

Le projet BATAN

Présentation

Version du 22 mars 2012
Sources : CETE Est, CETE Ouest,
ENTPE

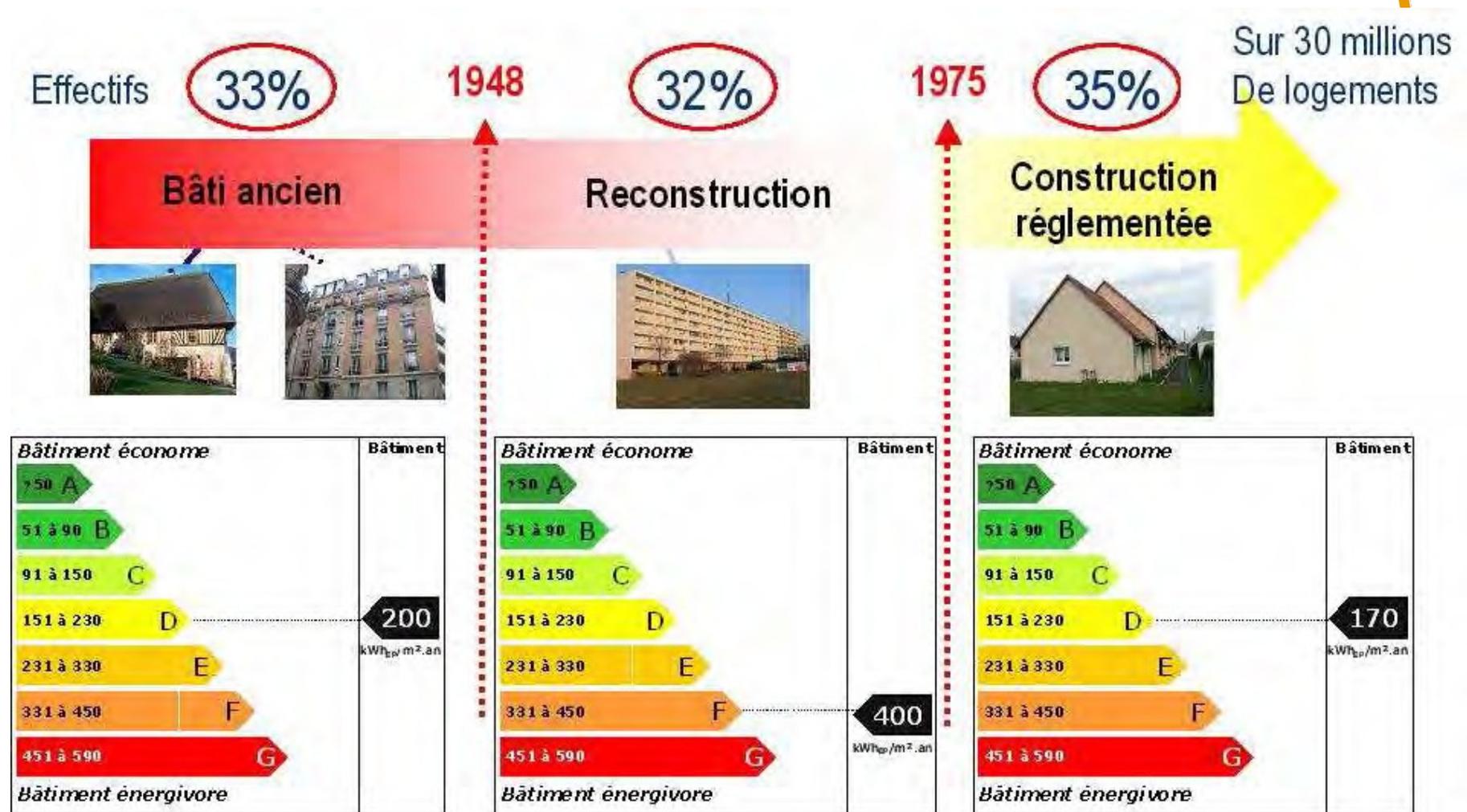


Ressources, territoires, habitats et logement
Énergies et climat Développement durable
Prévention des risques Infrastructures, transports et mer

Présent
pour
l'avenir

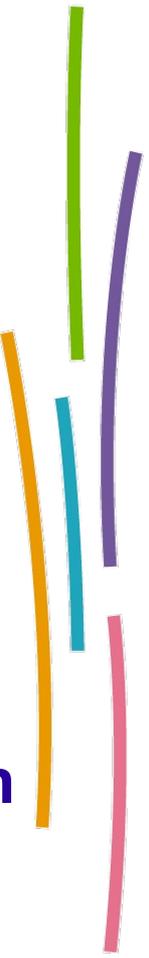
Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement

Les bâtiments anciens ?



Présentation du projet BATAN

- **Les objectifs et l'organisation générale du projet**
- **La constitution d'une typologie thermique du bâti ancien**
- **L'étude du comportement thermique réel du bâti ancien**
- **L'élaboration des modèles BATAN**
- **Conclusions et perspectives**

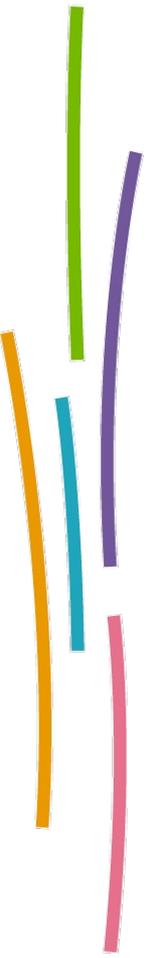


Présentation du projet BATAN

- **Les objectifs et l'organisation générale du projet**
- La constitution d'une typologie thermique du bâti ancien
- L'étude du comportement thermique réel du bâti ancien
- L'élaboration des modèles BATAN
- Conclusions et perspectives

Les objectifs du projet BATAN

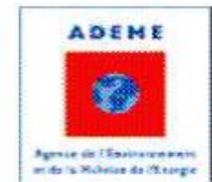
- Étudier les phénomènes physiques qui caractérisent le comportement thermique du bâti ancien
 - Approche typologique du bâti ancien
 - Campagne d'instrumentation in situ approfondie
- Poser les bases d'un nouveau modèle de calcul
- Identifier les réels enjeux en terme de réhabilitation énergétique du bâti ancien



Les acteurs du projet BATAN

Maîtrise d'ouvrage :

- DGALN/DHUP (Ministère du développement durable)
- ADEME

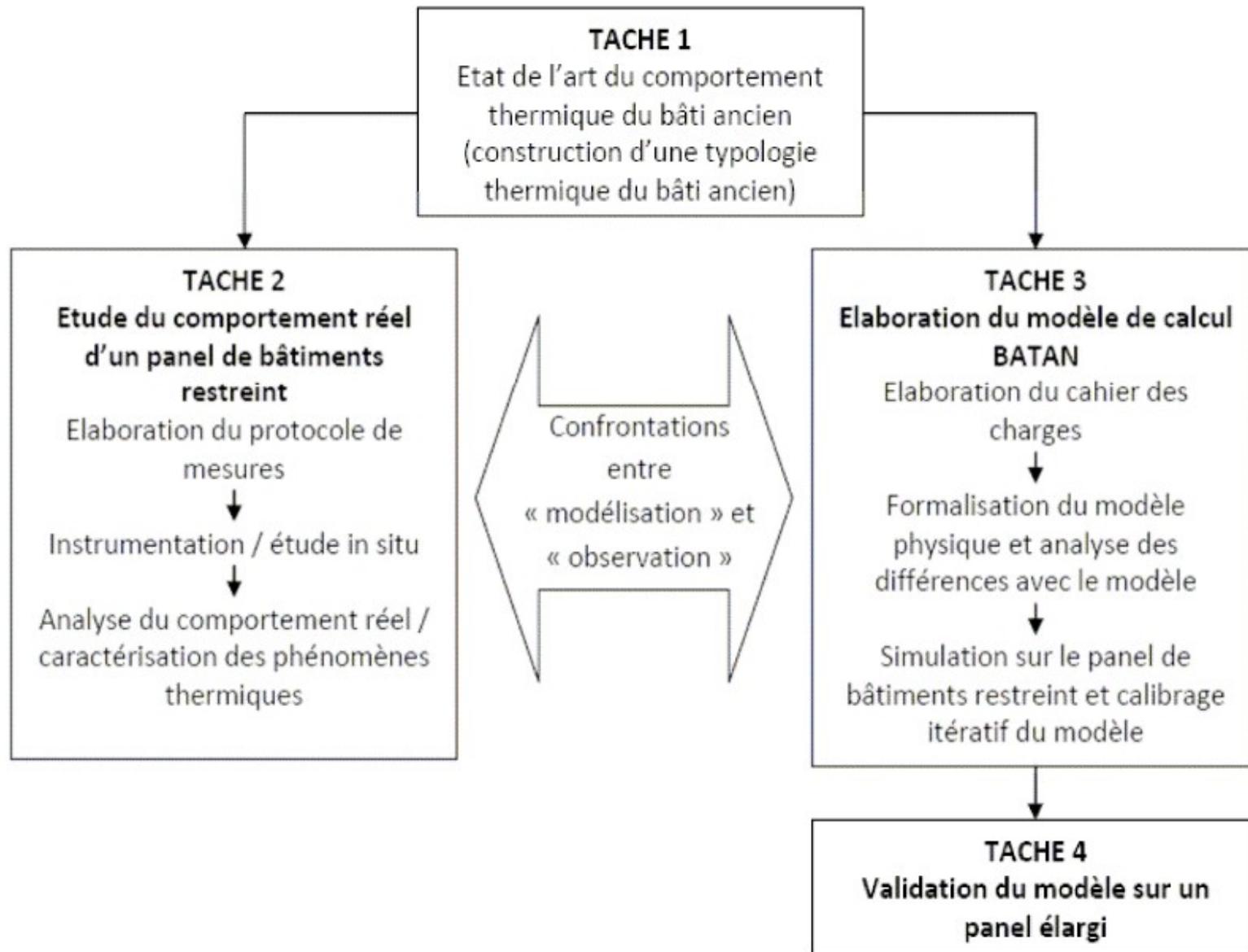


Maîtrise d'œuvre :

- CNRS – ENTPE : Laboratoire des Sciences de l'Habitat (Coordinateur)
- CETE de l'Est
- CETE de l'Ouest
- Maisons Paysannes de France
- INSA de Strasbourg



L'organisation du projet BATAN

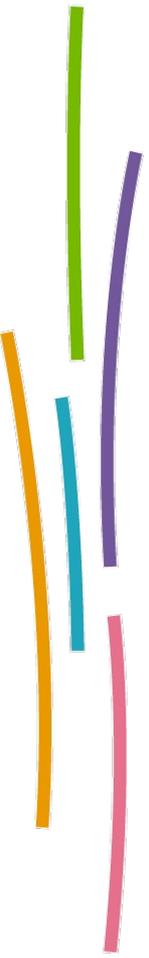


Présentation du projet BATAN

- Les objectifs et l'organisation générale du projet
- **La constitution d'une typologie thermique du bâti ancien**
- L'étude du comportement thermique réel du bâti ancien
- L'élaboration des modèles BATAN
- Conclusions et perspectives

Objectifs de la typologie

- Constituer des grandes familles « thermiques » du bâti ancien ;
- Définir un panel restreint de bâtiments représentatifs (support de l'instrumentation et du développement du modèle), puis un panel élargi (support de la validation du modèle) ;
- Identifier, en première approche, les données d'entrée et les paramètres du modèle.

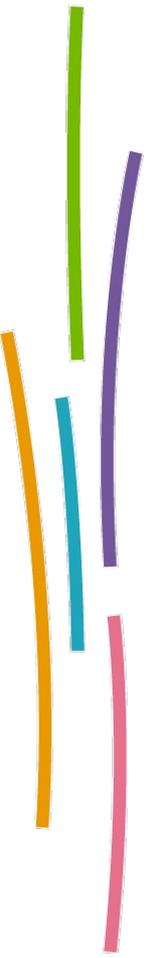


Principes de la typologie

- Construite avec MPF, sur des données bibliographiques ;
- Approche systémique du bâti ancien ;
- Le bâtiment est vu comme un ensemble de systèmes interdépendants :
 - Implantation
 - Enveloppe / matériaux
 - Modes constructifs
 - Équipements
 - Occupants
 - Environnement extérieur



Catégories d'entrées
de la typologie



La typologie thermique retenue

Implantation	I/ îlots fermés de centre ancien			II/ îlots haussmanniens			III/ îlots fermés bas ou maisons alignées			IV/ maisons isolées ou dispersées		
	A et B		C	A		A et B		C		A et B		C
Matériaux 1	■			■			■			■		
2		■			■			■			■	
3								■			■	
4					■							■

■ Mode constructif

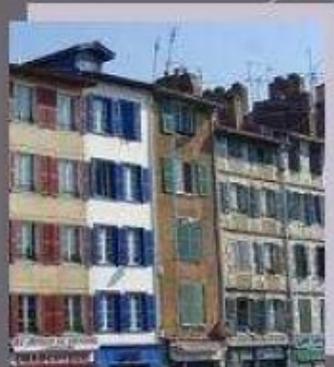
A : Très lourd ; B : Lourd ; C : Moyen

■ Matériaux

1. Les roches denses et très denses : granit, basalte, gneiss et marbre, grès quartzeux, calcaire extra-dur, ardoise et schiste.
2. Les matériaux de densité moyenne : calcaire tendre, brique de terre cuite pleine.
3. Les terres crues et roches extra-tendres : pisé, adobes, bauge, tuffeau.
4. Les matériaux de faible densité : pierre poreuse naturelle, bois et torchis.

Le panel restreint

Bâtiment											
Date de construction	1918	1898	18 ^{ème} s.	1755	17 ^{ème} s.	1870	17 ^{ème} s.	17 ^{ème} s.	15 ^{ème} s.	1789	2003
T° moy séjour (en période d'occupation hivernale)	19,8 °C	20,2 °C	18,2 °C	18 °C	19,7 °C	22 °C	19,2 °C	19 °C	18 °C	17,5 °C	22 °C
Sources d'énergie	Chaudière individuelle gaz	Chaudière individuelle fuel	Chaudière individuelle gaz	Chaudière individuelle fuel	Chaudière individuelle gaz	Chauffage électrique + poêle bois	Chaudière individuelle gaz + chem. bois	Chaudière individuelle gaz + chem. bois	Chaudière individuelle fuel+ chem. bois	Chaudière individuelle fuel+ chem. bois	Chaudière collective gaz
Consommation réelle exprimée en kWh ep/ m².an (chauffage + ECS)	110	112	160	107	205	127	120	187	183	162	110
Classification DPE correspondante	C	C	D	C	D	D	C	D	D	D	C



Présentation du projet BATAN

- Les objectifs et l'organisation générale du projet
- La constitution d'une typologie thermique du bâti ancien
- **L'étude du comportement thermique réel du bâti ancien**
- L'élaboration des modèles BATAN
- Conclusions et perspectives

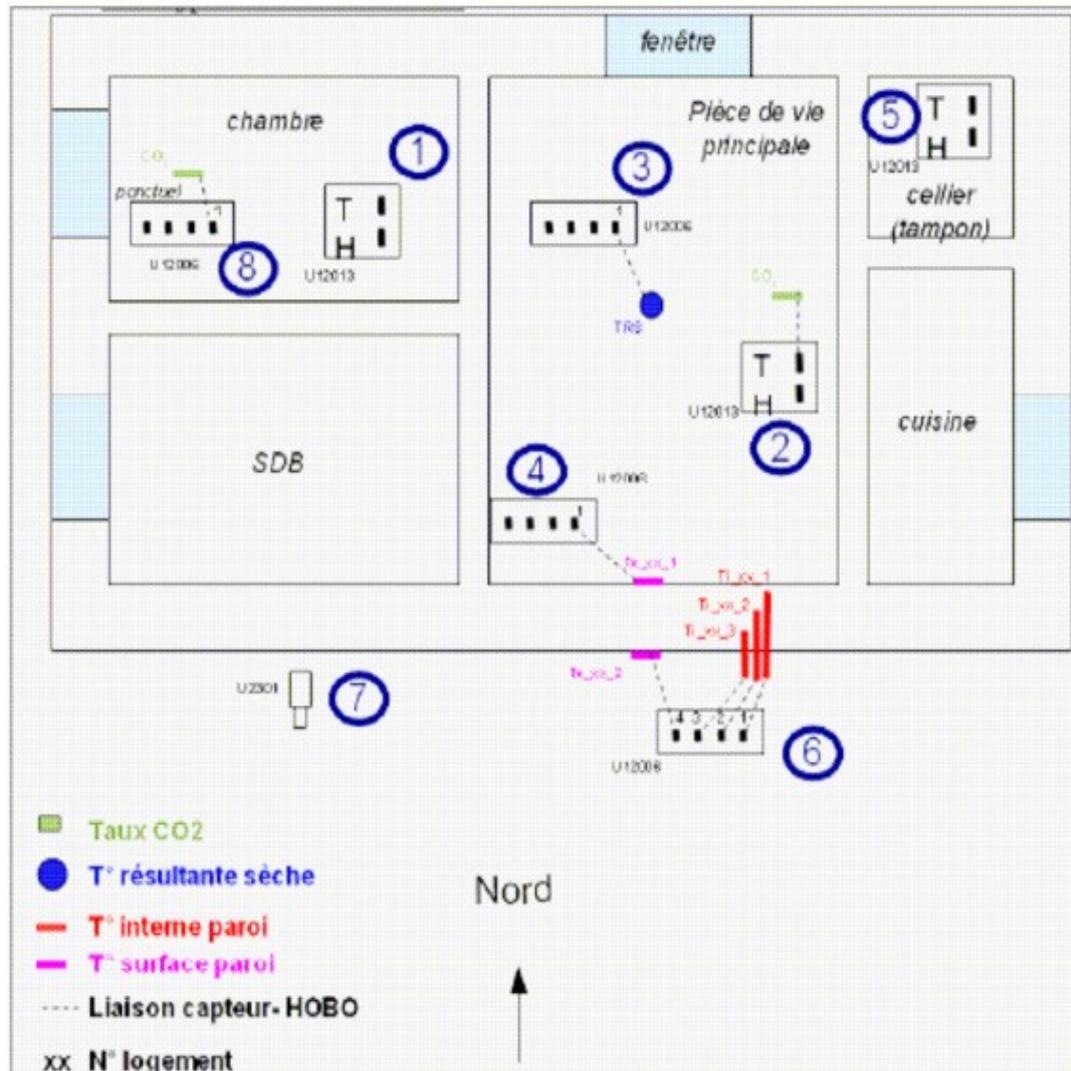
Principes du suivi instrumenté

- Une évaluation in situ des consommations thermiques, du climat extérieur, du confort intérieur, de l'usage...



Principes du suivi instrumenté

- Une évaluation in situ des consommations thermiques, du climat extérieur, du confort intérieur, de l'usage...

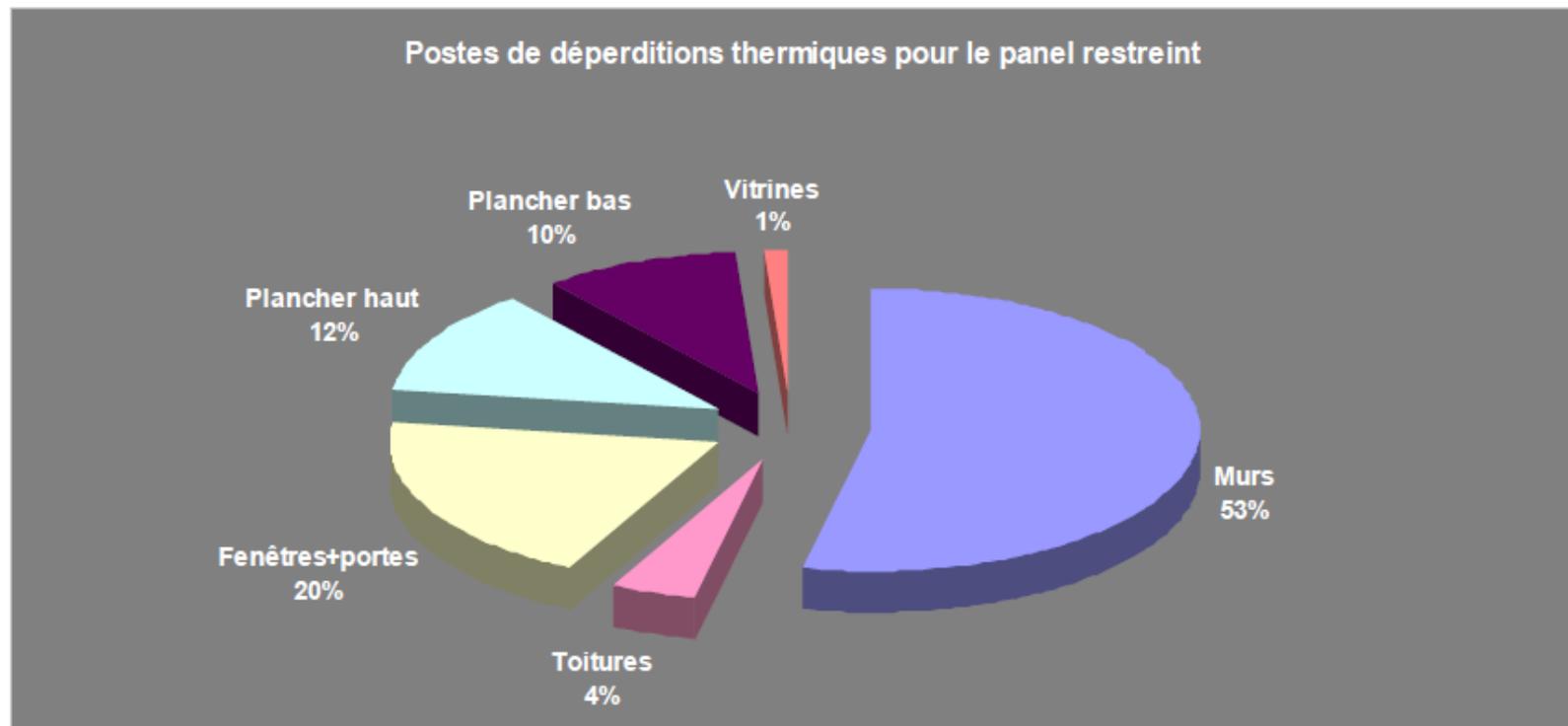


Plan d'instrumentation type d'un logement

Au total : plus d'une vingtaine de points de mesure, selon un pas de temps horaire

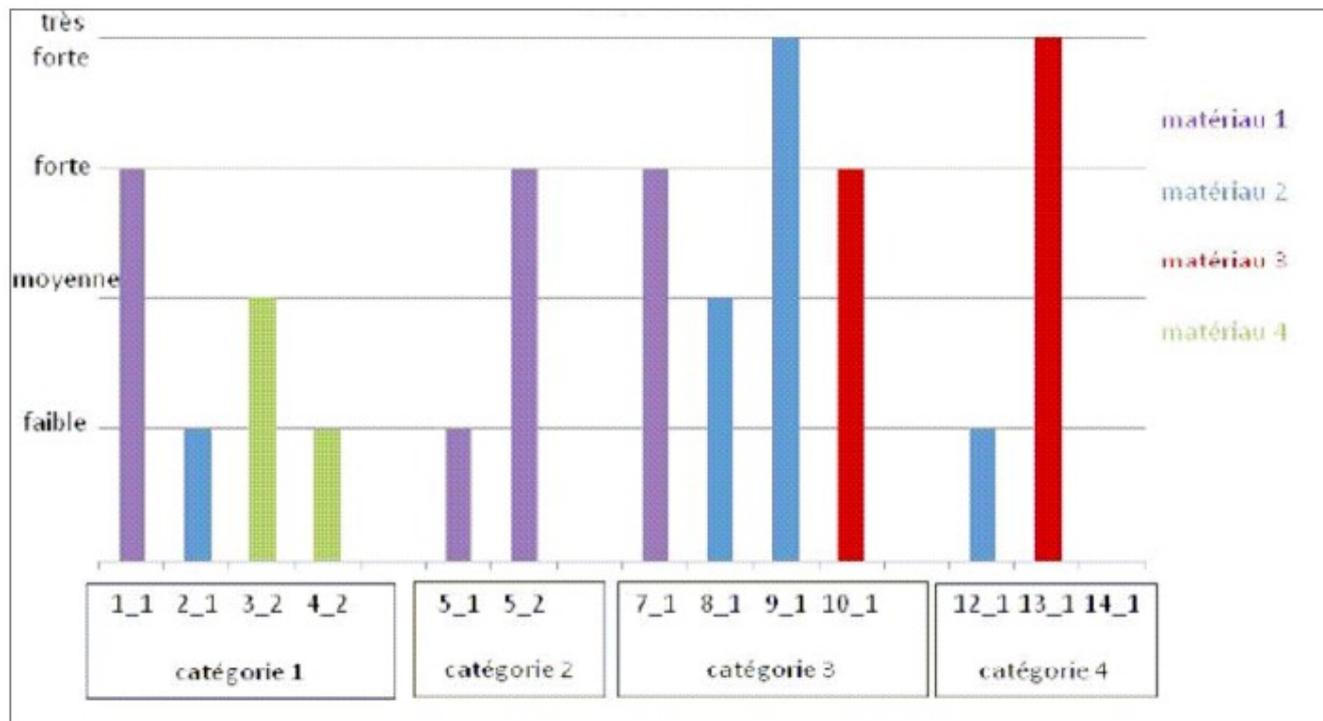
Les déperditions thermiques par l'enveloppe

- **Répartition très variable** selon les configurations rencontrées (mitoyenneté, taux de surface vitrée,...)
 - En moyenne sur le **panel restreint**, les murs représentent le premier poste de déperditions



La perméabilité à l'air des bâtiments anciens

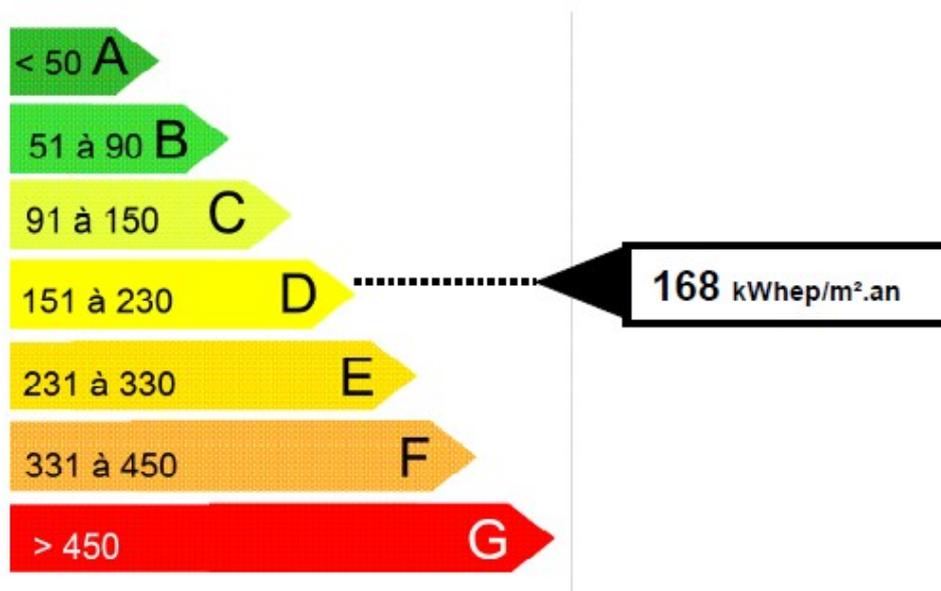
- Une perméabilité à l'air très forte (**Q4 = 2,5 m³/h.m²** en moyenne sur les logements suivis)
 - Qui a une influence importante sur les besoins de chauffage ...
 - Mais aussi vecteur de la ventilation hygiénique !



Influence des déperditions liées à la perméabilité à l'air sur les besoins de chauffage

Les consommations réelles des bâtiments

- La moyenne des consommations thermiques des logements suivis (collectifs et MI) est de **168 kWhep/m².an**



Ces valeurs mesurées viennent confirmer les relevés faits lors de campagnes et études antérieures.

Les propriétés des matériaux

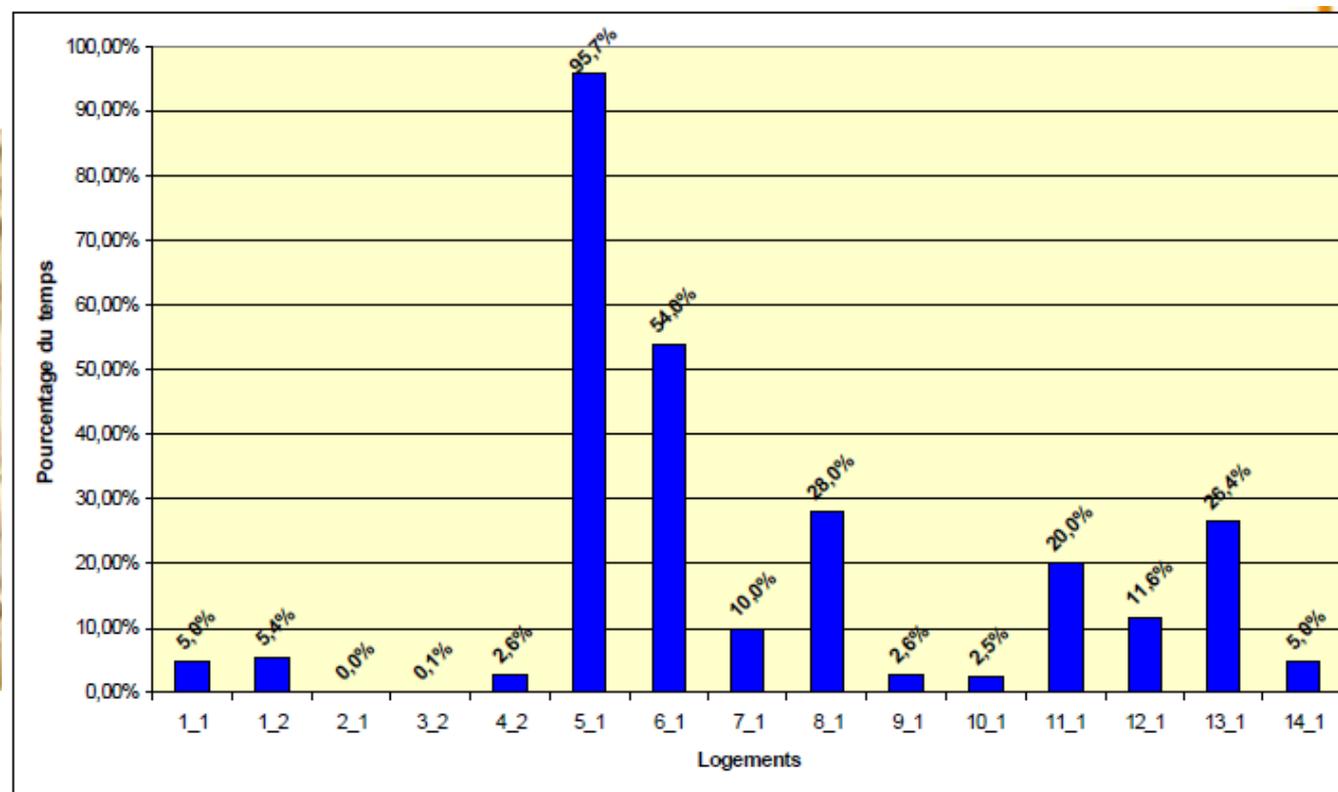
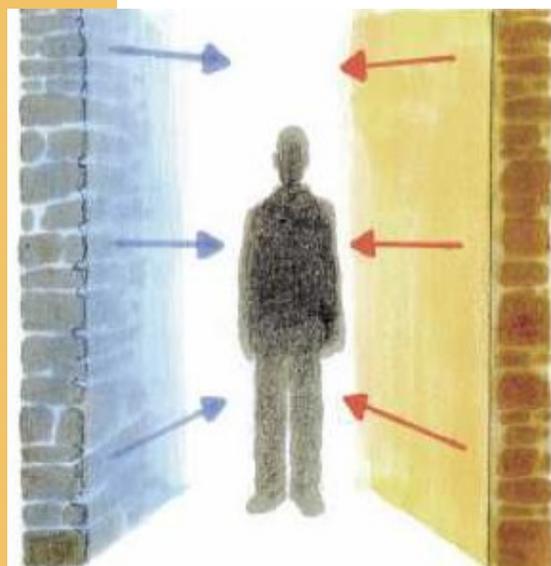
- Une forte variabilité des propriétés thermiques dans le temps (fonction principalement de l'humidité des matériaux)

Différencier Lambda été et Lambda hiver

Id Bat	Matériaux	BATAN			
		Lambda (W/mK)		Rho°C (10 ⁶) (J/m ³ K)	
		Min	Max	Min	Max
1.1	Moellons et pierre brute	1.75	2.25	2.00	2.60
1.2	Moellons et pierre brute	2.00	2.50	2.00	2.60
2	Calcaire tendre	0.50	0.75	1.50	2.70
3.1	Torchi	Pas de mesure			
3.2	Torchi	0.10	0.60	1.10	1.90
4.1	Torchi	Pas de mesure			
4.2	Torchi	0.50	1.00	1.00	1.80
5.1	Pierre calcaire extra-dure	2.50	3.75	1.40	2.90
5.2	Pierre calcaire extra-dure	0.75	2.25	0.30	1.50
6.1	Brique terre cuite et pierre	1.25	2.00	0.30	2.70
7	Pierre granite				
8.1	Calcaire tendre	0.34	1.09	0.10	0.60
8.2	Calcaire tendre	Pas de mesure			
9	Brique cuite	0.50	0.75	0.80	1.50
10	Pisé terre crue	0.75	1.75	1.30	4.20
11	Calcaire	1.50	2.75	0.50	1.90
12	Calcaire tendre	0.45	1.20	1.00	3.00
13	Brique terre crue	2.34	2.84	0.70	1.60
14	Torchi	0.10	1.00	0.50	1.90

Le confort d'hiver

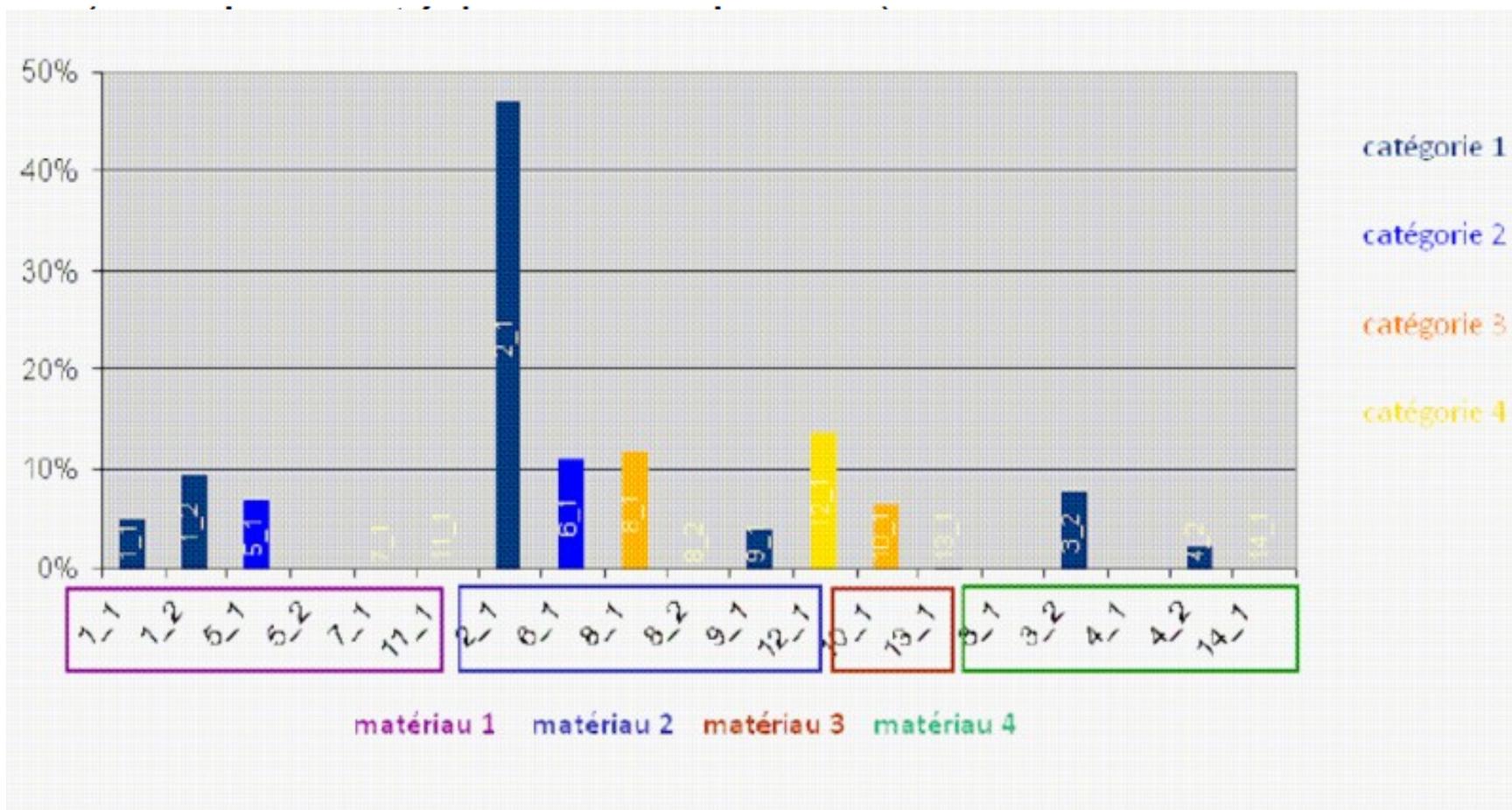
- Taux de satisfaction (“globalement confortable”) de 80%.
- Effet de paroi froide noté sur certains bâtiments (matériaux denses, à forte effusivité).



Pourcentage du temps (en hiver) où l'écart de température ($T_{airint} - T_{paroi}$) dépasse 5°C

Le confort d'été

- Taux de satisfaction (“globalement confortable”) de 97%.
- Température intérieure dépassant rarement les 26°C



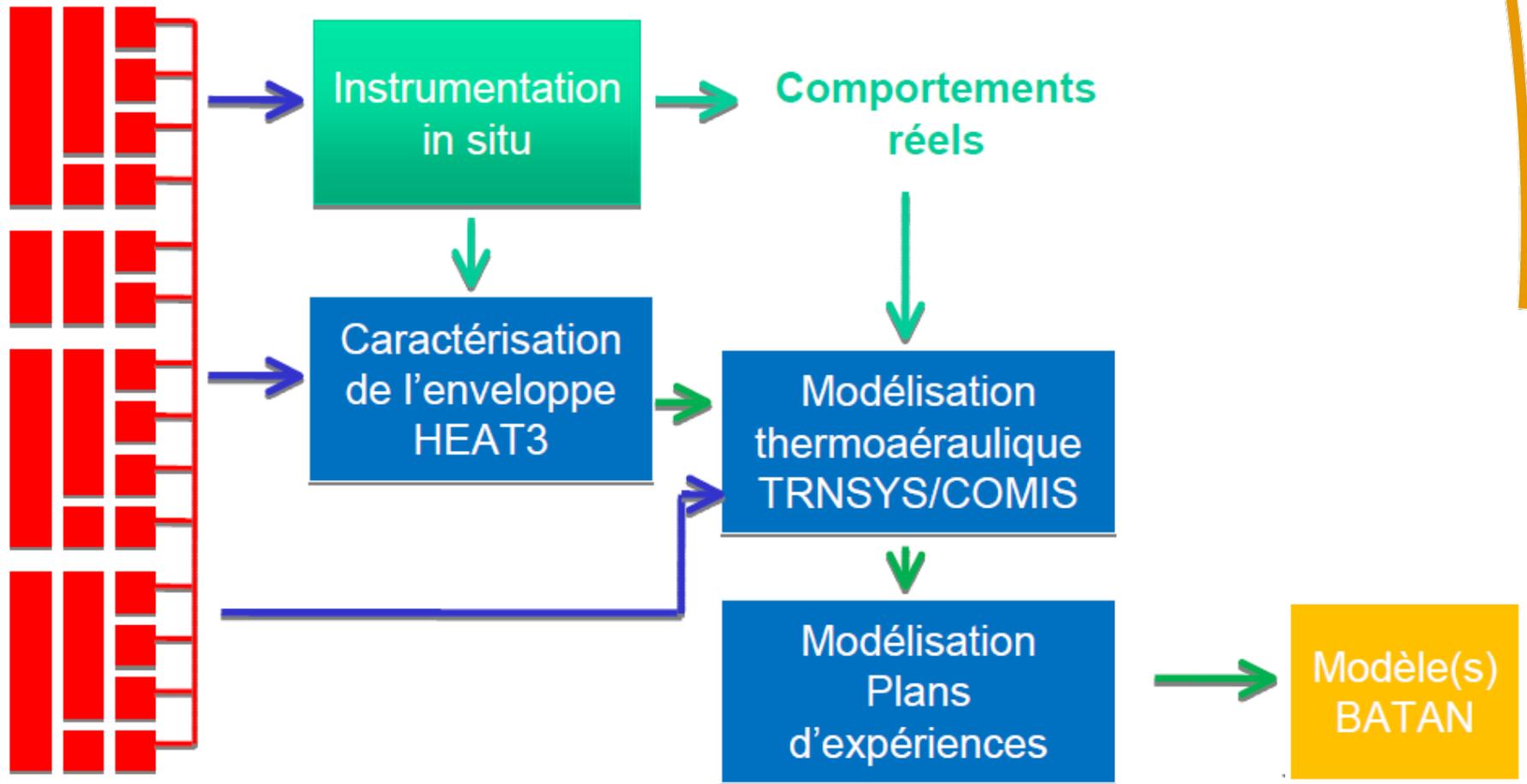
Pourcentage du temps (en été) où la température intérieure dépasse 26°C

Présentation du projet BATAN

- Les objectifs et l'organisation générale du projet
- La constitution d'une typologie thermique du bâti ancien
- L'étude du comportement thermique réel du bâti ancien
- **L'élaboration des modèles BATAN**
- Conclusions et perspectives

Élaboration du modèle

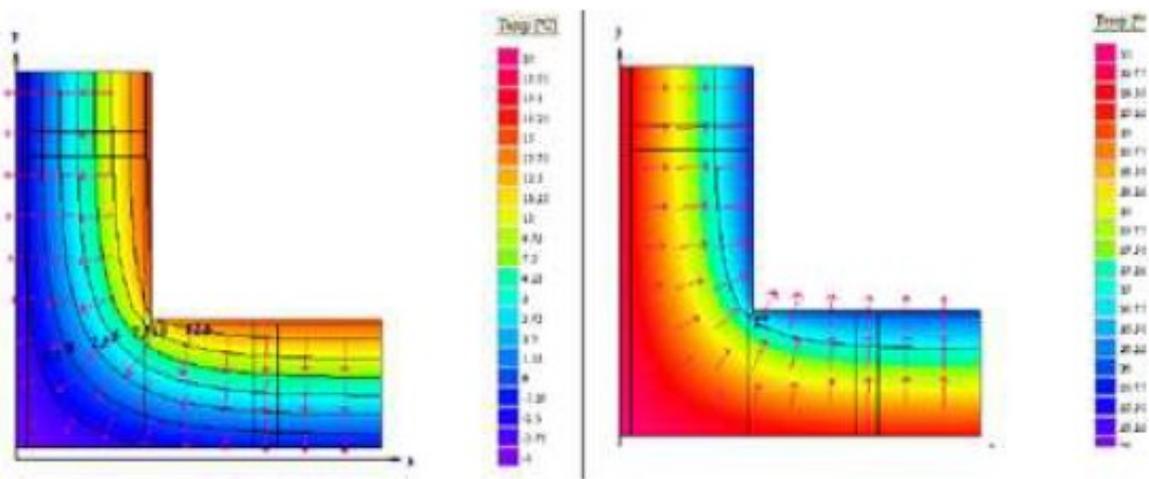
Etudes typologiques



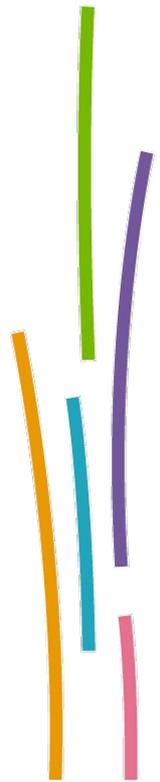
Modélisation thermique HEAT 3



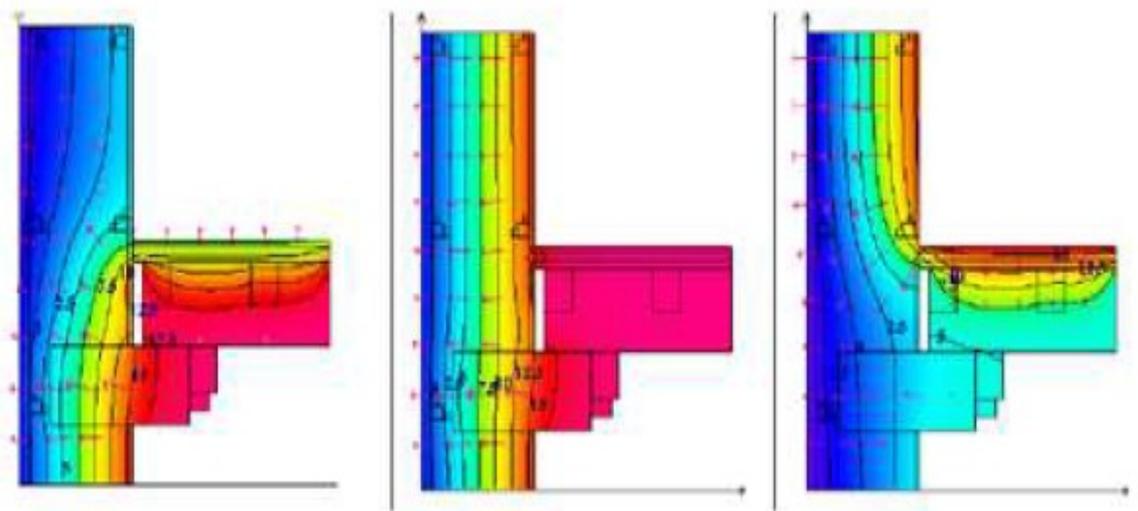
Exemples de résultats



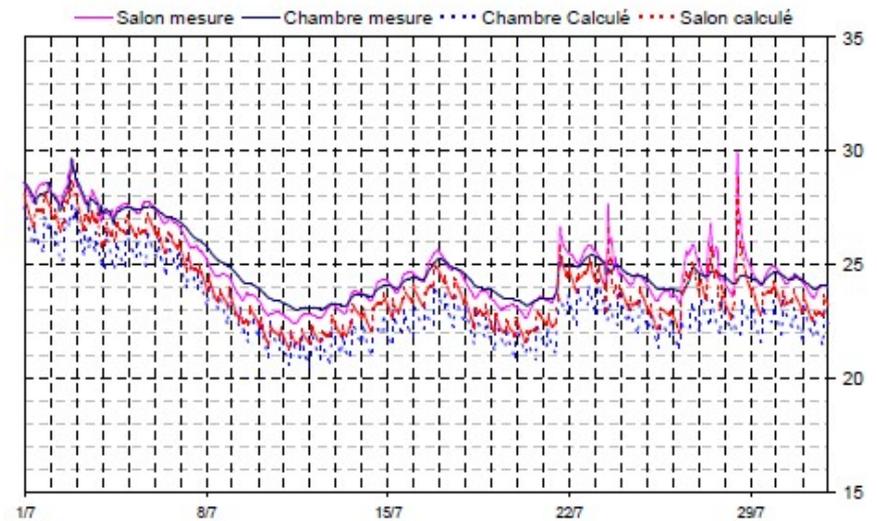
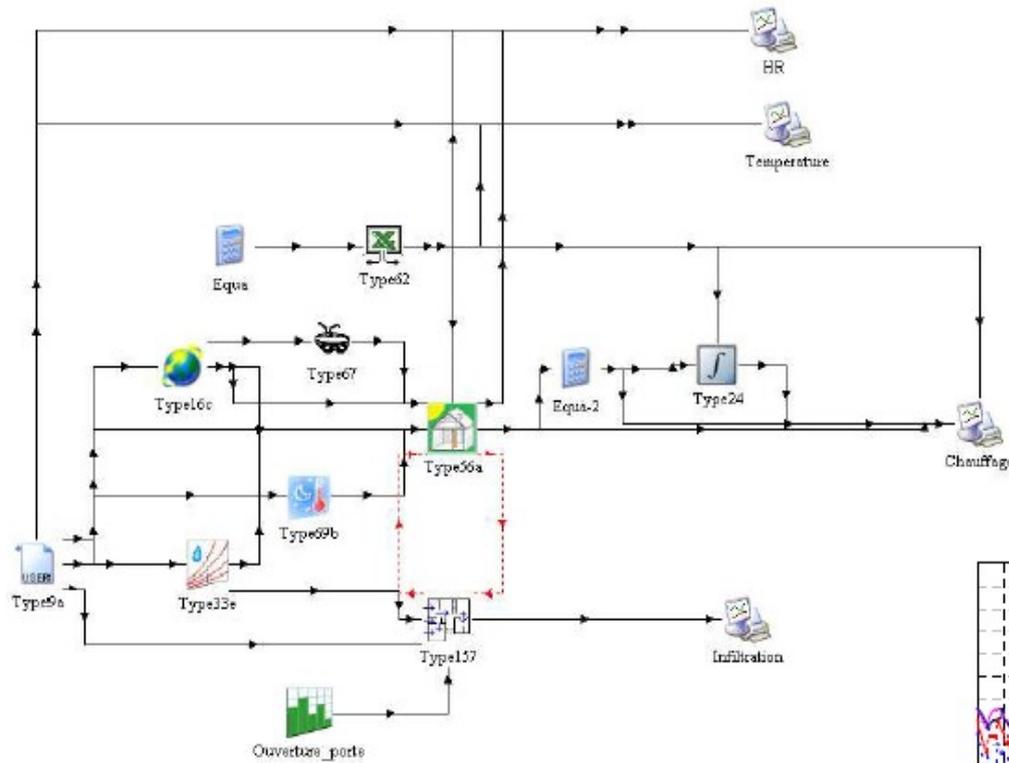
Angle en pisé avec lits de chaux



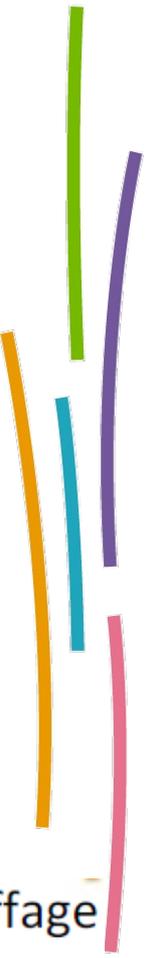
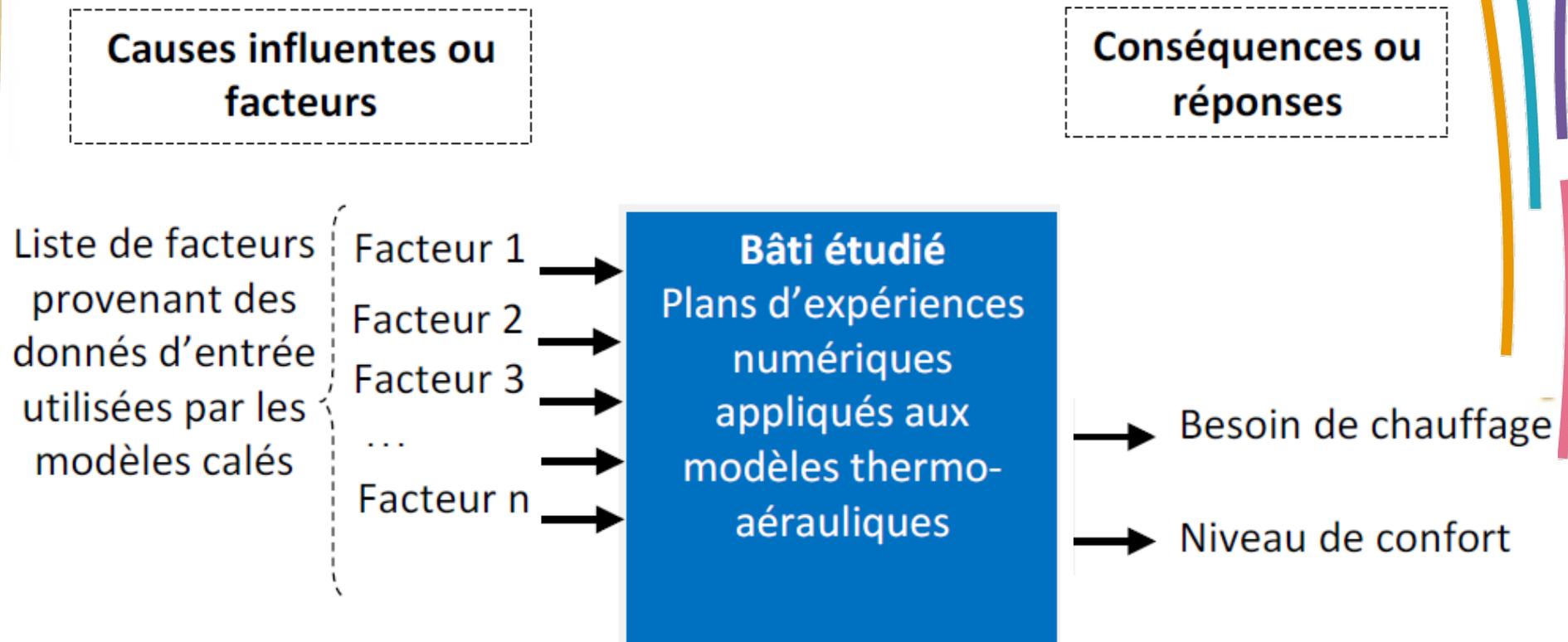
Poutre posée sur un corbeau de pierre calcaire



Modélisation dynamique thermoaérolitique TRNSYS/COMIS



Modélisation par les plans d'expériences



Formalisation des modèles BATAN

BATAN : Modèle P6

Type correspondant

Spécimen	Correspondance dans la typologie BATAN		
	Implantation	Mode constructif	Matériau
	II (Ilot haussmannien)	A (Très lourd)	2 (Briques de terre cuite)

Pour plus de détails et d'explications sur le spécimen étudié et ses caractéristiques, se reporter au rapport complet de la Tâche 2 du projet BATAN.

Modèle correspondant

$$Y = a_0 + \sum_{i=1}^{i=12} a_i \cdot X_i + \sum_{i=1}^{i=12} \sum_{j=1}^{j=12} b_{ij} \cdot X_i \cdot X_j$$

Exemple d'un modèle hiver

Paramètres	Unité de mesure		Min	Max
Conductivité	[W/(m °C)]	1,9	1,27	2,02
Capacité Thermique	[J/°C]	215216290	150150900	280281680
Infiltration	[m³/(h.m²)]	0,6	0	3,1
Occupation	[Wh/m²]	4	0	10
S/V	[m²/m³]	0,19873996	0,14905497	0,24842495
SU	[W/°C]	155,96	124	161
Sv Nord	[m²]	4,788	0	35
Sv autre	[m²]	15,0075	0	70
Temp. Ext.	[°C]	1500	0	4000
Radiation	[J/m²]	1380000000	273821400	2738214000
Etage	[-]	3	0	3
		Besoins de chauffage		
		[kWh/m² .an]		
		82		



Exemple d'un modèle été

Paramètres	Unité de mesure		Min	Max
Conductivité	[W/(m °C)]	1,9	1,27	2,02
Capacité Thermique	[J/°C]	215216290	150150900	280281680
Infiltration	[m³/(h.m²)]	0,6	0	3,1
Occupation	[Wh/m²]	4	0	10
S/V	[m²/m³]	0,19873996	0,14905497	0,24842495
SU	[W/°C]	155,96	124	161
Sv Nord	[m²]	4,788	0	35
Sv autre	[m²]	15,0075	0	70
Temp.Ext.	[°C]	431	0	1400
Radiation	[J/m²]	1380000000	273821400	2738214000
Ventilation nocturne	[-]	2	0	3
		Inconfort		
		[h]		
		43		



Évaluation des résultats

Panel restreint	Ville	Mesures (kWh/m ²)	TRNSYS/COMIS (kWh/m ²)	BATAN (kWh/m ²)
1	Bayonne	23	26	19
2	Bollène	92	85	87
4	Bayonne	1.6	1.9	2
5	Paris	74	78	75
6	Paris	87	91	82

Présentation du projet BATAN

- Les objectifs et l'organisation générale du projet
- La constitution d'une typologie thermique du bâti ancien
- L'étude du comportement thermique réel du bâti ancien
- L'élaboration des modèles BATAN
- **Conclusions et perspectives**

Comportement du bâti ancien

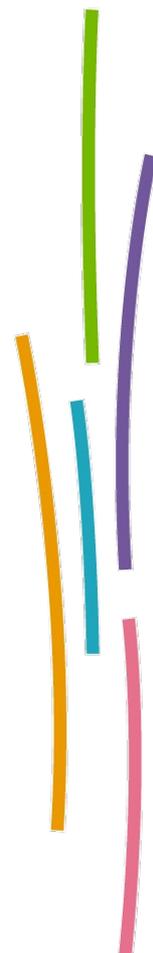
- Mise en évidence, par les mesures in situ des propriétés suivantes :
 - Consommation moyenne inférieure à celle du parc existant
 - Confort d'été
 - Forte perméabilité à l'air
 - Variabilité des propriétés thermiques en fonction de l'humidité
- Une importante base de données récoltées, à exploiter



Les modèles BATAN

- Première validation interne, effectuée dans le cadre du projet, sur un panel élargi (environ 40 logements) :

N° du modèle	Typologie	Nombre de bâtiments du panel élargi testé	Ecart entre les résultats et les mesures
1	I-B-1	6	2 et 25% soit 1 à 17kWh/m ²
2	I-B-2	3	1 et 41% soit 1 à 31 kWh/m ²
3	I-C-4	2	42 et 51% soit 30 à 39kWh/m ²
4	I-C-4	2	71 à 85% soit 54 à 61 kWh/m ²
5	II-A-1	3	0 à 57% soit 0 à 31 kWh/m ²
6	II-A-2	1	18 à 33 et % soit 25 à 26kWh/m ²
8	III-A-2	5	16 et 57% soit 21 à 47kWh/m ²
9	III-A-2	1	74% soit 54 kWh/m ²
11	IV-A-1	6	18 et 54% soit 5 à 68 kWh/m ²
12	IV-B-2	4	8 et 30% soit 15 à 40 kWh/m ²



Les modèles BATAN

- Première validation interne, effectuée dans le cadre du projet, sur un panel élargi (environ 40 logements) :
 - Résultats satisfaisants pour les immeubles haussmanniens;
 - Problèmes rencontrés quant aux domaines de validité des modèles (adéquation “typologie – modèle” à affiner);
 - Une validation à étendre de manière plus large et exhaustive.



Retombées et perspectives

- Travail à approfondir, notamment sur :
 - La caractérisation des matériaux anciens, via des mesures en laboratoire et in situ (conductivité, résistance à la vapeur d'eau, hygroscopicité,...)
 - Le comportement hygrothermique (transferts couplés) des systèmes constructifs traditionnels
 - La modélisation et l'optimisation multicritère des solutions de réhabilitation du bâti ancien
- Évolution du modèle de calcul réglementaire TH-CE ex.



D'autres projets...

- Le projet ATHEBA (Amélioration THERmique des Bâtiments Ancien)
 - Information et formation
 - Réalisation de fiches pratiques

- HUMIBATEX
 - Risques liés à l'humidité dans les projets de rénovation

- ...

