

Les outils du diagnostic énergétique



Les différents outils du diagnostic énergétique

- Simulation thermique
- Factures + Enquêtes occupant
- Mesures de T° , de consommations
- Caméra Infrarouge
- Test d'étanchéité à l'air
- Divers logiciels ENR

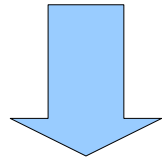


Objectifs de l'audit

Compréhension du comportement thermique de chaque bâtiment (avec analyse des points forts/faibles de l'enveloppe...)

+ Analyse du confort thermique (points forts/faibles, été/hiver)

= Propositions de réhabilitations chiffrées et adaptées au bâti ancien



- **Simulation thermique dynamique**
- Entretien avec les occupants
- Mesures de T° , de consommations
- Caméra Infrarouge



Les logiciels de simulation thermique des bâtiments

Il existe plusieurs types de logiciel de simulation thermique :

- Logiciel pour le calcul réglementaire:

- Vérifie la conformité d'un bâtiment neuf à la RT2005 ou d'une rénovation de bâtiment construit après 1948 (RT existant).
- Moteur de calcul est conçu par le CSTB (Interface privée, Perrenoud, Climawin...)

- Logiciel de simulation thermique dynamique:

- Logiciels développés par des entreprises privées.
- Modélisation du bâtiment et de son environnement

(*DPE : Diagnostic de Performance Energétique)



Principe de la simulation thermique dynamique

- On prend en compte à chaque instant la réaction du bâtiment face aux sollicitations thermiques extérieures (apports externes), ou intérieures (apports internes).
- On considère le bâtiment comme « vivant », interagissant avec son environnement → Définition de son comportement thermique
- Modélisation fine du bâtiment et de son environnement



Avantages de la simulation thermique dynamique

- Prise en compte de l'inertie thermique du bâtiment (capacité des murs à stocker et déstocker de l'énergie).
- Les consommations simulées sont proches des consommations réelles.
- Calcul du comportement thermique heure par heure.
- Représentation du confort d'été, des besoins de chauffage réels...
- Les apports gratuits du soleil en hiver sont modélisables donc optimisables.



Avantages de la simulation thermique dynamique

- On obtient le détail des pertes de l'enveloppe et les consommations par système (ventilation, chauffage, refroidissement...).
- Ils permettent de s'affranchir de l'inconnue concernant l'occupation, pour se concentrer plutôt sur l'étude du bâti.
- Ils permettent l'étude du confort d'été et mi-saison (Températures atteintes après une semaine chaude...)
- Certains logiciels permettent le calcul de l'énergie grise et de l'impact environnemental du bâtiment.

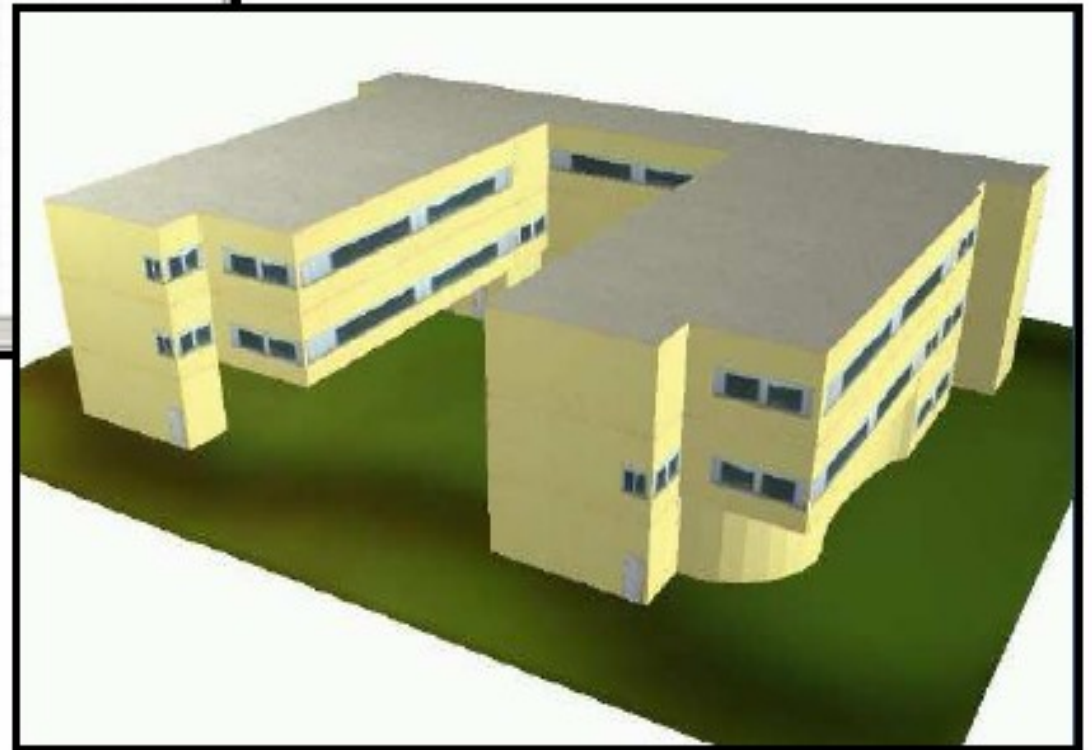
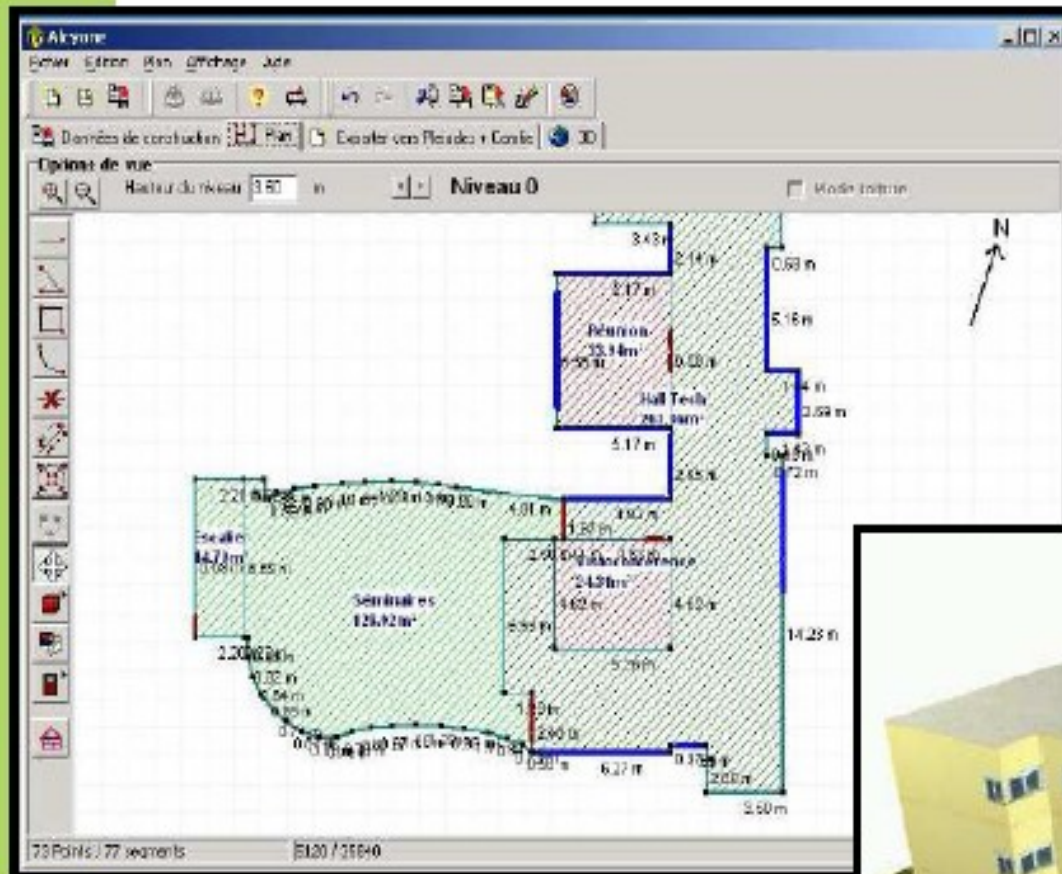


Comment fonctionne un tel logiciel?

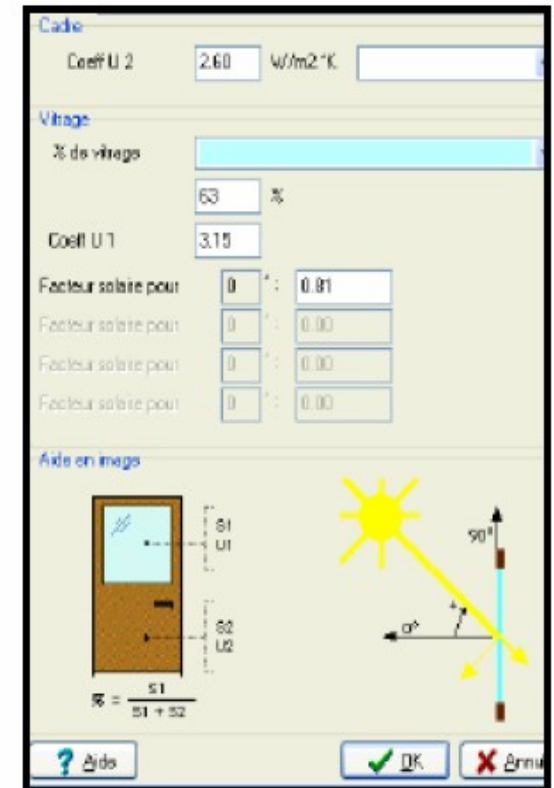
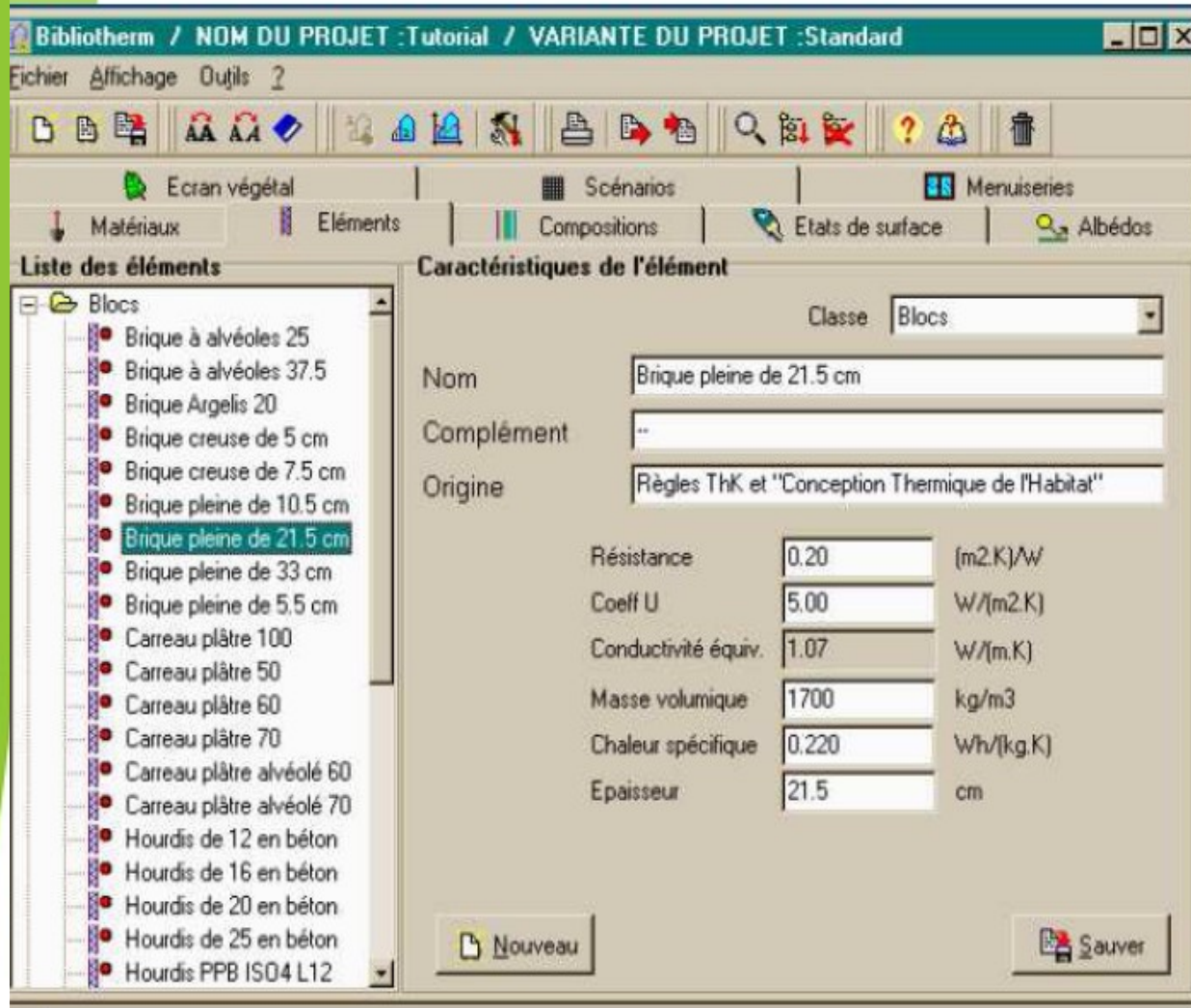
- On rentre la géométrie du projet de bâtiment.
- On décrit très précisément les propriétés thermiques des matériaux de l'enveloppe.
- On décrit fidèlement l'environnement extérieur (climat, masques solaires...)
- On renseigne les scénarios de ventilation et d'occupation envisagés.
- On lance les calculs sur la période voulue.



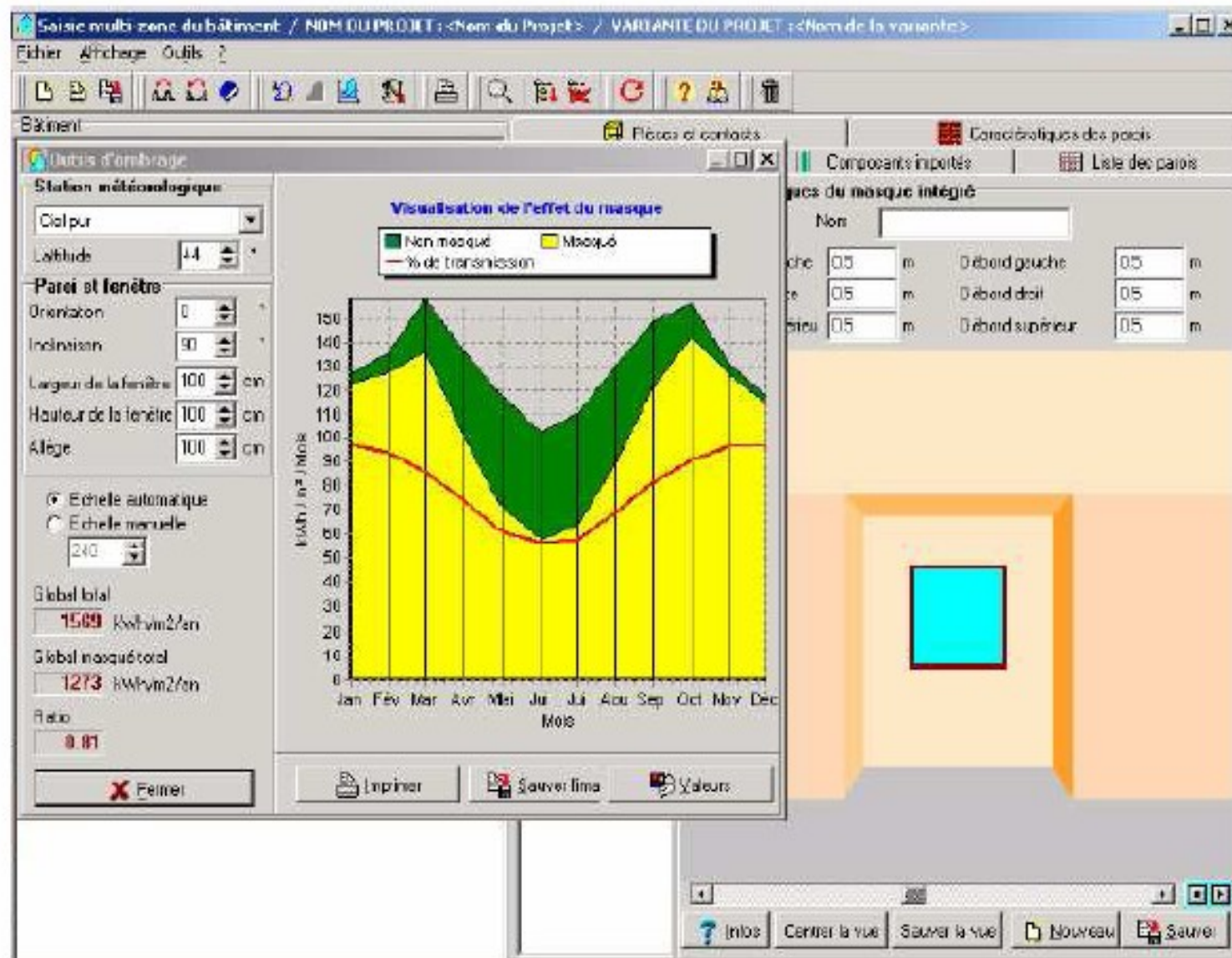
On rentre la géométrie du projet de bâtiment



On décrit les propriétés thermique de l'enveloppe



On décrit le climat et les masques solaires



On indique les scénarios d'occupation, ventilation, chauffage...

Fichier Affichage Outils Aide

Abédo Ecran végétal Equipement

Matériaux Eléments Compositions Menuiseries Scénarios Etats de surface

Liste des scénarios

- % d'occultation
- % d'occupation
 - Bureau 1 pers
 - Bureau 4 pers
 - C5z occ chambre
 - C5z occ séjour
 - Famille standard
 - INES chambre
 - INES salon
 - Oc accueil
 - z01B locaux
 - z03 réunion 7 pers L
 - z09 L Séjour
 - z10 L Chambres

Caractéristiques du programme

Classe: % d'occupation

Nom: Bureau 4 pers

Complément:

Source:

Nombre maximum d'occupants: 4.00 Occupants

Nouveau Vers projet Sauver

%	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H							
1 H	0	0	0	0	0	0	0
2 H	0	0	0	0	0	0	0
3 H	0	0	0	0	0	0	0
4 H	0	0	0	0	0	0	0
5 H	0	0	0	0	0	0	0
6 H	0	0	0	0	0	0	0
7 H	0	0	0	0	0	0	0
8 H	0	0	0	0	0	0	0
9 H	100	100	100	100	100	0	0
10 H	100	100	100	100	100	0	0
11 H	100	100	100	100	100	0	0
12 H	100	100	100	100	100	0	0
13 H	100	100	100	100	100	0	0
14 H	100	100	100	100	100	0	0
15 H	100	100	100	100	100	0	0
16 H	100	100	100	100	100	0	0
17 H	100	100	100	100	100	0	0
18 H	100	100	100	100	100	0	0
19 H	0	0	0	0	0	0	0
20 H	0	0	0	0	0	0	0
21 H	0	0	0	0	0	0	0
22 H	0	0	0	0	0	0	0
23 H	0	0	0	0	0	0	0
24 H	0	0	0	0	0	0	0



Les différentes sorties du logiciel

- Les besoins en chauffage de chaque zone (kWh/m²)
- Les besoins en climatisation (kWh/m²)
- Les températures minimale, moyenne et maximale dans chaque zone du bâtiment
- Les courbes de température comparées entre intérieur et extérieur...

Environnement Fonctionnement Simulation **Sorties**

Liste des résultats Synthèse Graphiques Générer un rapport Description Comparateur Consommation

Résumé

Projet sélectionné : Villa C5z / 25 24 Mur cloison béton

Diagramme de Sankey Exporter vers Excel

Zones	Besoins Ch.	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
Année									
Séjour	3741 kWh	107 kWh/m ²	0 kWh	0 kWh/m ²	2735 W	-0 W	15.00 °C	20.63 °C	30.00 °C
Garage	0 kWh	0 kWh/m ²	0 kWh	0 kWh/m ²	0 W	-0 W	5.36 °C	15.66 °C	27.09 °C
Couloir	2316 kWh	273 kWh/m ²	0 kWh	0 kWh/m ²	661 W	-0 W	14.11 °C	19.13 °C	26.87 °C
Chambre Ouest	1458 kWh	156 kWh/m ²	0 kWh	0 kWh/m ²	727 W	-0 W	15.00 °C	19.92 °C	28.41 °C
Chambre Nord	1925 kWh	180 kWh/m ²	0 kWh	0 kWh/m ²	834 W	-0 W	15.00 °C	19.82 °C	27.67 °C
Total	9439 kWh	149 kWh/m ²	0 kWh		4957 W	0 W			

5



Simulation thermique dynamique

Les logiciels de simulation thermique dynamique les plus courants :

- Comfie-Pléiades (Ecole des mines, Izuba Energie; France)
- TRNSYS (Etats-Unis)
- TAS (Allemagne)
- ESP-R (Université de Glasgow)
- EnergyPlus (département américain de l'Energie)
- Codyba/Codyrun (INSA, France)
- IDA-ICE



Factures occupants

- Cet outil représente le lien du bureau d'étude avec les cas réels.
- L'utilisation des factures énergétiques permet :
 - De vérifier la pertinence des simulations effectuées par logiciel
 - De repérer des dysfonctionnements



Analyse des factures et enquête occupants

- L'analyse des factures doit être couplée à une étude des habitudes énergétiques des occupants. Étude menée sur le terrain par le bureau d'étude par questionnaire et/ou par entretien.
- Cette analyse peut déboucher sur une action de sensibilisation adressée aux utilisateurs et/ou gestionnaires du bâtiment.



Capteurs de températures et de consommations

- Principe : Évaluer en continu les conditions de confort intérieur, les conditions climatiques internes et externes, dans le cadre d'un suivi global du bâtiment (suivi des consommations,...)
- Intérêts:
 - Aider à comprendre le comportement thermique des bâtiments.
 - Mesurer l'isolation d'une paroi à composition inconnue, information indispensable pour un bilan thermique correct
 - Contrôler les performances d'un bâtiment avant et après réhabilitation.



Capteurs de températures et de consommations

Mise en oeuvre:

Mesures du contexte climatique local (température, humidité relative de l'air), pose d'une station météo locale.

Mesures du climat intérieur (température, hygrométrie) dans les pièces représentatives de l'usage du bâtiment:

- Selon l'orientation
- Selon l'occupation
- Évaluation du confort des occupants

A coupler avec un dispositif de suivi des consommations:

- Enregistreur sur le compteur gaz.
- Pincés ampère-métriques sur le tableau électrique.



Capteurs de températures et de consommations

- Représente des coûts en matériel, à quoi s'ajoute l'analyse des données.
- Outil qui n'est pas indispensable lors de la phase d'audit à cette échelle d'étude (patrimoine).



Capteurs de températures et de consommations



La thermographie par caméra infrarouge

Principe : Tout corps émet de la chaleur par rayonnement thermique. La caméra capte le rayonnement émis par les parois et permet d'afficher une image correspondant aux températures en différents points de la scène visée.

- Permet d'affiner la connaissance du comportement thermique des parois.
- Rend visible les faiblesses thermiques de l'enveloppe (ponts thermiques, défauts d'étanchéité à l'air...)
- Cet outil est destiné à une analyse qualitative (pas de possibilité de Calculs).



La thermographie par caméra infrarouge

- L'interprétation des images observée est très complexe, peu de bureaux d'études possèdent pour l'instant une réelle qualification en la matière.
- La caméra permet d'obtenir des images parlantes (à prendre avec des pincettes) mais reste facultative dans l'étude de l'enveloppe.
- Le gradient de température intérieur/extérieur doit être au minimum de 10 degrés.



La thermographie par caméra infrarouge



mauvaise isolation

Exemple de thermogramme:

- Instantané
- Échelle des couleurs



La thermographie par caméra infrarouge



Depuis l'extérieur

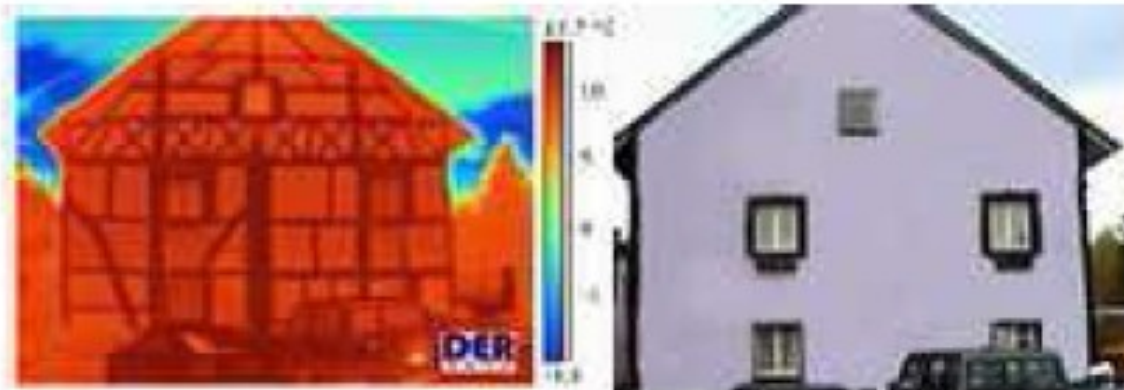
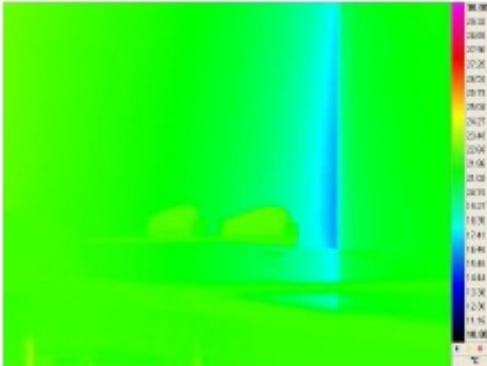
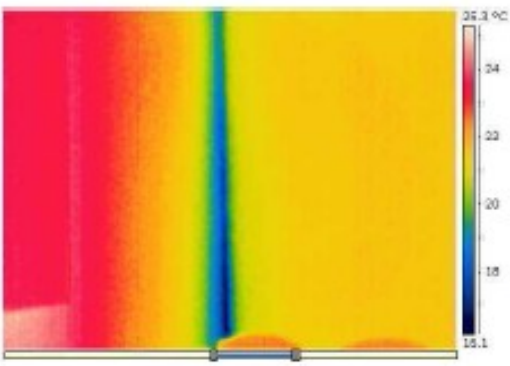
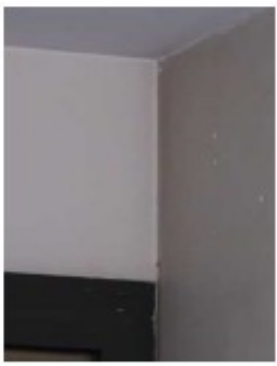
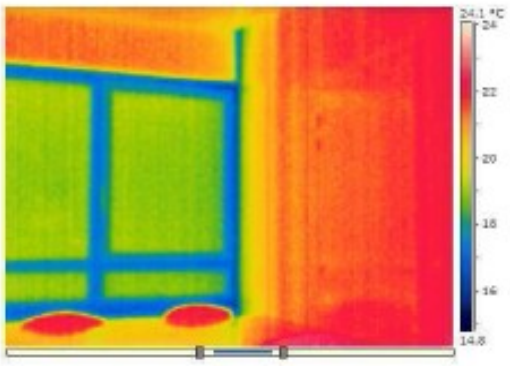


Figure 4.10 : détection de colombage d'une maison alsacienne (source DER)



La thermographie par caméra infrarouge

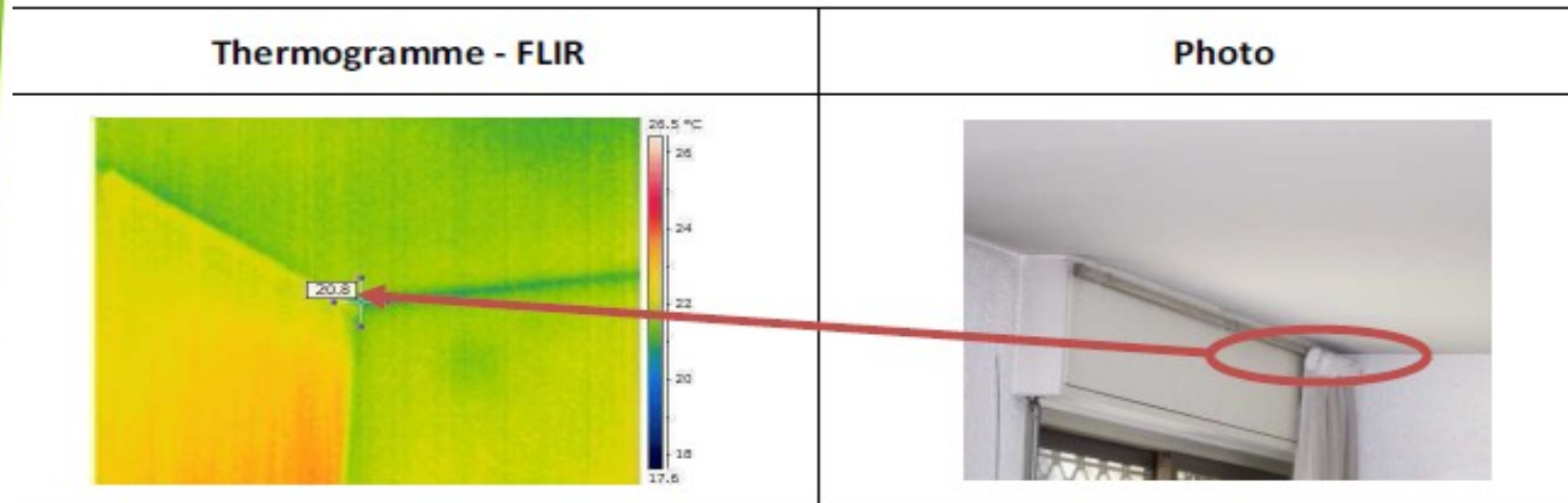
Depuis l'intérieur

Thermogramme – Cedip	Photo	Thermogramme - FLIR
		
Fuite d'air		
		
Fuite d'air et pont thermique entre les façades et le plancher haut		

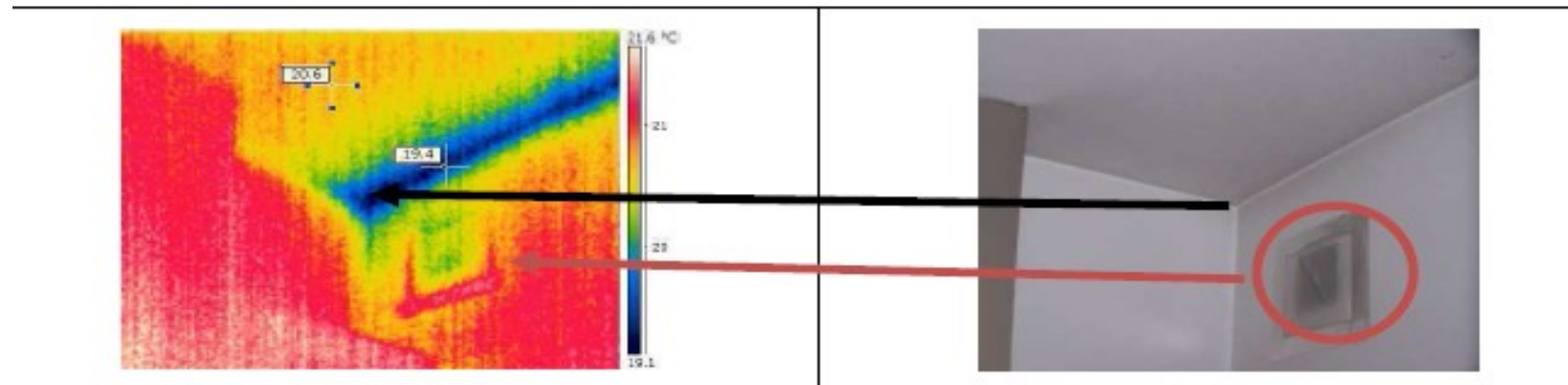


La thermographie par caméra infrarouge : ponts thermiques

Depuis l'intérieur



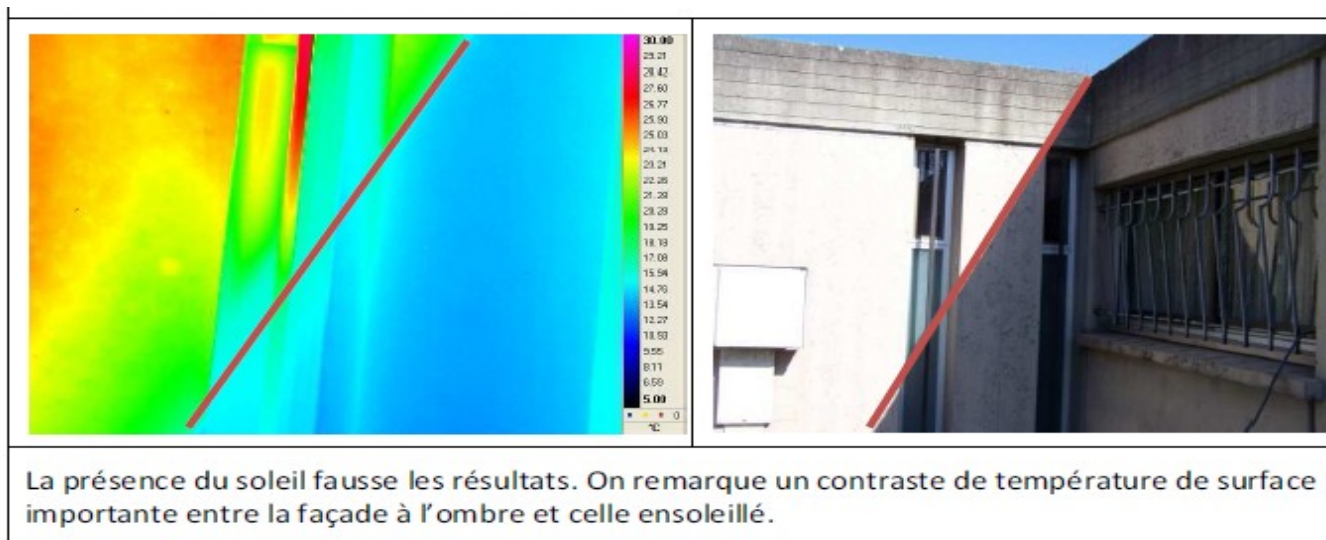
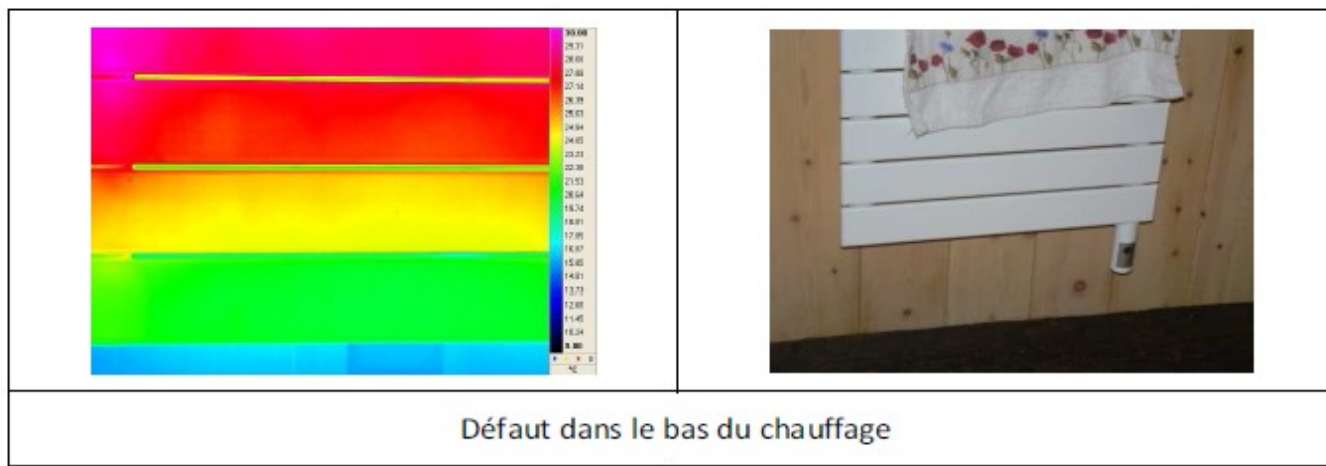
Pont thermique dans la grande pièce



Pont thermique dans la cuisine



La thermographie par caméra infrarouge



La thermographie par caméra infrarouge



Figure 4. 16 (source Institut de la Thermographie)

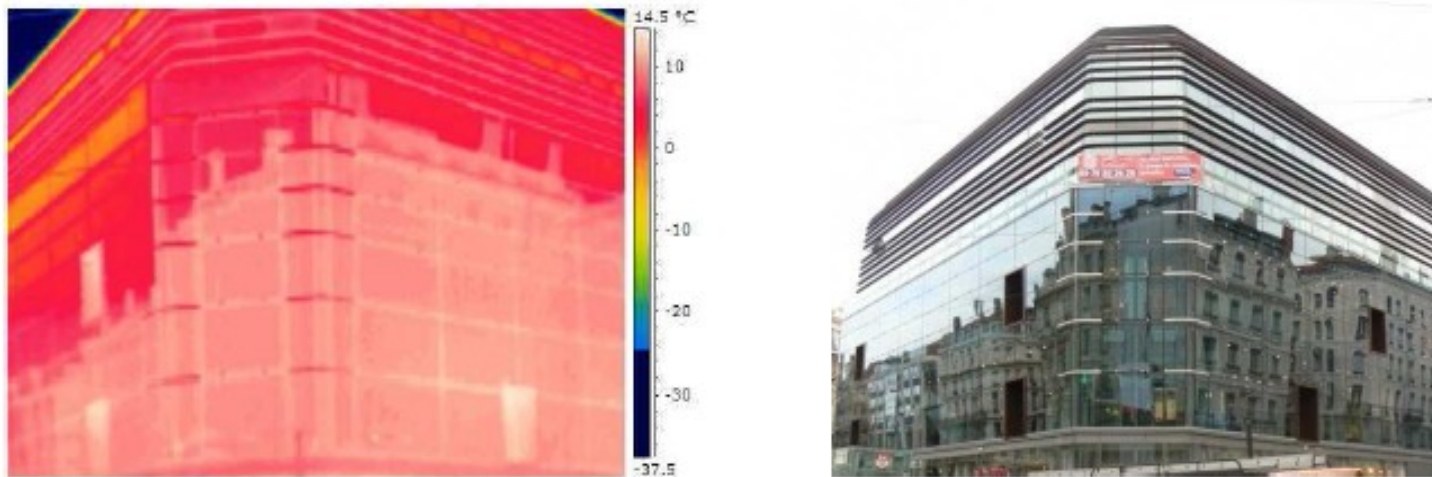
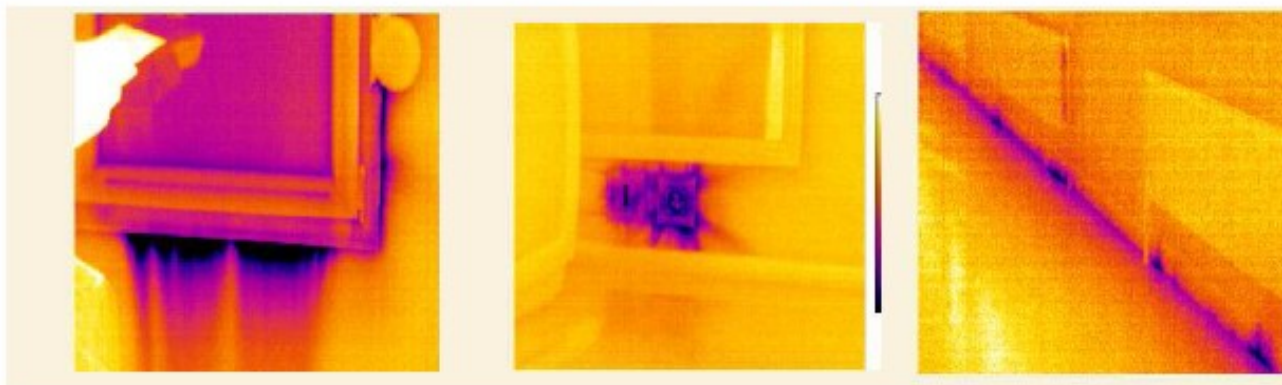
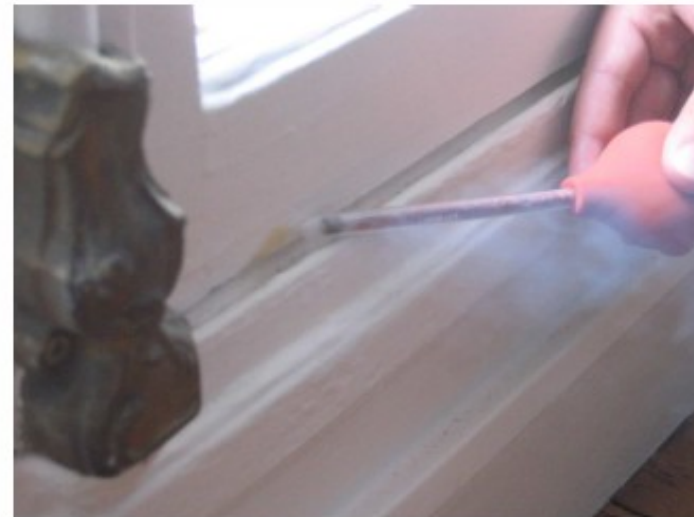


Figure 4.14 : façade double-peau – ThermaCAM



Exemples de défauts d'étanchéité à l'air



Source: CETE Est



Les logiciels de calcul ENR

Objectifs :

- Estimer le potentiel d'un site au regard de l'utilisation des énergies renouvelables (ECS solaire, géothermie, photovoltaïque, bois...)
- Dimensionner les équipements associés (chaudière, capteurs...)



Les logiciels de calcul ENR

Intérêt :

- Ces logiciels permettent de clarifier la faisabilité/utilité des ENR par rapport au bilan des consommations globales.
- Il ne doit y avoir recours aux ENR qu'après avoir préalablement réduit les consommations d'énergie du bâtiment.
- Le recours aux ENR peut être envisagé par un maître d'ouvrage souhaitant encourager le remplacement des équipements vétustes ou diminuer les émissions de CO₂ de son patrimoine.
- L'étude de recours aux ENR représente au moins 1 journée/bâtiment.
- Etude encouragée réglementairement en cas de réhabilitation lourde.



Les logiciels de calcul ENR

Principe : Le bureau d'étude étudie les données climatiques et énergétiques du site d'étude :

- Irradiation solaire
- Présence d'une nappe phréatique accessible et exploitable
- Possibilité d'approvisionnement en bois.
- Composition du sol (en vue de puits canadien)



Les logiciels de calcul ENR

Résultats :

- Il dimensionne les installations (capteurs) de manière à tirer le meilleur parti du gisement en présence (inclinaison, orientation, profondeur...) en fonction des contraintes de site.
- Il simule, en coût global, le temps de retour de cette installation, ainsi que les émissions de CO₂ évitées.
- Il explique dans une synthèse argumentée la solution à retenir selon le critère déterminant pour le maître d'ouvrage (coût, exemplarité...)



Fabien MILLAN

CETE IDF

fabien.millan@developpement-durable.gouv.fr

Emilie JEANNESSON-MANGE

CETE IDF

emilie.jeannesson-mange@developpement-durable.gouv.fr

