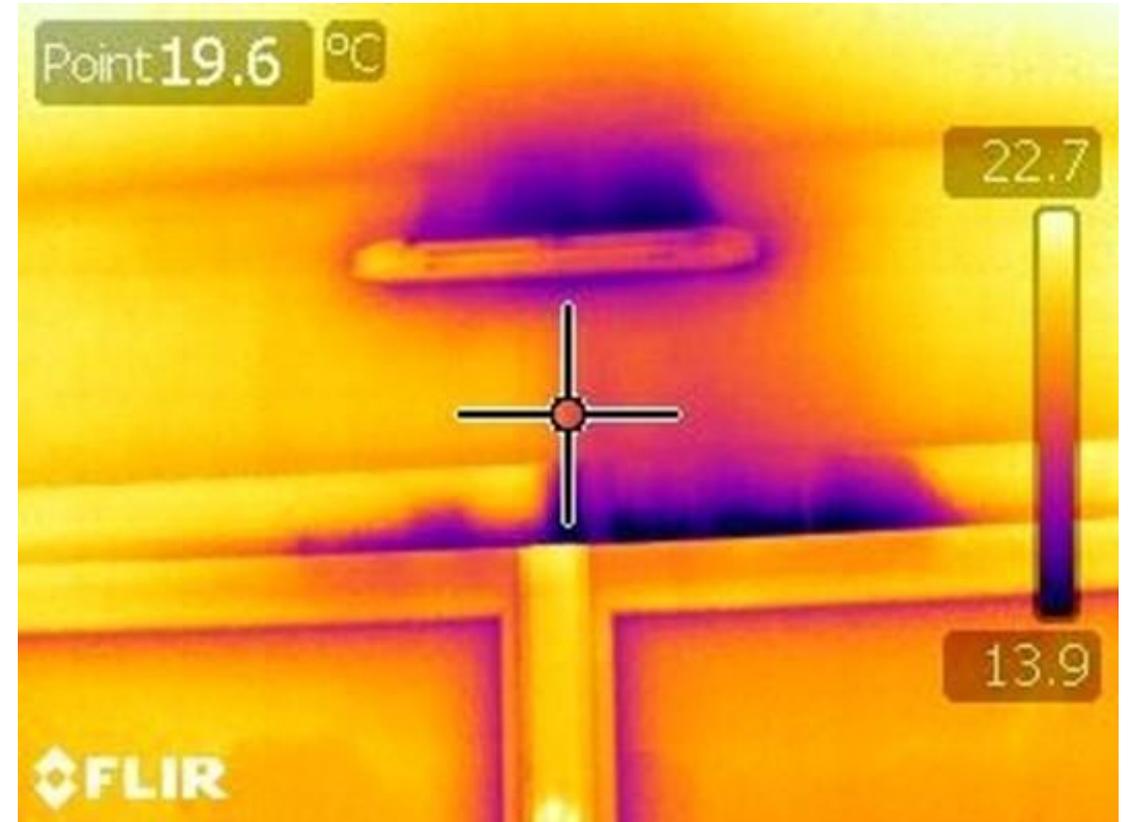


Des locaux non chauffés à isoler

# ETANCHEITE A L'AIR



LE STROGOFF



Des infiltrations d'air courante par des menuiseries mal réglées

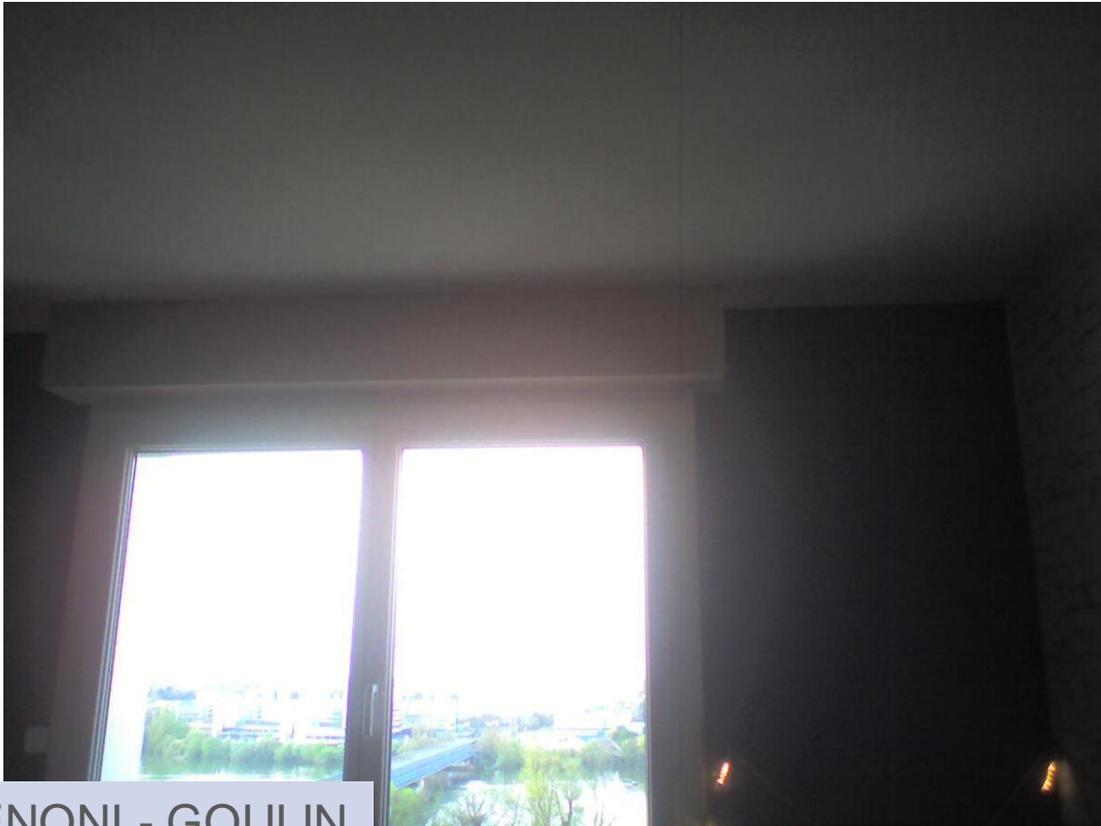
# ETANCHEITE A L'AIR



NANTES - PARIS

Des fuites liées à des petits travaux

# ETANCHEITE A L'AIR



BENONI - GOULIN

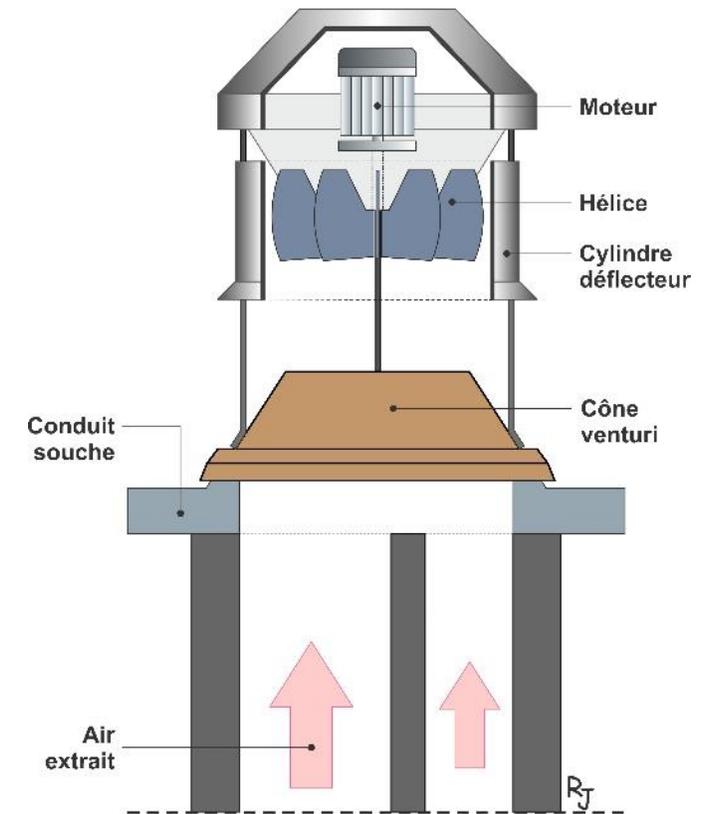


Des fuites d'air autour des coffres de volets roulants

# VENTILATION HYBRIDE

## Analyse du fonctionnement hybride

- Fonctionnement à 2 vitesses : petite et grande vitesse
- Fonctionnement statique → moteur arrêté
- Seuil fixé par l'installateur :
  - Température < +8°C**et/ou**
  - Vitesse du vent > 4 m/s



*©copyright Romuald.Jobert@cerema.fr*

Schéma de principe du fonctionnement d'un extracteur de ventilation hybride

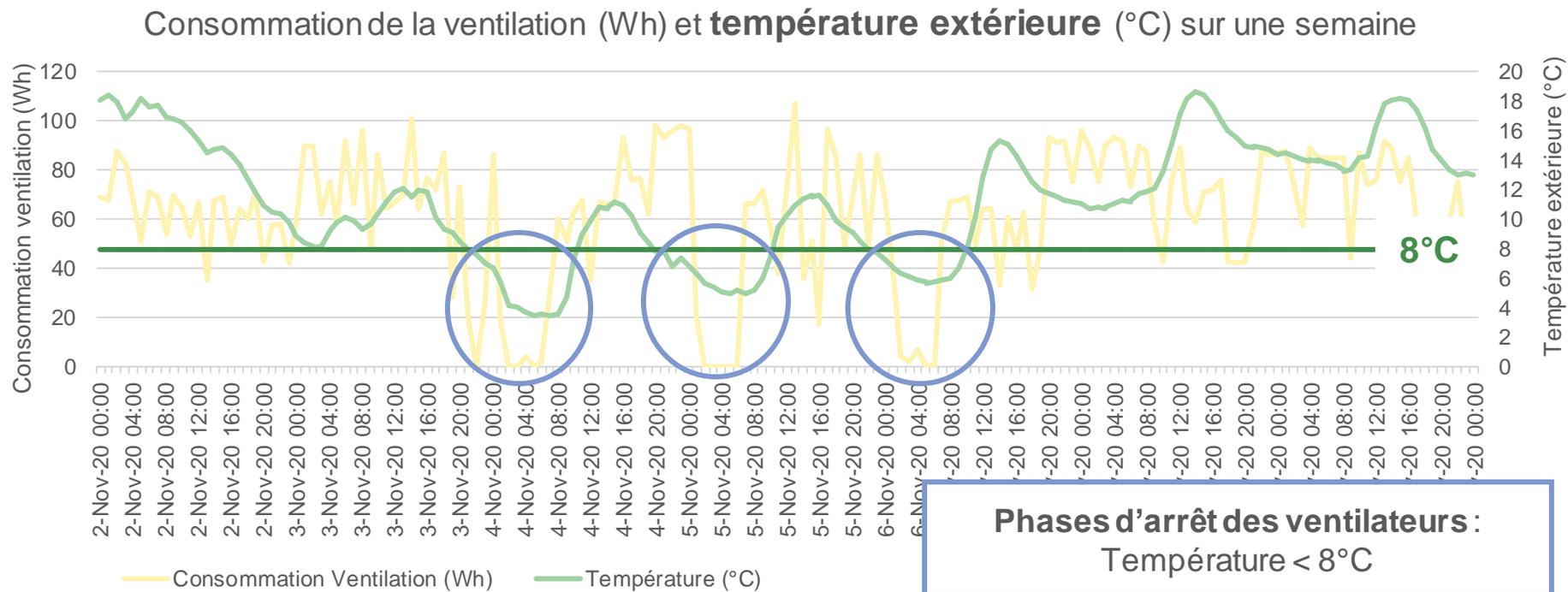
# VENTILATION HYBRIDE SUR VAL DE LOIRE

Extracteur stato-mécanique basse pression MAXIVENT installé sur Val de Loire :

Extraction des produits de combustion des chaudières gaz + évacuation de l'air vicié



# VENTILATION HYBRIDE SUR VAL DE LOIRE



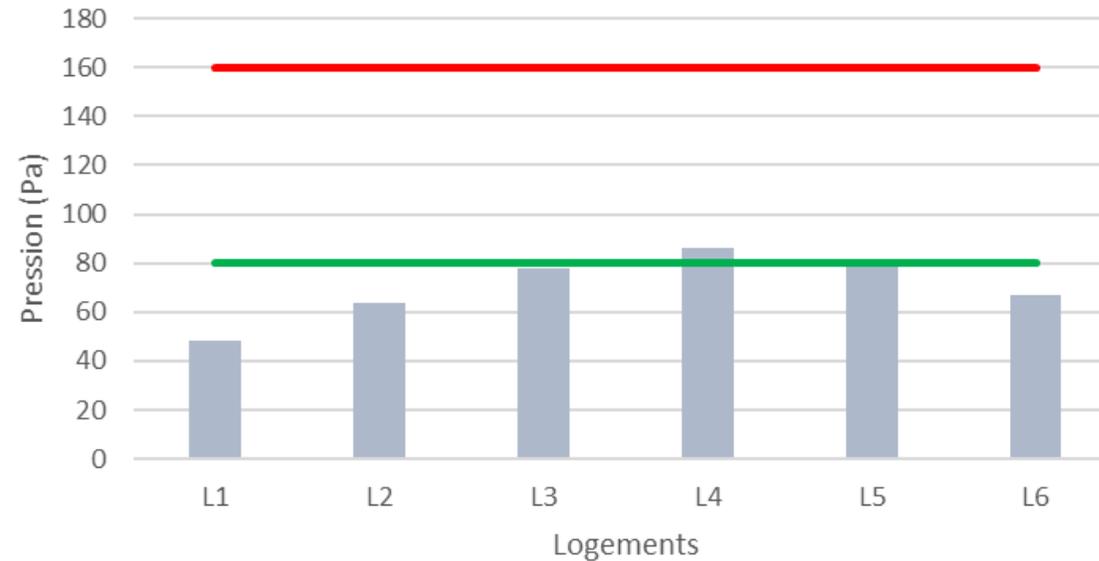
Consommation de la ventilation = 2080 kWh  
Un fonctionnement mécanique 100% du temps = 2582 kWh

→ 20% d'économie d'énergie par rapport à une VMC classique

# QUALITE D'AIR ET VENTILATION



Pression à la bouche d'extraction de la SdB

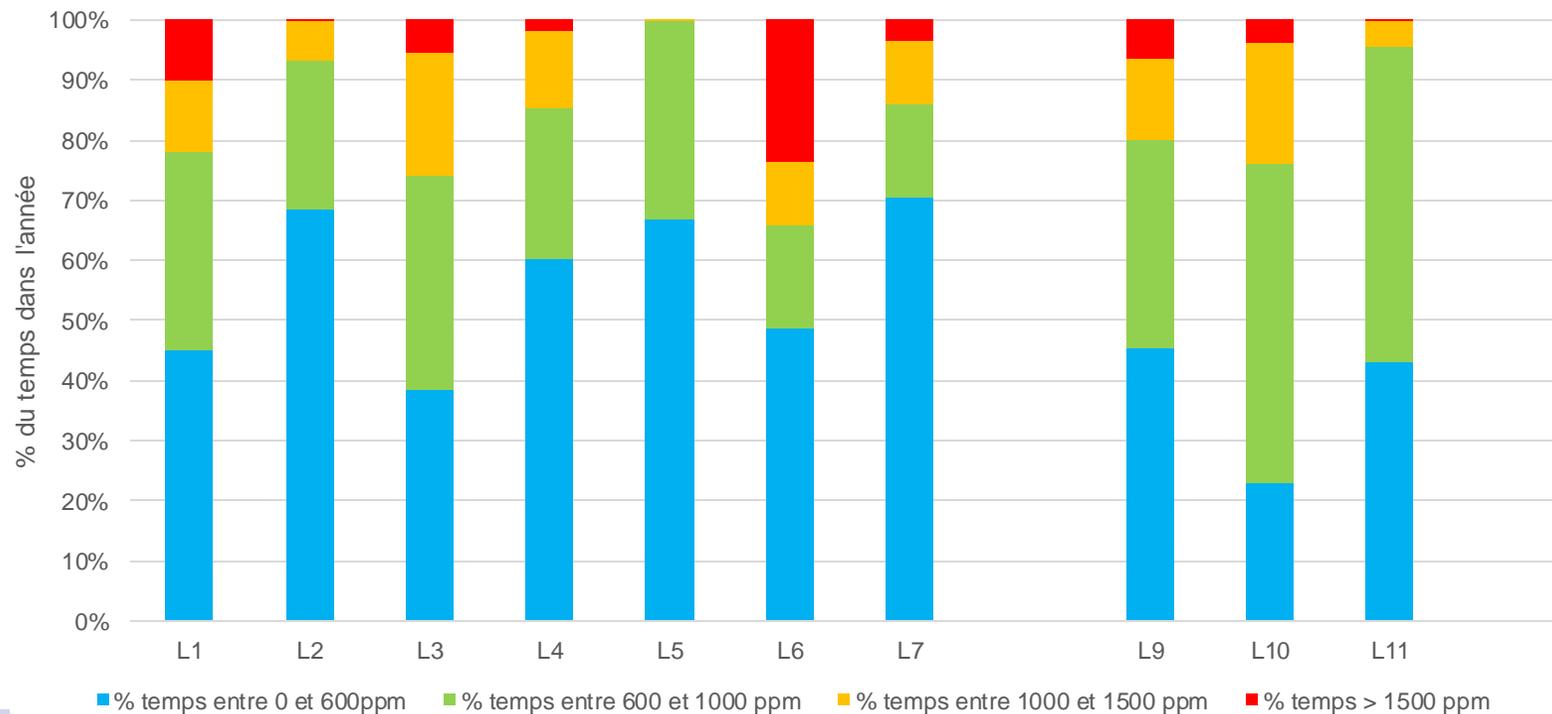


LE STROGOFF

Des pressions souvent trop faibles pour assurer une bonne ventilation

# QUALITE D'AIR ET VENTILATION

Répartition temporelle de la concentration de CO2 dans les logements instrumentés

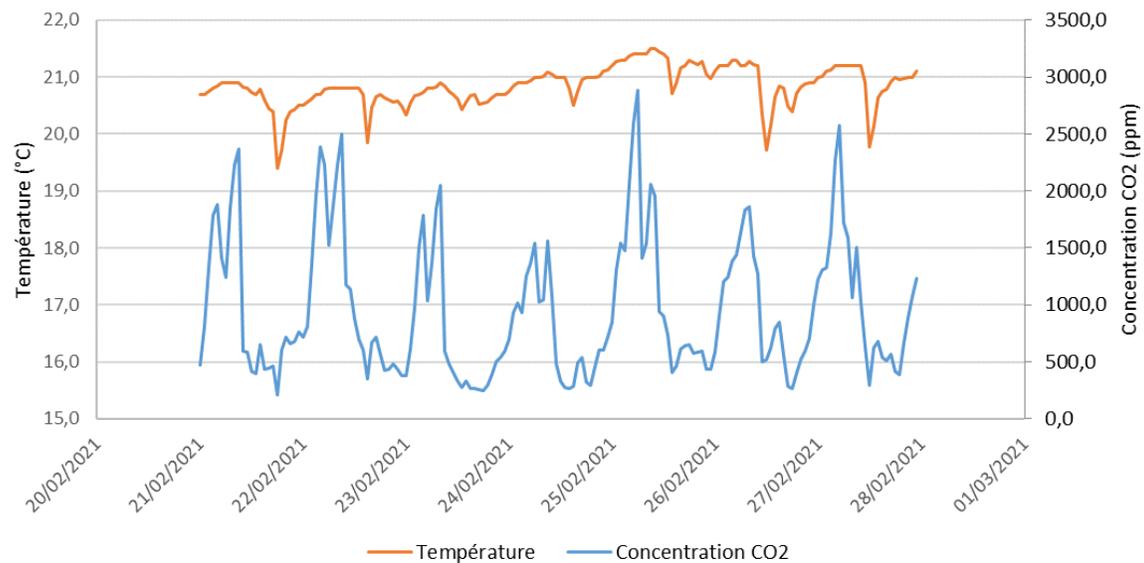


NANTES - PARIS

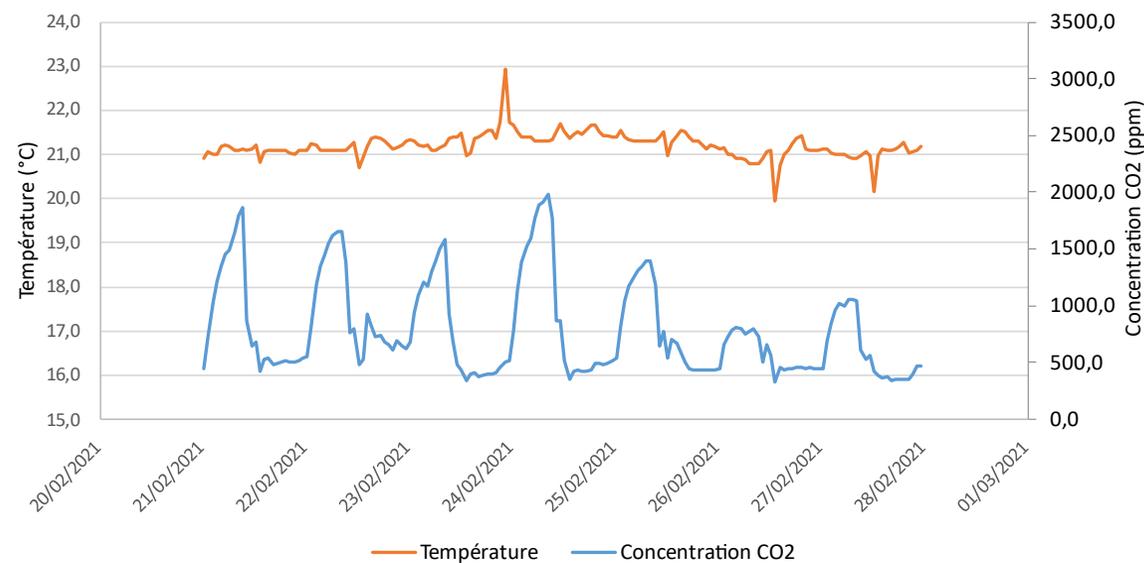
Hétérogénéité des logements en termes de ventilation

# QUALITE D'AIR ET VENTILATION

L6 - Evolution hebdomadaire de la Température et du CO2 sur une semaine



L4 - Evolution hebdomadaire de la Température et du CO2 sur une semaine



NANTES - PARIS

Des niveaux de CO2 qui dépassent régulièrement 1000ppm en hiver

# EXPOSITION AU RADON

LOCALISATION DES MESURES	CHIFFRES CLES		APPRECIATION
	REFERENCE*	VALEUR MESURE	
Appartement RDC	300 Bq/m <sup>3</sup>	16 +/-3 Bq/m <sup>3</sup>	😊
Circulations cave A1	300 Bq/m <sup>3</sup>	38 +/-8 Bq/m <sup>3</sup>	😊
Circulations cave A3	300 Bq/m <sup>3</sup>	49 +/-10 Bq/m <sup>3</sup>	😊
Circulations cave B1	300 Bq/m <sup>3</sup>	32 +/-6 Bq/m <sup>3</sup>	😊
Circulations cave B3	300 Bq/m <sup>3</sup>	122 +/-24 Bq/m <sup>3</sup>	😊

\*S'il n'existe pas de réglementation de la gestion du risque radon dans l'habitat privé, les acteurs du bâtiment peuvent cependant s'appuyer sur plusieurs éléments dont notamment un seuil de référence à 300 Bq/m<sup>3</sup> ;

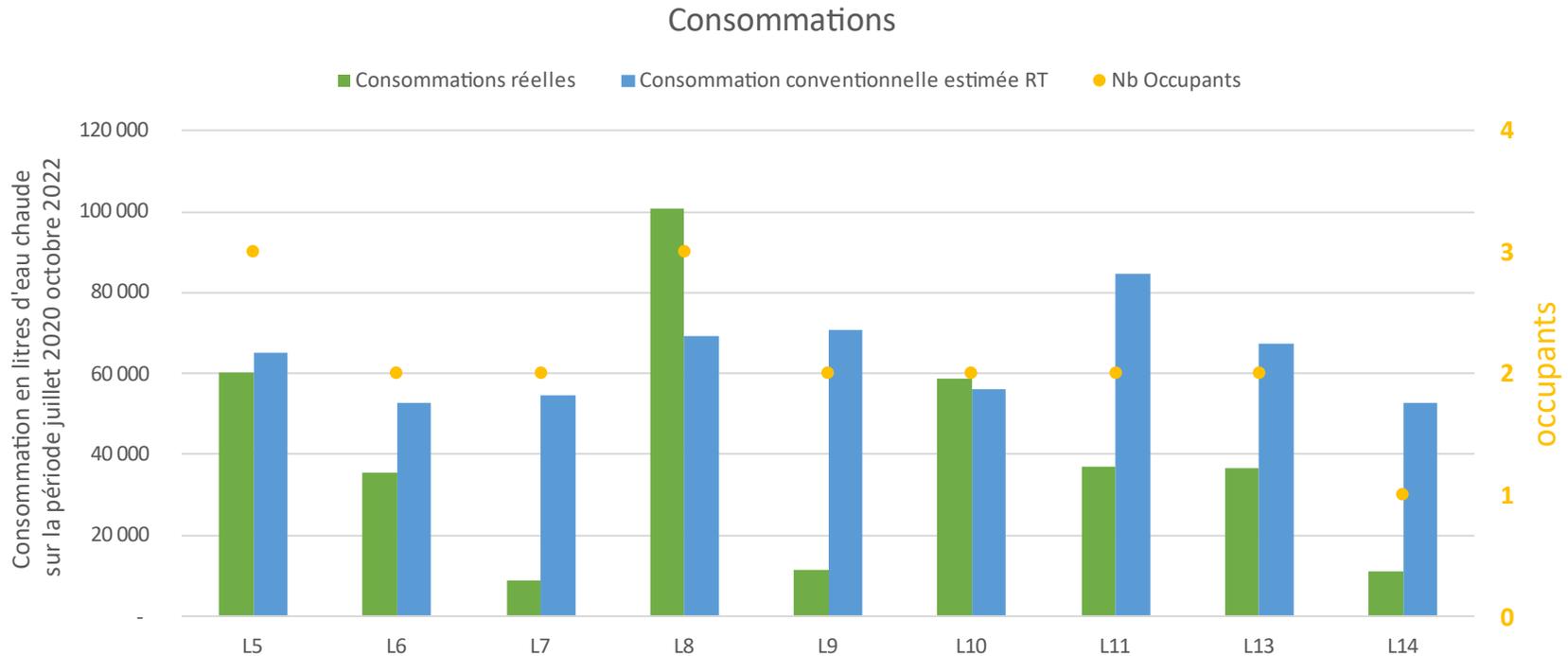
NANTES - PARIS

Pas de problématique radon sur les copropriétés étudiées



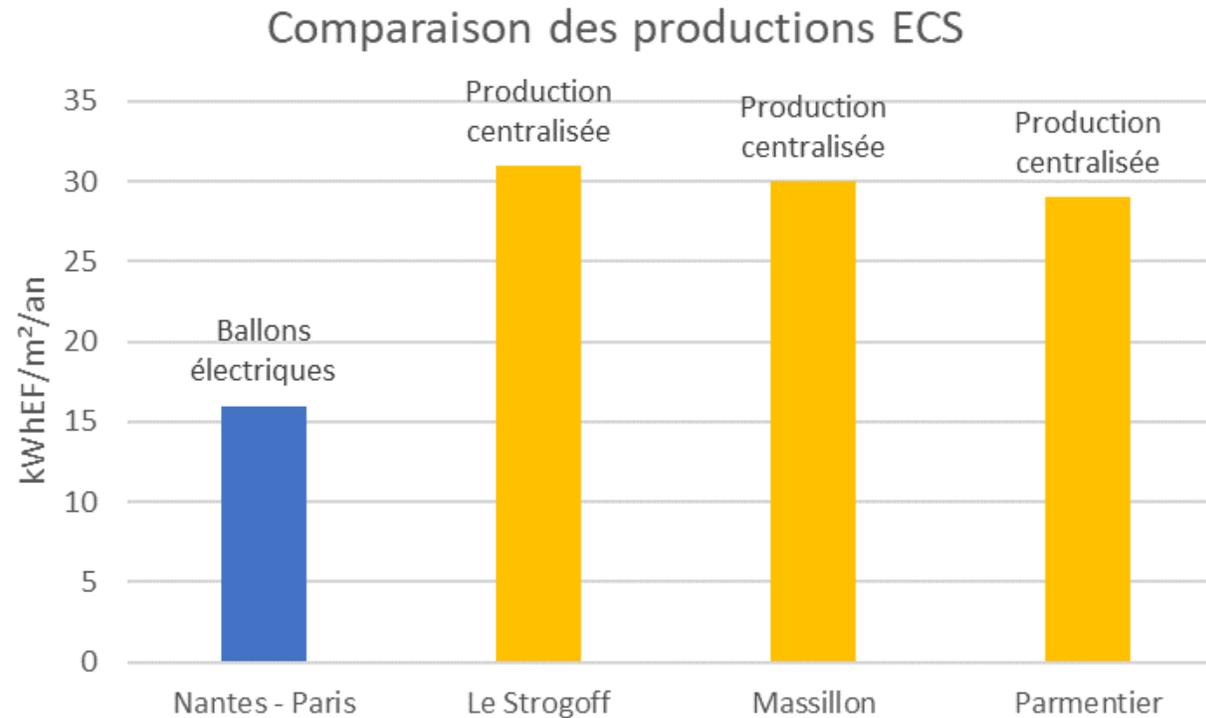
# CONSOMMATIONS ECS

PARMENTIER



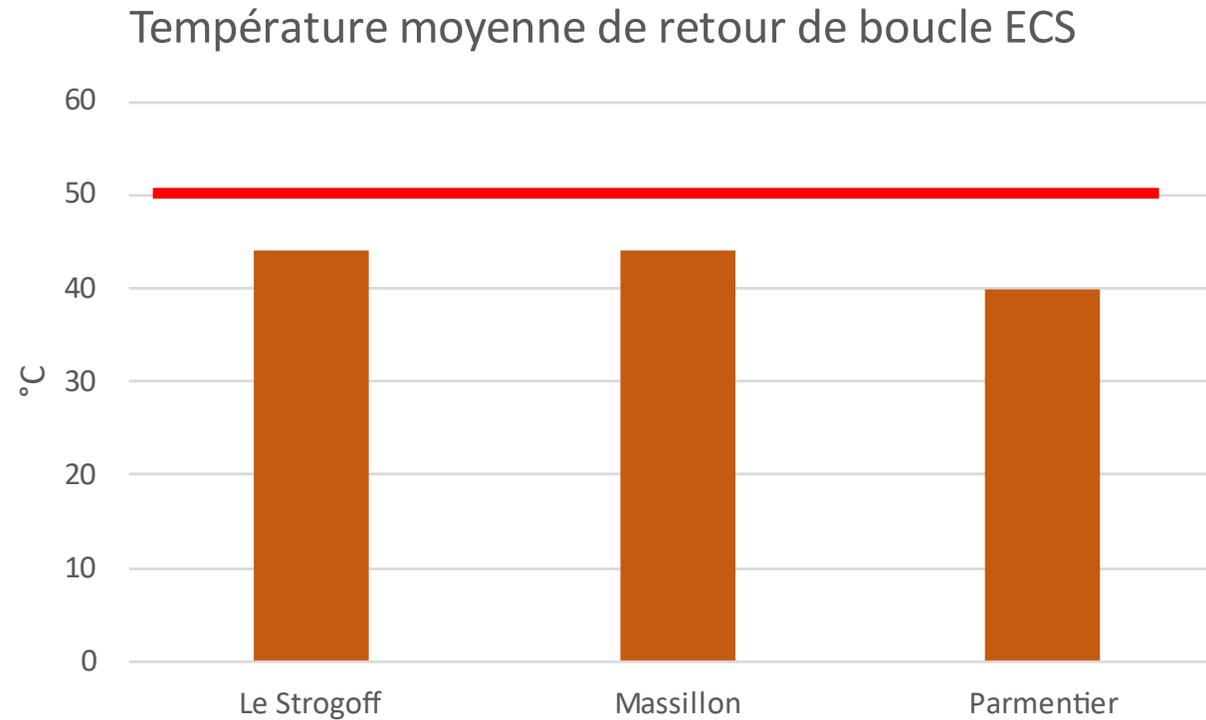
Des consommations ECS hétérogènes et souvent inférieures aux valeurs de calcul réglementaire

# CONSOMMATIONS ECS



Environ 50% du gaz consommé pour la production ECS est perdu dans l'installation

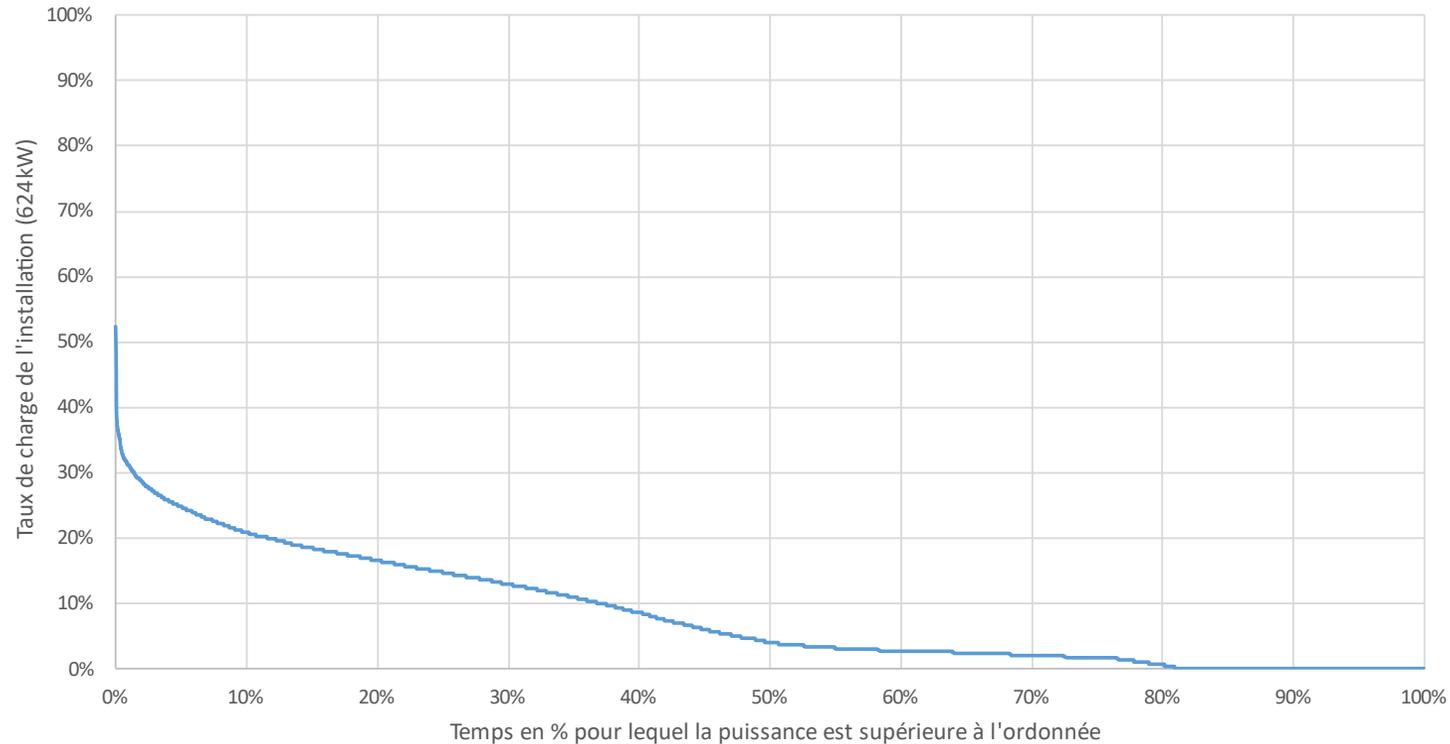
# BOUCLAGE ECS



Des températures de retour de boucle ECS sous les 50°C  
(Risque légionnelles)

# DIMENSIONNEMENT DES INSTALLATIONS

Monotone de puissance de la chaufferie (pas horaire)

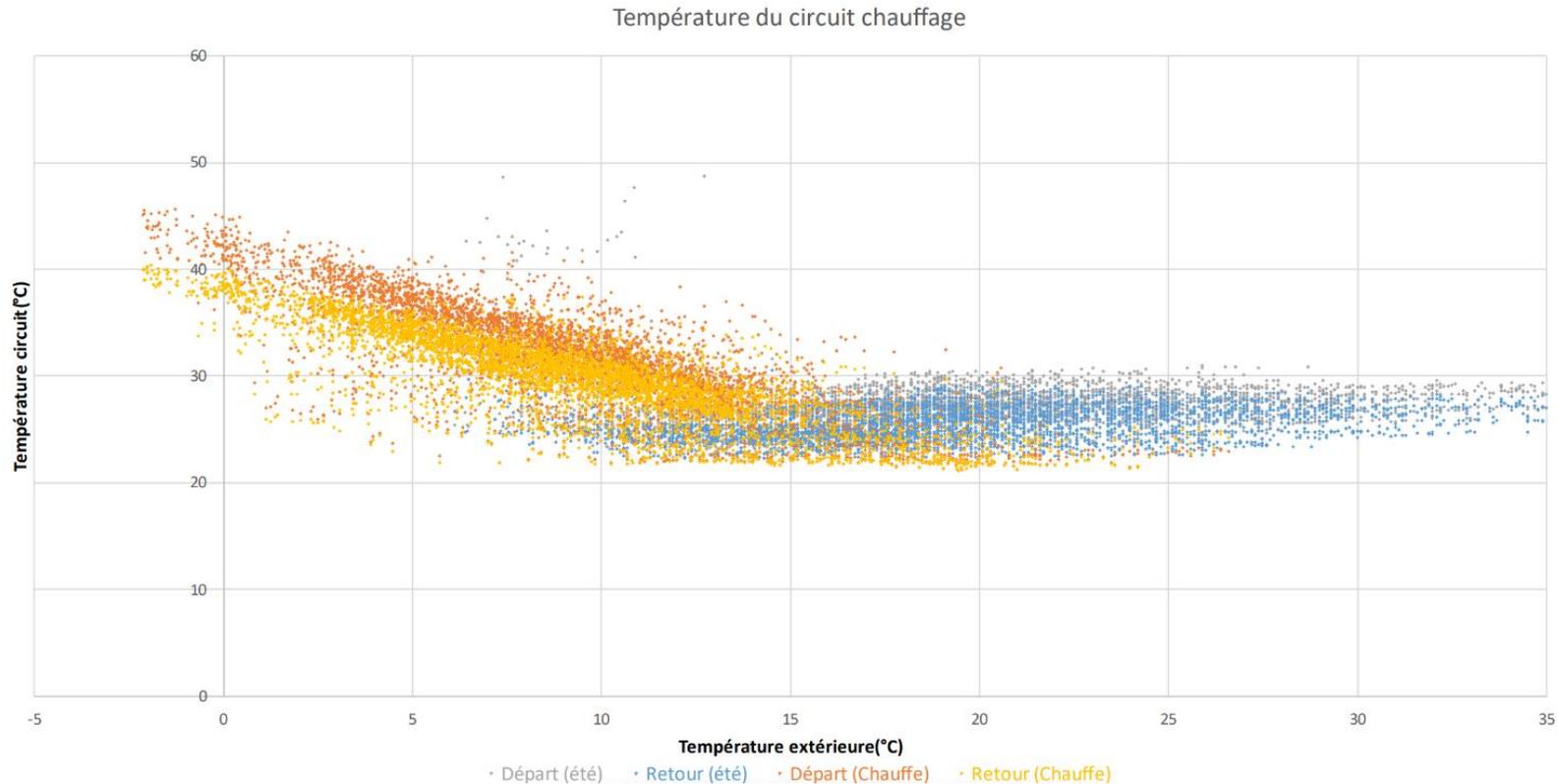


MASSILLON

Le sur-dimensionnement des installations entraine des dégradations de performance

# DIMENSIONNEMENT DES INSTALLATIONS

MASSILLON

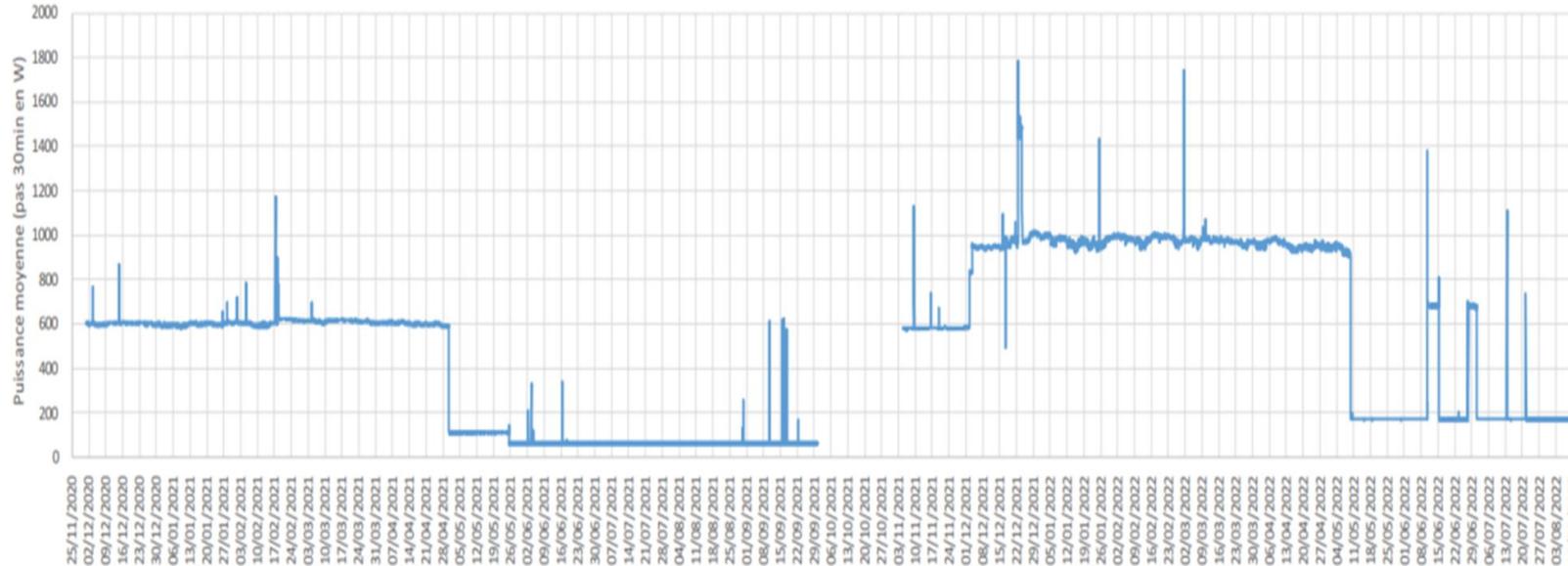


Les régimes de température observés permettent la condensation

# POMPE A VITESSE VARIABLE

NANTES - PARIS

Courbe de charge électrique de la chaufferie



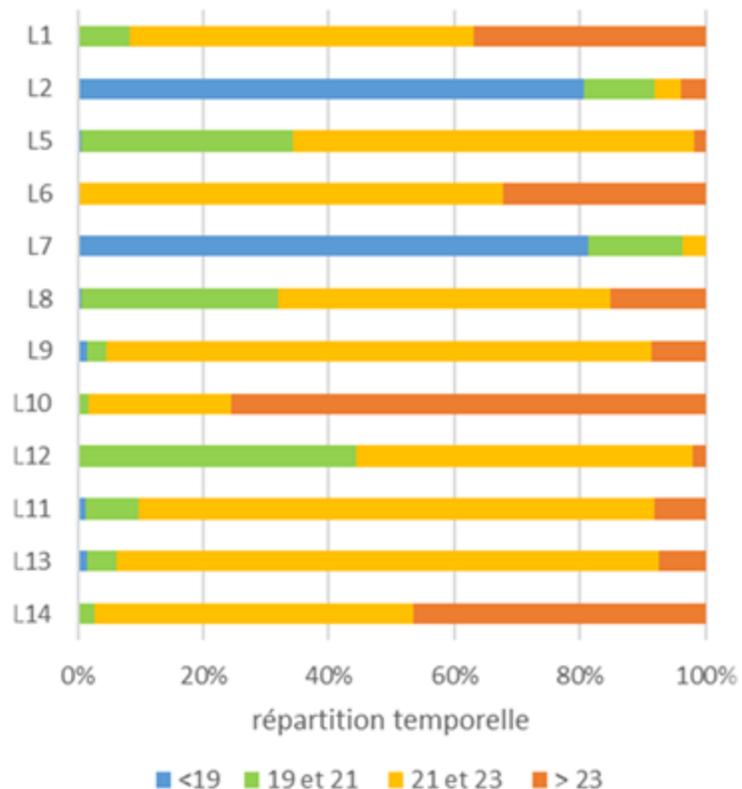
Les pompes à vitesse variable ne varient que sous certaines conditions

# CONFORT THERMIQUE

PARMENTIER  
HIVER

Résultat questionnaire satisfaction confort d'hiver	
L1	2 un peu froid
L2	2 un peu froid
L5	3 bien
L6	2 un peu froid
L7	3 bien
L8	2 un peu froid
L9	3 bien
L10	2 un peu froid
L11	3 bien
L12	3 bien
L13	4 un peu chaud
L14	3 bien

Répartition temporelle des températures dans les salons des logements instrumentés - Hiver



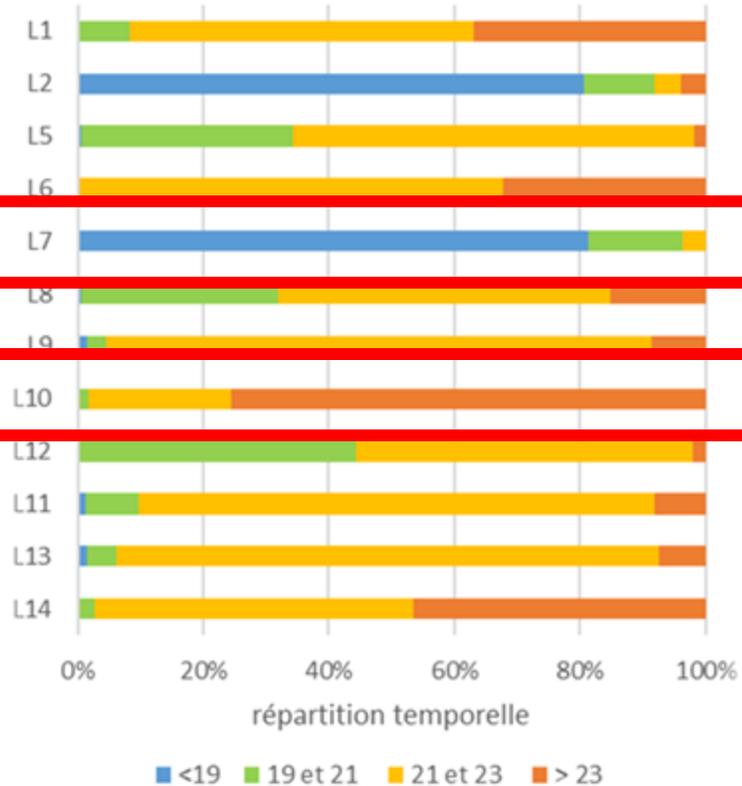
Un confort qualitatif difficile à mesurer

# CONFORT THERMIQUE

PARMENTIER  
HIVER

Résultat questionnaire satisfaction confort d'hiver	
L1	2 un peu froid
L2	2 un peu froid
L5	3 bien
L6	2 un peu froid
L7	3 bien
L8	2 un peu froid
L9	3 bien
L10	2 un peu froid
L11	3 bien
L12	3 bien
L13	4 un peu chaud
L14	3 bien

Répartition temporelle des températures dans les salons des logements instrumentés - Hiver



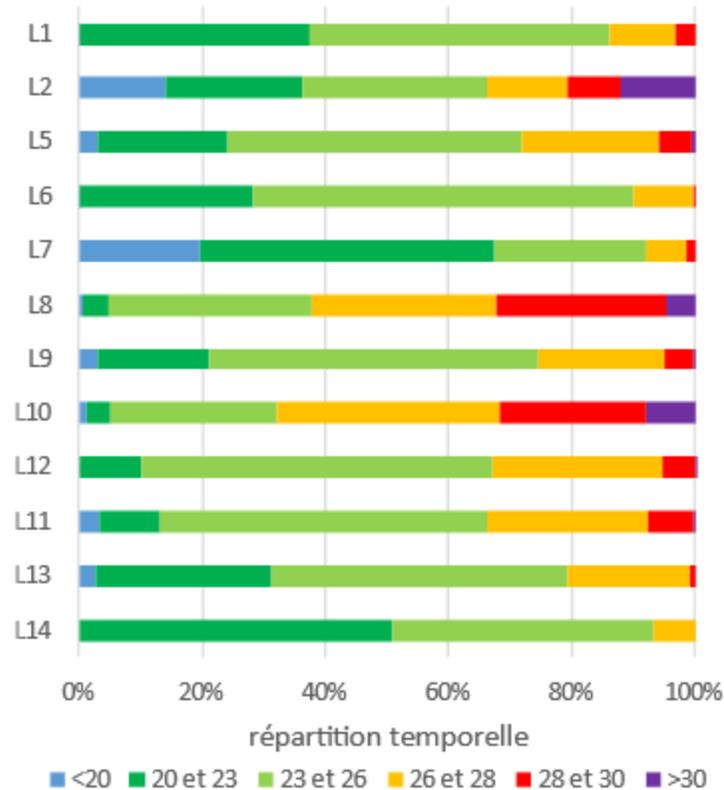
Un confort qualitatif difficile à mesurer

# CONFORT THERMIQUE

PARMENTIER  
ETE

Résultat questionnaire satisfaction confort d'été	
L1	3 bien
L2	3 bien
L5	5 trop chaud
L6	4 un peu chaud
L7	4 un peu chaud
L8	4 un peu chaud
L9	4 un peu chaud
L10	3 bien
L11	3 bien
L12	3 bien
L13	4 un peu chaud
L14	4 un peu chaud

Répartition temporelle des températures dans les salons des logements instrumentés Eté



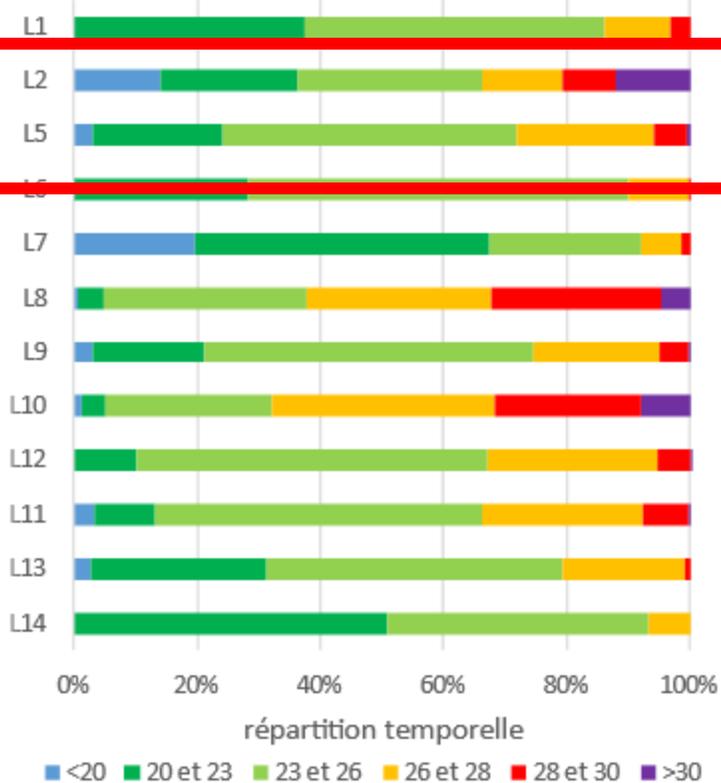
Un confort qualitatif difficile à mesurer

# CONFORT THERMIQUE

PARMENTIER  
ETE

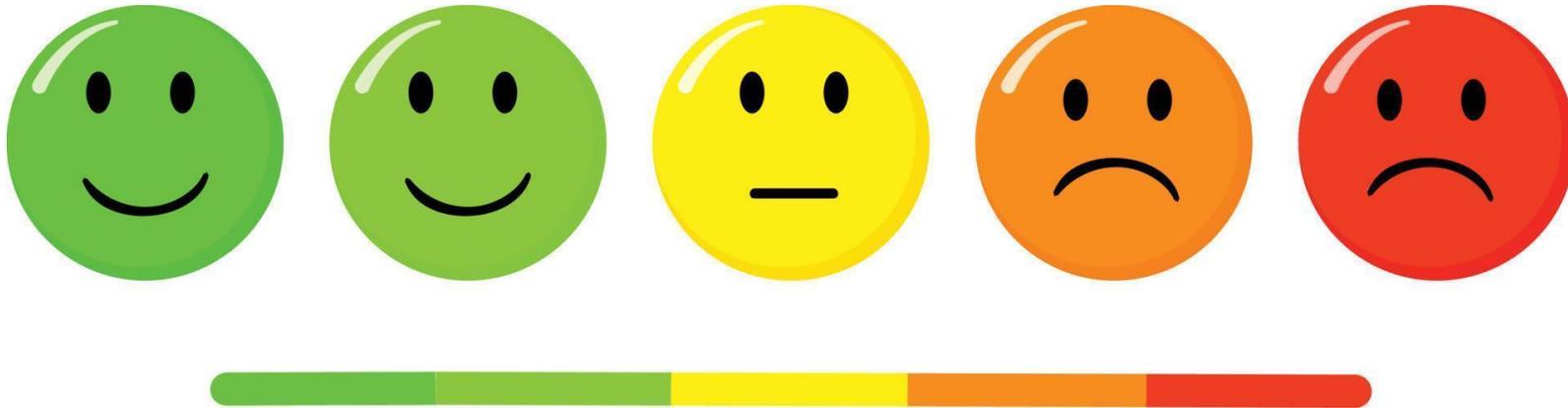
Résultat questionnaire satisfaction confort d'été	
L1	2 bien
L2	3 bien
L5	5 trop chaud
L6	4 un peu chaud
L7	4 un peu chaud
L8	4 un peu chaud
L9	4 un peu chaud
L10	3 bien
L11	3 bien
L12	3 bien
L13	4 un peu chaud
L14	4 un peu chaud

Répartition temporelle des températures dans les salons des logements instrumentés Eté



Un confort qualitatif difficile à mesurer

# CONFORT THERMIQUE



Des occupants satisfaits des travaux réalisés

## RESULTATS « MYSMARTLIFE »



# DES BÂTIMENTS NANTAIS SUIVIS DANS LE CADRE DE « MYSMARTLIFE »



## Projet européen H2020 mySMARTLife (2016-2022)

Objectif : favoriser le développement d'une ville plus durable via des solutions innovantes dans les domaines de la mobilité, de l'énergie, et du numérique

Nantes Métropole fait partie des 3 villes démonstratrices avec 9 actions :

- ✓ **Rénovation énergétique et Énergies Renouvelables dans les copropriétés privées, les maisons individuelles et les logements sociaux**
- ✓ Optimisation du réseau de chaleur Centre Loire par des outils de modélisation et d'aide à la décision
- ✓ Production et stockage d'énergies renouvelables
- ✓ Gestion intelligente de l'éclairage public
- ✓ Développement de l'électromobilité en transport collectif et individuel
- ✓ Création d'un observatoire multimodal de la mobilité
- ✓ Renforcement de la logistique dernier kilomètre
- ✓ Développement d'une plate forme de données urbaines
- ✓ Création d'un data lab sur les données électriques

Partenaires : Engie, Enedis, le Cerema, l'IMT Atlantique, Nantes Métropole Habitat, Atlanpole, la Semitan, Nobatek, la Ville de Nantes et Nantes Métropole

# DES BÂTIMENTS NANTAIS SUIVIS DANS LE CADRE DE « MYSMARTLIFE »

## Objectif du suivi-évaluation : comparaison des consommations avant/après rénovation

- ✓ Basé sur les données instrumentées du bâtiment rénové
    - Consommation d'énergie finale (gaz, électricité, réseau de chaleur) via compteur intelligent (Gazpar, Linky) ou distributeur
    - Compteur de calorie pour l'ECS et/ ou le solaire
  - ✓ Basé sur les factures gaz et électricité avant travaux
- + Données climatiques (DJU COSTIC)

# DES BÂTIMENTS NANTAIS SUIVIS DANS LE CADRE DE « MYSMARTLIFE »

Objectif du suivi-évaluation : comparaison des consommations avant/après rénovation

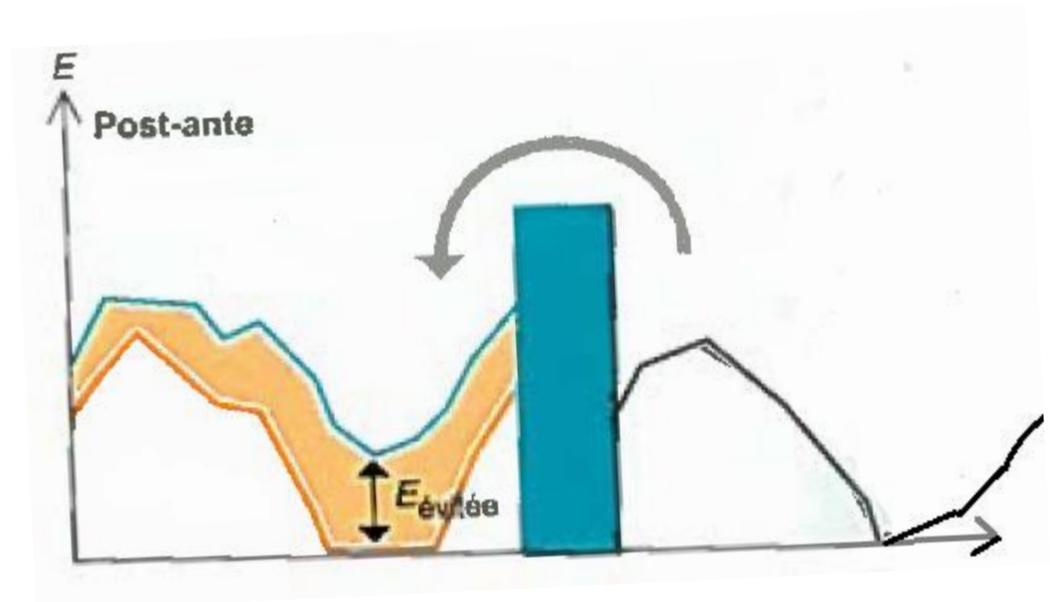
✓ Méthodologie : application du protocole IPMVP option C

Régression linéaire : on modélise la **consommation d'énergie après travaux** fonction du climat (DJU mensuels) (\*)

→ on en déduit **quelle aurait été la consommation du bâtiment rénové sous le même climat qu'avant rénovation**

→ on compare cette consommation aux factures avant rénovation

→ économie d'énergie : E évitée



(\*) Régression valide si  $R^2 > 0,80$  et  $CV(RMSE) < 15\%$

# DES BÂTIMENTS NANTAIS SUIVIS DANS LE CADRE DE « MYSMARTLIFE »

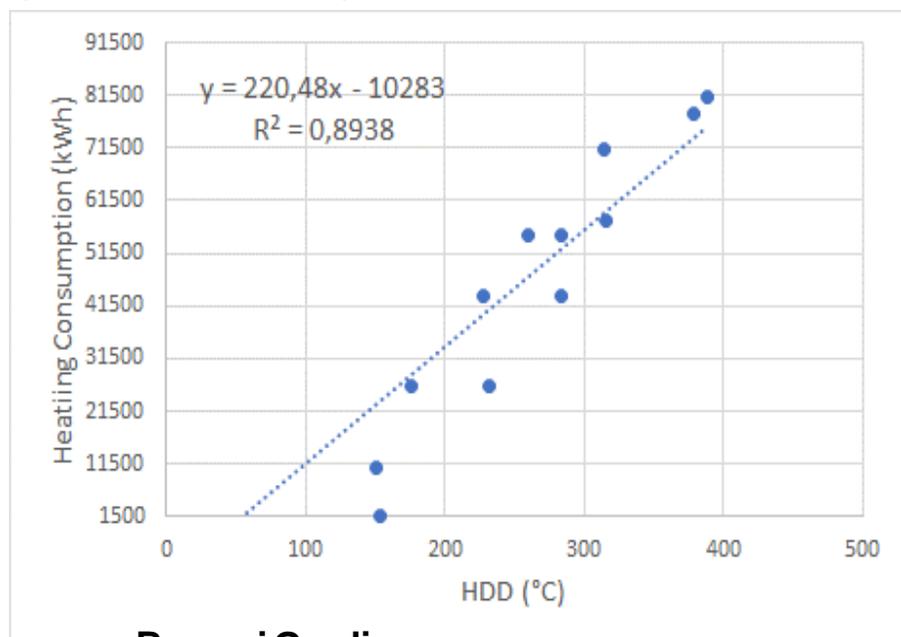
Objectif du suivi-évaluation : comparaison des consommations avant/après rénovation

	Nantes Paris (A+B)	Benoni-Goulin	Le Strogoff	Val de Loire	Massillon
Surface (m <sup>2</sup> )	9 748	4 950	1 781	1 184	2 980
Période après travaux	2010-2011	2011-2012	2011-2013	2014- 2016	2013-2015
Période avant travaux	01/04/21 – 31/03/22	01/04/21 – 31/03/22	01/04/21 – 31/03/22	01/12/20- 30/11/21	01/04/21 – 31/03/22
Périmètre	Energie pour le chauffage	Energie pour le chauffage	Energie pour le chauffage et l'ECS	Energie pour le chauffage et l'ECS	Energie pour le chauffage et l'ECS

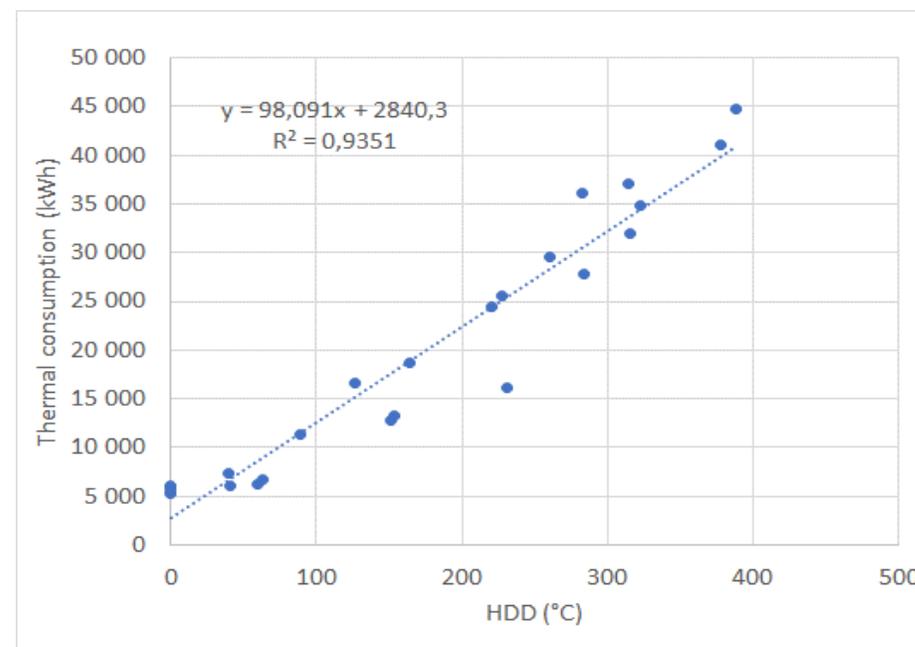
# DES BÂTIMENTS NANTAIS SUIVIS DANS LE CADRE DE « MYSMARTLIFE »

Objectif du suivi-évaluation : comparaison des consommations avant/après rénovation

Régression linéaire (\*) : on modélise la **consommation d'énergie après travaux** fonction du climat (DJU mensuels)



Benoni Goulin



Le strogoff

# DES BÂTIMENTS NANTAIS SUIVIS DANS LE CADRE DE « MYSMARTLIFE »

Objectif du suivi-évaluation : comparaison des consommations avant/après rénovation après ajustement

Benoni Goulin	Avant travaux			Après travaux
Période	2011	2012	2013	avril 2021- mars 2022
Consommation réelle (kWh)	886 820	838 928	993 772	<b>344 009</b>
Consommation ajustée de la rénovation (kWh)	391 266	351 138	420 149	-
Économie d'énergie (kWh)	495 554	487 790	573 623	-
Economie d'énergie (%)	55.9	58.1	57.7	-

# DES BÂTIMENTS NANTAIS SUIVIS DANS LE CADRE DE « MYSMARTLIFE »

Objectif du suivi-évaluation : comparaison des consommations avant/après rénovation : consommation chauffage et ECS

Périmètre		Chauffage		Chauffage + ECS		
		Nantes Paris	Benoni-Goulin	Le Strogoff	Val de Loire	Massillon
Consommation d'énergie	Avant travaux (moyenne)	990 000	906 507	469 000	163 310	475 877
	Après travaux (ajustée)	462 810	387 517	243 148	71890	346 099
	Economie (moyenne) %	53%	57%	48%	56%	24,50%

Economie d'énergie plus importante sur le périmètre chauffage seul :

- ✓ La consommation de chauffage représente une part plus importante par rapport à l' ECS
- ✓ L'isolation semble avoir plus d'impact que l'amélioration du rendement de la chaudière

# DES BÂTIMENTS NANTAIS SUIVIS DANS LE CADRE DE « MYSMARTLIFE »

Objectif du suivi-évaluation : comparaison des consommations avant/après rénovation : consommation électrique

Consommation électrique des communs (y/c ventilation)		Nantes Paris	Benoni-Goulin	Massillon
	Avant travaux (moyenne)	34 000	12 194	24 294
	après travaux	20 636	27 772	20 015
	Economie %	39%	- 128%	18%

- ✓ Economie d'énergie sur Nantes Paris et Massillon liée à la rénovation de la ventilation : on passe de l'autoréglable à VMC Hygro B (Massillon) ou ventilation hybride (Nantes Paris)
- ✓ Benoni-Goulin : pas de Ventilation mécanique initialement

# DES BÂTIMENTS NANTAIS SUIVIS DANS LE CADRE DE « MYSMARTLIFE »

Objectif du suivi-évaluation : comparaison des consommations avant/après rénovation : par m<sup>2</sup>

	Nantes Paris	Benoni-Goulin	Le Strogoff	Val de Loire	Massillon
Energie utile chauffage (kWh/m <sup>2</sup> )	51	69.5	88.4	42.7	50.0
Energie utile ECS (kWh/m <sup>2</sup> )	14	15.4	41.6	18.5	40.0
Consommation électrique des communs (kWh/m <sup>2</sup> )	3	5.6	8.5	1.5	6.7
Consommation logement (hors ECS) (kWh/m <sup>2</sup> )	21	22.2	27.8	20.7	35.1

Consommation ECS varie de 14 à 42 kWh/m<sup>2</sup>

Consommation ECS supérieure quand produite collectivement

Consommation de chauffage varie de 42 à 70 kWh/m<sup>2</sup>

Directement liée au niveau d'isolation (Ubât)

# DES BÂTIMENTS NANTAIS SUIVIS DANS LE CADRE DE « MYSMARTLIFE »

Consommation de chauffage directement lié au Ubât

	Nantes Paris A	Nantes Paris B	Benoni Goulin	Le Strogoff	Val de Loire	Massillon
Ubât (W/m².K)	0,73	0,63	0,86	1,34	0,53	0,75
Chauffage (kWh/m²)	51		70	88	43	50



Val de Loire : traitement des ponts thermiques : remplacement des balcons par des terrasses autoportées

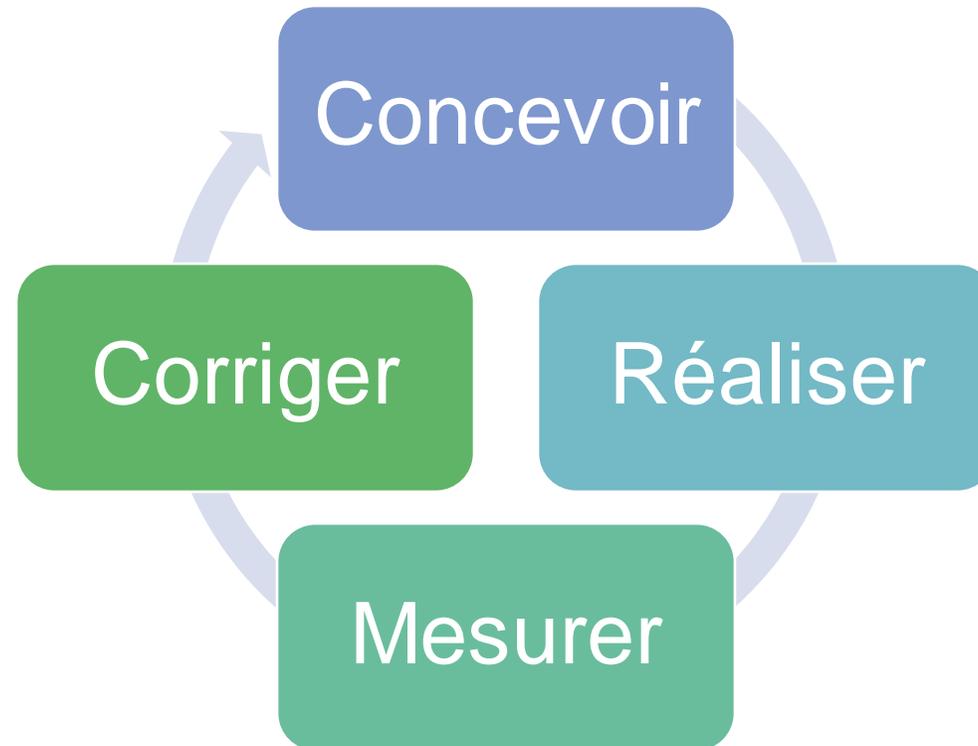
# EN BREF

- ✓ Sur les énergies renouvelables, connecter le bâtiment au réseau de chaleur est le plus efficace pour accroître la consommation d'EnR (Réseau de chaleur Ile de Nantes avec un mix de 80% d'énergie renouvelable)
- ✓ Sur les économies d'énergie, les rénovations globales sont le plus efficaces avec des économies d'énergie réelle jusqu'à 57%, directement liées au niveau d'isolation globale (Ubât)

Le rapport MySmartLife est disponible à l'adresse suivante :

<https://mysmartlife.eu/publications-media/public-deliverables/>

## RETOURS D'EXPÉRIENCE SUR LA MESURE



# RETOUR D'EXPÉRIENCE SUR LA MESURE

## Une difficulté majeure pour intervenir dans les logements:

- Difficulté à trouver des volontaires
- Multiplication des déplacements pour obtenir des RDV
- Pertes de capteurs
- Problème de suivi des déménagements pour les mesures sur période longue

# RETOUR D'EXPÉRIENCE SUR LA MESURE

## Prévoir la pose des capteurs pendant les travaux :

- Pour les mesures en chaufferie:
  - Coût supérieur de l'intervention ultérieure
  - Nécessité de découper le calorifuge tout neuf pour poser les capteurs
  - Forte dégradation de la précision des mesures pour des mesures non intrusives
  - Bien positionner le capteur d'énergie thermique pour ne pas dégrader la précision des mesures
- Permet de réagir avant la fin de la garantie de parfait achèvement en cas de soucis

# RETOUR D'EXPÉRIENCE SUR LA MESURE

- Analyser les données peut prendre beaucoup de temps
- Nécessiter « d'industrialiser » les analyses pour en baisser le coût

**Merci de votre attention**