

# La thermique du bâtiment pour les nuls



## Approche par la méthode 3CL et calcul de DPE

31 Août 2023



## Chapitre 1 : Introduction

Chapitre 2 : Présentation de la méthode 3CL

Chapitre 3 : Cas exemple

Chapitre 4 : Perspectives



# I) Introduction

## Apport d'Énergie Partagée



Lutte contre le réchauffement climatique → économies d'énergie

Développement de projets de chaleur, en France et en IDF

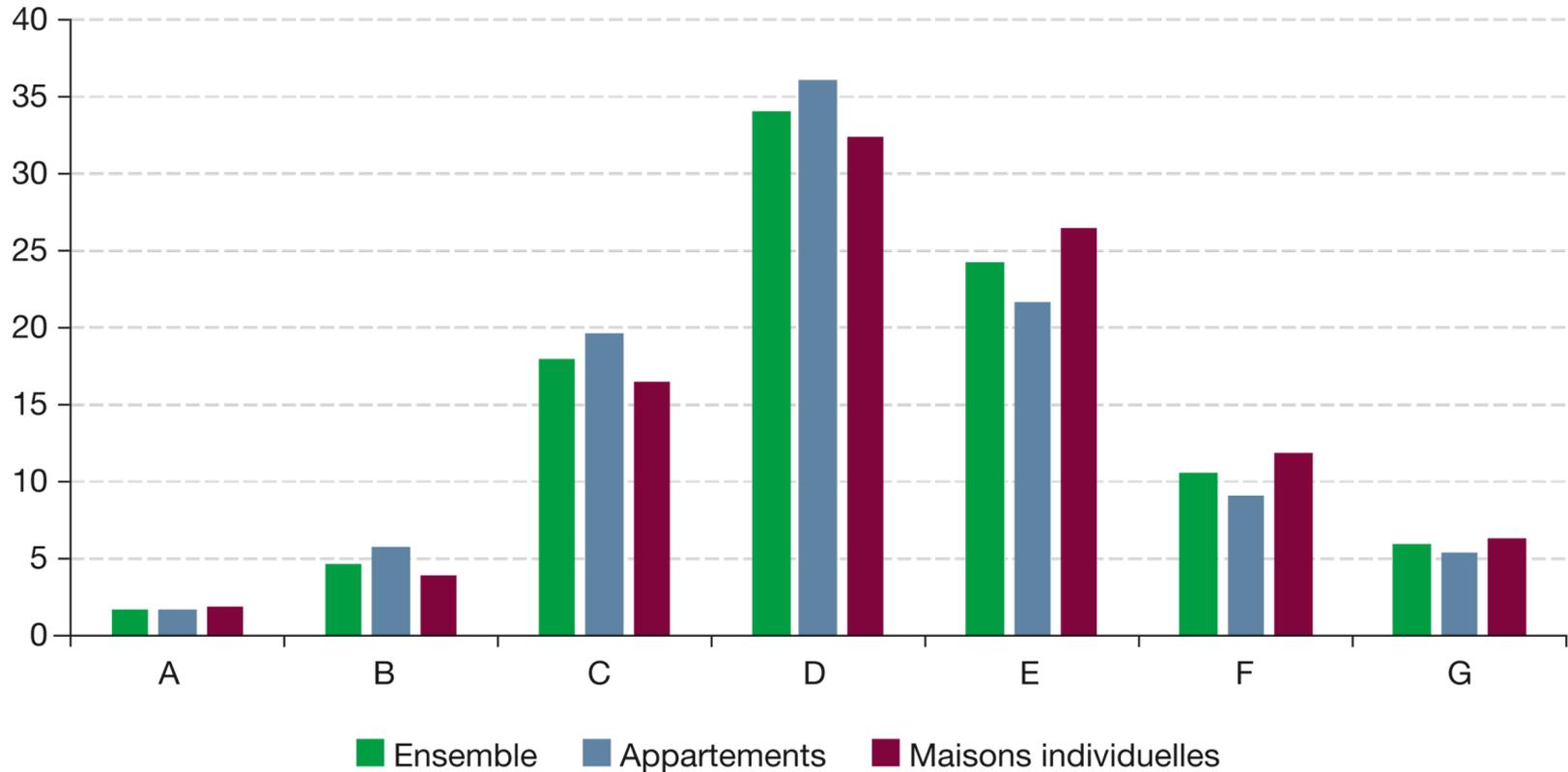


# I) Introduction

## L'impact du secteur



En pourcentage de l'ensemble du parc de résidences principales



Source : **Ministère de la Transition énergétique**, ONRE - SDES ; Insee, Fidéli ; Ademe, Observatoire des DPE ; Énergies Demain, Enerter Résidentiel

## II) Introduction

# Le Diagnostic de Performance Énergétique (DPE)



**Renseigne sur la performance énergétique et climatique d'un logement ou d'un bâtiment (étiquettes A à G).**

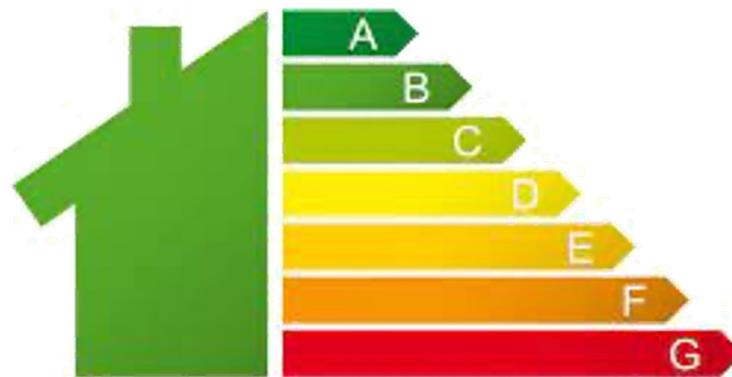
**Réalisation** : obligatoire depuis juillet 2021

**Validité** : 10 ans

**Réalisation** : par un organisme agréé aux frais du propriétaire

**Objectif** : disparition du marché des « passoires thermiques », les catégories G, F puis E à l'horizon 2034

**Contenu** du DPE : **étiquettes climat et énergie**, une estimation des coûts annuels d'énergies, des recommandations sur l'usage du bâtiment, des indicateurs de confort et des bouquets de travaux



# II) Introduction

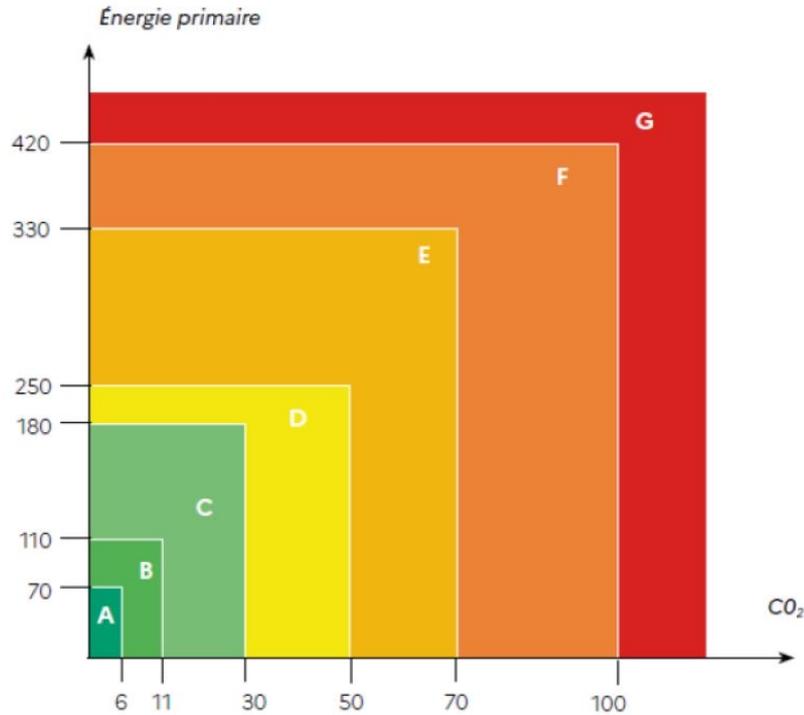
## Le Diagnostic de Performance Énergétique (DPE)



### Étiquettes et seuils

Nouveaux double-seuils des étiquettes de performance énergétique

|                        |  |   |
|------------------------|--|---|
| 70                     | 6  | A |
| KWh/m <sup>2</sup> .an | kg CO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup> .an |   |
| 110                    | 11                                       | B |
| KWh/m <sup>2</sup> .an | kg CO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup> .an |   |
| 180                    | 30                                       | C |
| KWh/m <sup>2</sup> .an | kg CO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup> .an |   |
| 250                    | 50                                       | D |
| KWh/m <sup>2</sup> .an | kg CO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup> .an |   |
| 330                    | 70                                       | E |
| KWh/m <sup>2</sup> .an | kg CO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup> .an |   |
| 420                    | 100                                      | F |
| KWh/m <sup>2</sup> .an | kg CO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup> .an |   |
|                        |  | G |



# Questions / réponses



Chapitre 1 : Introduction

Chapitre 2 : Méthode 3CL ( Calcul de la Consommation  
Conventionnelle d'un Logement )

Chapitre 3 : Cas exemple

Chapitre 4 : Perspectives

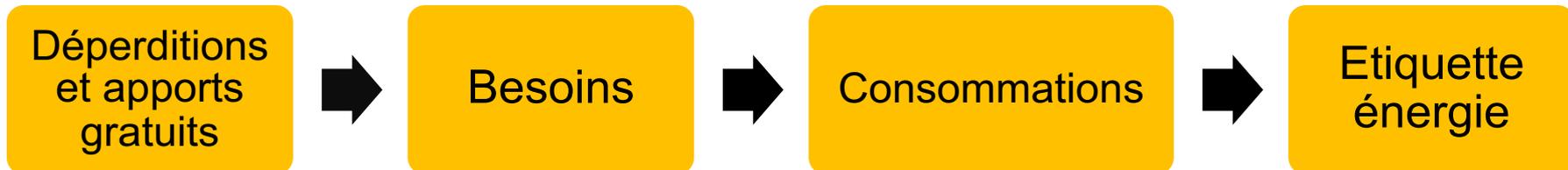


## II) La méthode 3CL



Pour faire un DPE  $\longrightarrow$  utilisation de la méthode **3CL ( Calcul de la Consommation Conventiionnelle des Logements )**.

**Usage standardisé du logement.**



## II) La méthode 3CL

### Choix de la méthode



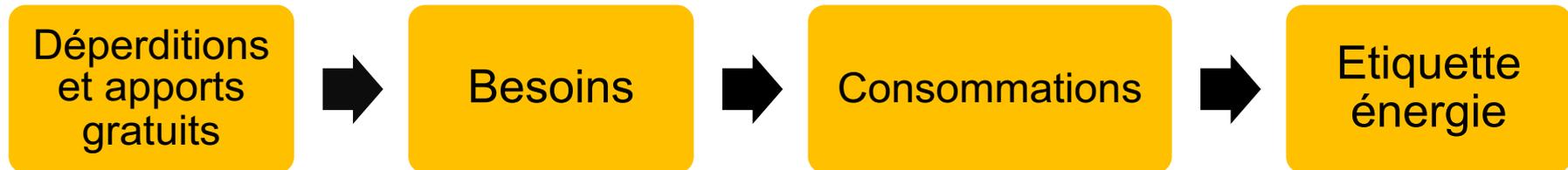
Méthode utilisée pour cette présentation :

**3CL-DPE v1.3**

Utilisée jusqu'au 1<sup>er</sup> juillet 2021



## II) La méthode 3CL

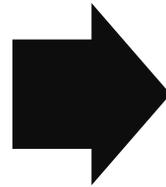


## II) Méthode 3CL

### Les déperditions et les apports gratuits



Déperditions et  
apports  
gratuits



Besoins

## II) Méthode 3CL

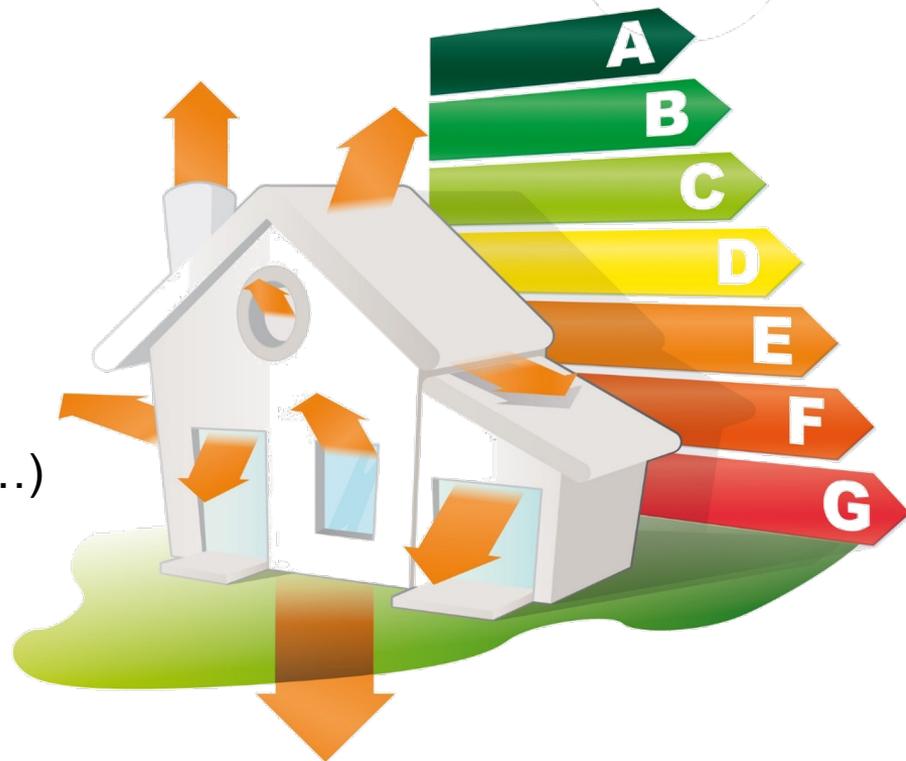
### Les déperditions et les apports gratuits



Déperdition thermique = **pertes de chaleur**

Plusieurs types:

- par **renouvellement d'air**
- par les **parois** (murs, menuiseries, toiture...)
- par les **ponts thermiques**.



Trop de déperditions → consommation excessive → augmentation des factures

## II) Méthode 3CL

### Les déperditions et les apports gratuits



Expression du besoin de chauffage, en W/K

$$BV = GV (1 - F)$$

Déperditions

Apports gratuits

## II) Méthode 3CL

### Les déperditions et les apports gratuits



Expression des déperditions

$$GV = DP_{murs} + DP_{plancher} + DP_{toiture} + \text{etc}$$

Les déperditions  $DP$  se calculent de la manière suivante :

coefficient de  
**réduction des**  
**déperditions**

**surface** de la paroi  
déperditive

$$DP = b \times S \times U$$

coefficient de **transmission thermique**  
surfacique de la paroi par degré d'écart  
entre l'intérieur et l'extérieur (W/m<sup>2</sup>.K)

## II) Méthode 3CL

### Les déperditions et les apports gratuits



Qu'est ce que U ?

Quantifie les déperditions thermiques d'un matériau isolant.

Plus le coefficient de transmission thermique est faible, plus le matériau isolant est efficace.

Coefficient **différent** de la **résistance thermique**.

Quelques exemples :

Mur en béton plein de moins de 20cm :  $2,9 \text{ W/m}^2.\text{K}$

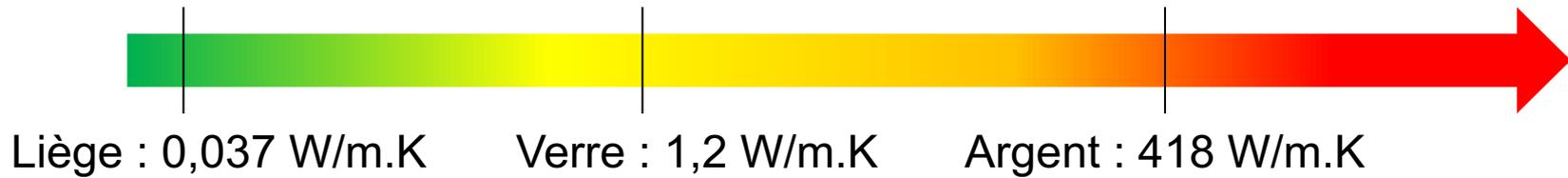
Mur en briques pleines simples de 9cm d'épaisseur :  $3,9 \text{ W/m}^2.\text{K}$

## II) Méthode 3CL

### Les déperditions et les apports gratuits



A épaisseur équivalente

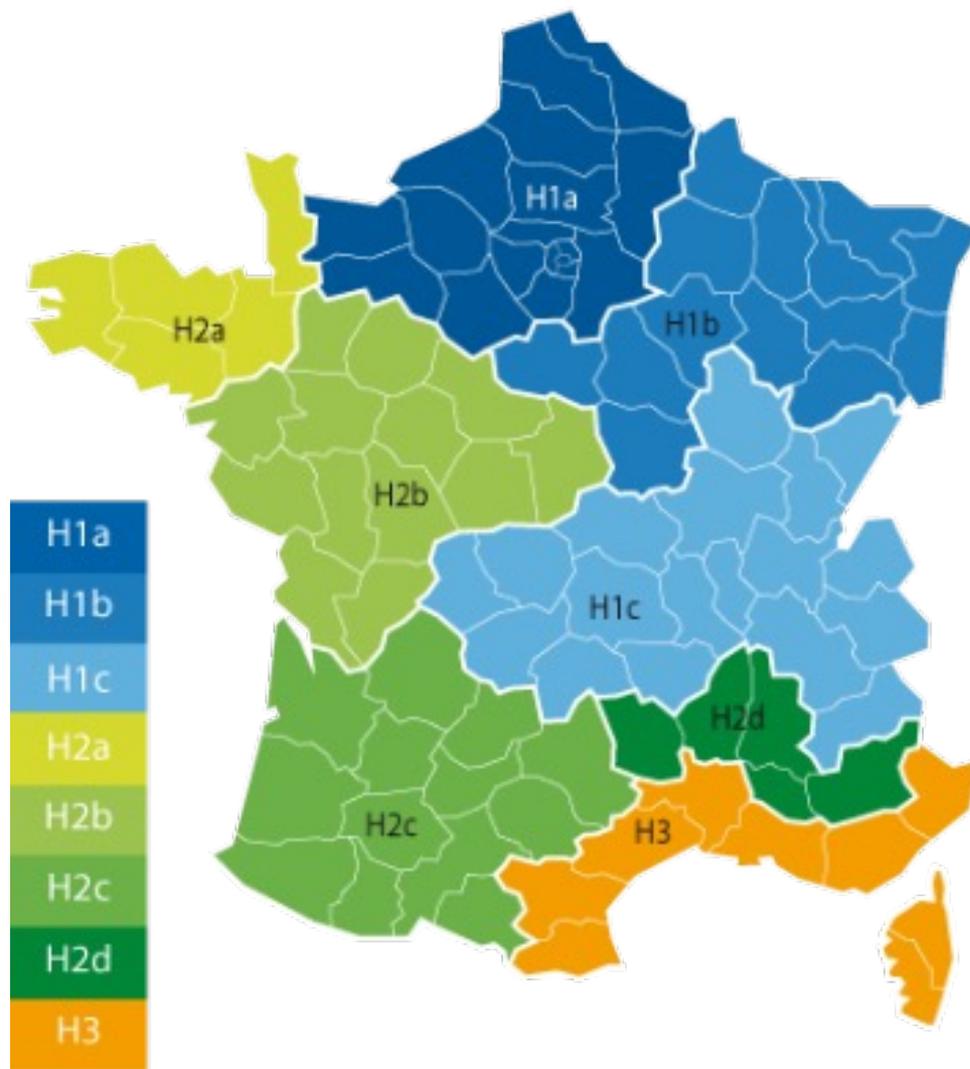


## II) Méthode 3CL

### Les déperditions et les apports gratuits



Carte des zones climatiques



## II) Méthode 3CL

### Les déperditions et les apports gratuits



Exemple :

Calculer les déperditions d'un mur de 8m<sup>2</sup>, donnant sur l'extérieur, en brique pleine de 9cm avec 6cm d'isolant inconnu

$$U_{mur} = \frac{1}{\frac{1}{U_{mur0}} + \frac{e}{0,042}} = \frac{1}{\frac{1}{3,9} + \frac{0,06}{0,042}} = 0,569 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

$$\text{Et } DP_{mur} = b \times S \times U = 1 \times 8 \times 0,569 = 4,6 \text{ W/K}$$

## II) Méthode 3CL

### Les déperditions et les apports gratuits



Expression du besoin de chauffage, en W/K

$$BV = GV (1 - F)$$

Déperditions

Apports gratuits

## II) Méthode 3CL

### Les déperditions et les apports gratuits



Apports gratuits  $F$  = apports en chauffage ne provenant PAS des appareils de chauffage

Plusieurs critères à considérer :

- l'inertie thermique du bâtiment
- les apports internes
- les apports solaires

| Inertie               | F                                 |
|-----------------------|-----------------------------------|
| Lourde ou très lourde | $\frac{X - X^{3,6}}{1 - X^{3,6}}$ |
| Moyenne               | $\frac{X - X^{2,9}}{1 - X^{2,9}}$ |
| Légère                | $\frac{X - X^{2,5}}{1 - X^{2,5}}$ |

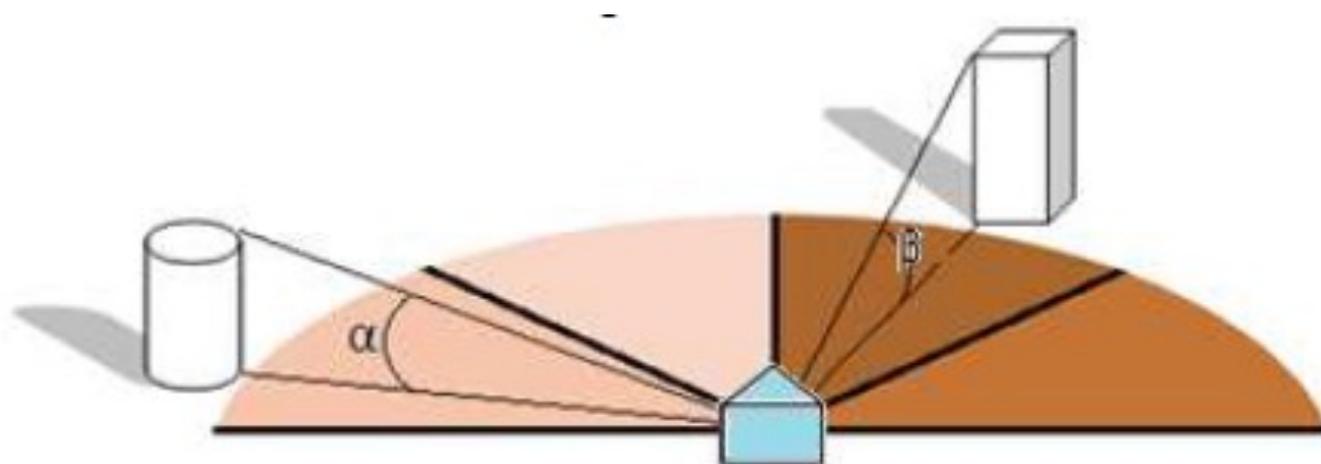
## II) Méthode 3CL

### Les déperditions et les apports gratuits



Les apports solaires nécessitent de prendre en compte :

- la surface des vitrages exposés au sud ( $S_{se}$ )
- le type de menuiserie
- les masques proche et lointain
- le département



Configuration du masque

## II) Méthode 3CL

### Les déperditions et les apports gratuits



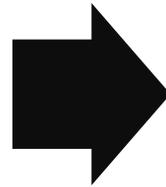
Expression du besoin de chauffage, en W/K

$$BV = GV (1 - F)$$

Déperditions

Apports gratuits

Besoins



Consommations

## II) Méthode 3CL

### Besoins et consommations de chauffage



BV (W/K)  $\longrightarrow$  Bch (kWh)  $\longrightarrow$  Cch (kWh)

$$Bch = BV \times K$$

$$Cch = Bch \times Ich \times INT$$

inverse du rendement de l'installation

facteur d'intermittence

## II) Méthode 3CL

### Besoins et consommations d'ECS (Eau Chaude Sanitaire)



BECS (kWh)  $\longrightarrow$  CECS (kWh)

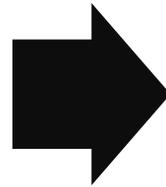
$$\text{CECS} = \text{BECS} \times \text{IECS}$$

inverse du rendement de l'installation

Besoins en ECS

**La somme de Cch et CECS nous donne la consommation totale à considérer pour l'étiquette énergie.**

Consommations



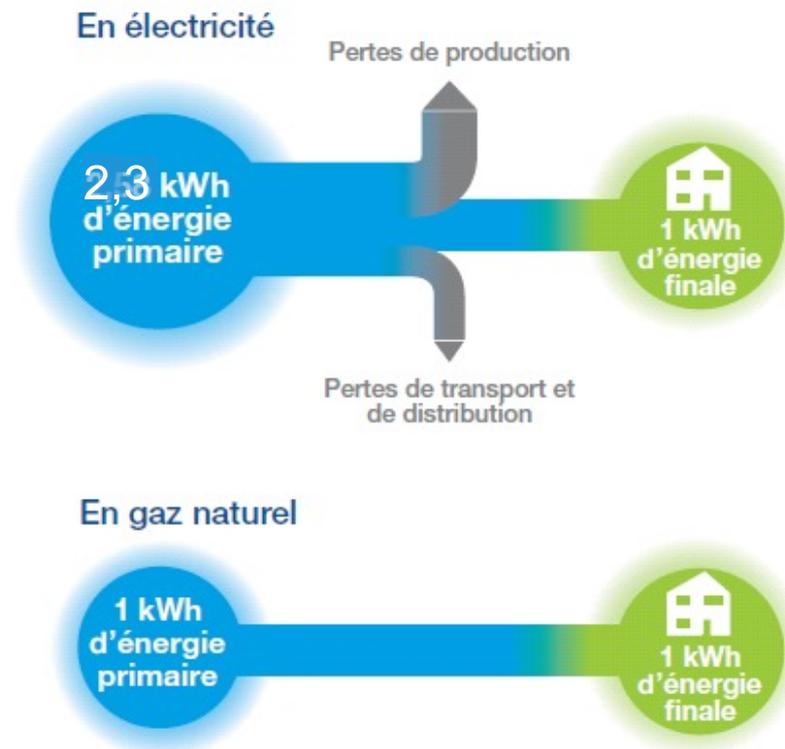
Etiquette  
énergie

## II) Méthode 3CL Etiquette énergie



Le classement énergétique d'un bâtiment en **kWhEP/(m<sup>2</sup>.an)**

Consommation totale (kWh EF)  $\longrightarrow$  Consommation totale (kWh EP)



## II) Méthode 3CL

### Etiquette énergie



Exemples :

Etiquette d'un logement consommant 100 kWh/m<sup>2</sup> d'électricité pour couvrir ses besoins ? **Etiquette D**

Etiquette du même logement avec une consommation 50% gaz/ 50% électricité ?  
**Etiquette C**

100% gaz ?  
**Etiquette B**

# II) Méthode 3CL

## Étiquette énergie



**E<sub>f</sub> (kWh<sub>Ef</sub>/an) = somme des énergies finales pour les différents postes concernés**

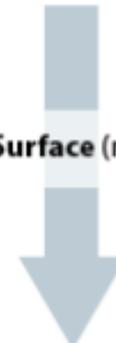
**déduire** énergie électrique produite à demeure

*conversion*



**E<sub>p</sub> (kWh/an) = consommation conventionnelle annuelle d'énergie primaire**

**Surface (m<sup>2</sup>)**



*division*

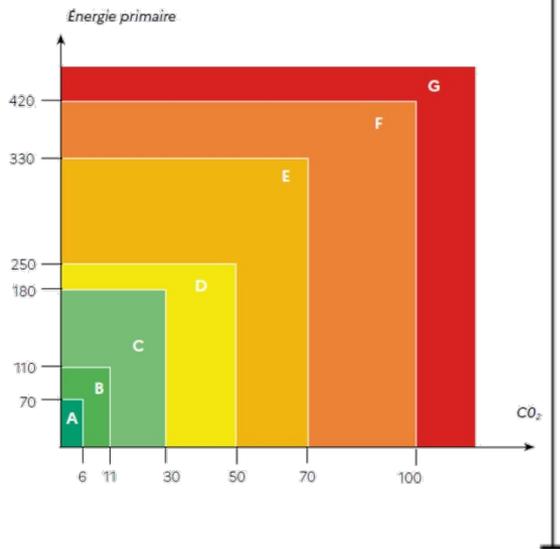
**Étiquette en kWh d'énergie primaire consommée par an par m<sup>2</sup>**

**kWh<sub>Ep</sub> / m<sup>2</sup>. an**



Nouveaux double-seuils des étiquettes de performance énergétique

|                        |  |          |
|------------------------|--|----------|
| 70                     | 6  | <b>A</b> |
| KWh/m <sup>2</sup> .an | kg CO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup> .an |          |
| 110                    | 11                                       | <b>B</b> |
| KWh/m <sup>2</sup> .an | kg CO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup> .an |          |
| 180                    | 30                                       | <b>C</b> |
| KWh/m <sup>2</sup> .an | kg CO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup> .an |          |
| 250                    | 50                                       | <b>D</b> |
| KWh/m <sup>2</sup> .an | kg CO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup> .an |          |
| 330                    | 70                                       | <b>E</b> |
| KWh/m <sup>2</sup> .an | kg CO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup> .an |          |
| 420                    | 100                                      | <b>F</b> |
| KWh/m <sup>2</sup> .an | kg CO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup> .an |          |
|                        |  | <b>G</b> |



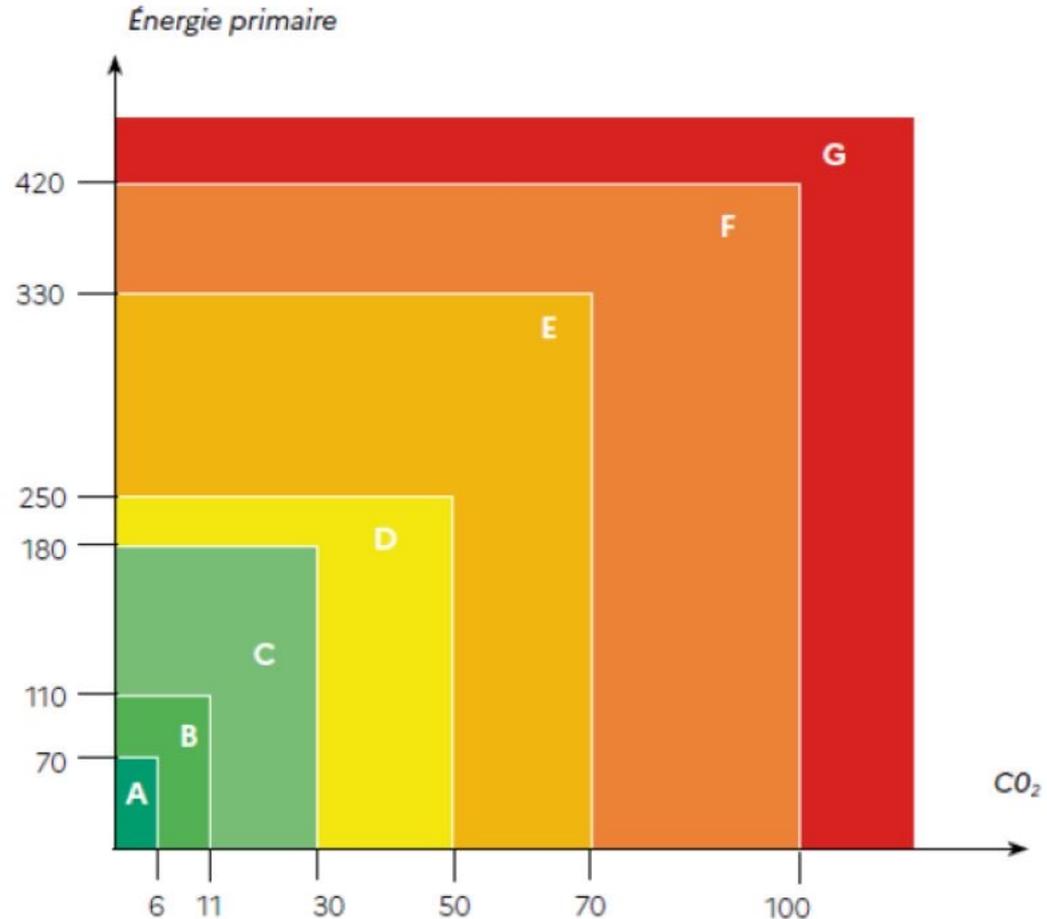
# II) Méthode 3CL

## Etiquette énergie



Nouveaux double-seuils des étiquettes de performance énergétique

|                                      |  |          |
|--------------------------------------|--|----------|
| <b>70</b><br>KWh/m <sup>2</sup> .an  | <b>6</b><br>kg CO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup> .an   | <b>A</b> |
| <b>110</b><br>KWh/m <sup>2</sup> .an | <b>11</b><br>kg CO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup> .an  | <b>B</b> |
| <b>180</b><br>KWh/m <sup>2</sup> .an | <b>30</b><br>kg CO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup> .an  | <b>C</b> |
| <b>250</b><br>KWh/m <sup>2</sup> .an | <b>50</b><br>kg CO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup> .an  | <b>D</b> |
| <b>330</b><br>KWh/m <sup>2</sup> .an | <b>70</b><br>kg CO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup> .an  | <b>E</b> |
| <b>420</b><br>KWh/m <sup>2</sup> .an | <b>100</b><br>kg CO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup> .an | <b>F</b> |
|                                      |  | <b>G</b> |



## II) Méthode 3CL

### Etiquette climat



Pour obtenir les équivalences de rejet de CO2 selon les énergies, on utilise les valeurs suivantes :

|  | CHAUFFAGE | PRODUCTION D'EAU<br>chaude sanitaire | RE    |
|--|-----------|--------------------------------------|-------|
| Bois, biomasse.....  | 0,013     | 0,013                                |       |
| Gaz naturel.....   | 0,234     | 0,234                                | 0,234 |
| Fioul domestique.....  | 0,300     | 0,300                                | 0,300 |
| Charbon.....   | 0,342     | 0,342                                |       |
| Gaz propane ou butane.....   | 0,274     | 0,274                                | 0,274 |
| Autres combustibles fossiles.....  | 0,320     | 0,320                                |       |
| Electricité d'origines renouvelable utilisée dans le bâtiment.....                   | 0         | 0                                    | 0     |
| Electricité (hors électricité d'origine renouvelable utilisée dans le bâtiment)..... | 0,180     | 0,040                                | 0,040 |

*Tableau de facteurs de conversion des kilowattheures d'énergie finale en équivalent d'émission de kilogramme de CO2 avec des facteurs*

## II) Méthode 3CL

### Etiquette climat



Exemples :

Etiquette d'un logement consommant 100 kWh/m<sup>2</sup> d'électricité pour couvrir ses besoins ? **Etiquette A**

Etiquette du même logement avec une consommation 50% gaz/ 50% électricité ?  
**Etiquette C**

100% gaz ?  
**Etiquette C**

# Questions / réponses



Chapitre 1 : Introduction

Chapitre 2 : Méthode 3CL

Chapitre 3 : Cas exemple

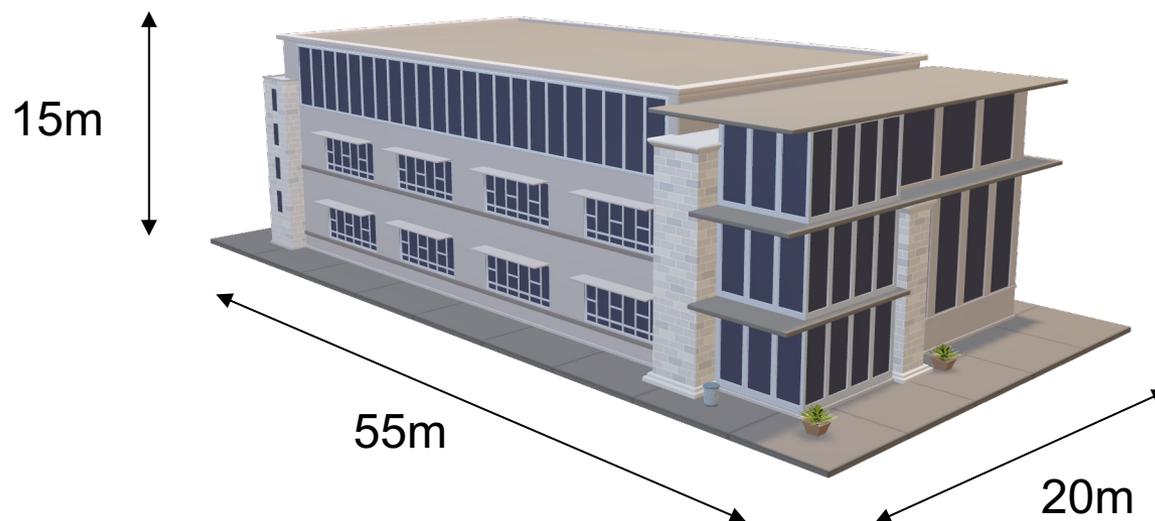
Chapitre 4 : Perspectives



# III) Cas exemple Présentation



Le bâtiment, construit en 1968, se situe à Ville d'Avray (92410) et accueille au total 68 logements, pour une surface habitable totale de 3625 m<sup>2</sup>.



# III) Cas exemple

## Présentation



Aucun masque lointain n'a d'impact sur la zone.

Masques proches :

- La surface couverte de forêt située au Sud de la résidence.
- Un bâtiment moins haut se situe à l'Ouest de la copropriété. L'impact de ce masque est négligeable.

En considérant la réglementation thermique actuelle en vigueur, la copropriété se situe dans la zone H1a.

Le site météo de référence pour Ville d'Avray, située dans le département des Hauts-de-Seine, est NANTERRE.

- Latitude : 48°89 - Nord
- Longitude : 2.21 - Est
- Altitude : 42 m



# III) Cas exemple

## Données techniques parois



|                   |   |   |
|-------------------|---|---|
| Mur extérieur     |    | Enduit Extérieur<br>Mur Béton ou Parpaing 12 cm<br>Vide d'air 2 cm<br>Isolant Polystyrène 2 cm<br>Platre 6 cm   |
| Plancher sur Cave |    | Plancher béton 16,5 cm<br>Isolant Fibralth 3 cm   |
| Toiture           |   | Plancher béton 16,5 cm<br>Absence d'info concernant l'épaisseur d'isolant.<br>Toiture refaite il y a une dizaine d'année.<br>Hypothèse épaisseur d'isolant : 6 cm |
|                   |  | PVC Double Vitrage<br>4/16/4  |

# III) Cas exemple

## Données techniques ECS



|                    | Référence matériel   | Photo  | DIAG Vétusté  | Observations   |
|--------------------|----------------------|--|---|--|
| Préparateur ECS    | MAGNUM GS RIS 124 DD |  |  | L'ensemble est fonctionnel et en bon état. L'afficheur de l'échangeur ne fonctionne pas. |
| Ballon de stockage | Volume 500 litres    |  |  | Le ballon présente des traces de rouille, calcaire.                                      |



Figure 9 Réseaux ECS non isolé

Les réseaux ECS présentent parfois une absence de calorifuge dans certains locaux techniques ainsi que dans les logements. Cette absence de calorifuge entraîne des déperditions de chaleur importantes.

# III) Cas exemple

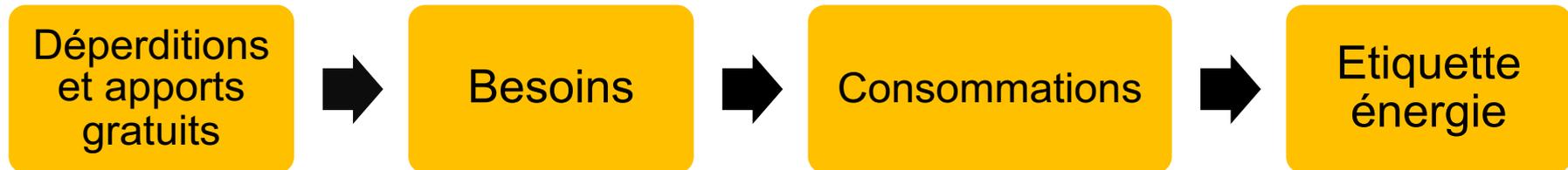
## Données techniques chauffage



|            | Référence matériel   | Photo  | DIAG Vétusté  | Observations                                      |
|------------|--|--|---|---|
| Chaudières | VISSMANN<br>VITOCROSSAL<br>200<br><br>2 unités<br><br>Année 2012 |  |  | Chaudières à condensation,<br>bien<br>raccordées. |



## II) La méthode 3CL



### III) Cas exemple Déperditions



Parois :

$$GV = DP_{murs} + DP_{plancher} + DP_{toiture} + DP_{menuiseries} + DR + PT$$

Et ici  $GV = 1764 + 725 + 297 + 1215 + 1245 + 932 = 6218 \text{ W/K}$

Murs : 29% du total.

Toiture : 2,5 fois plus efficace que le plancher, pour la même surface



# III) Cas exemple Apports gratuits



Fraction F ( Apports gratuits ):  
Inertie thermique : **lourde**

$$F = \frac{X - X^{3,6}}{1 - X^{3,6}}$$

avec  $X = \frac{As+Ai}{GV \times DHcorr}$

Ai les apports internes tels que

$$Ai = 80\ 116\ 125$$

$$Dhcorr = 61\ 000$$



# III) Cas exemple

## Apports gratuits et besoins



### Fraction F

Avec  $A_s = 20\,022\,552$ , on obtient  $X = \frac{20\,022\,552 + 80\,116\,125}{6218 \times 61\,000} = 0,264$

Et finalement

$$F = 0,258$$

D'où  $BV = GV \times (1 - F) = 6218 \times (1 - 0,258) = 4614 \text{ W/K}$



# III) Cas exemple Consommations



## Consommations de chauffage

### Besoins de chauffage en kWh

$$Bch = \frac{BV \times Dhcorr}{1000} - Pr \times Rrp$$

Pr : pertes récupérables des systèmes (kWh), avec

$$Pr = 16\,856$$

Rrp : rendement de récupération des pertes, pour une inertie lourde :

$$Rrp = 0,923$$

$$\text{D'où } Bch = \frac{4614 \times 61000}{1000} - 16856 \times 0,923 = 265\,896 \text{ kWh}$$



# III) Cas exemple Consommations



## Consommations de chauffage

$$Ich = \frac{1}{Rg \times Rd \times Re \times Rr}$$

En considérant les rendements de génération, distribution, émission, régulation

Par manque d'informations sur la chaudière :  $Rg = 0,95$   
 $Re = 0,95$ ,  $Rd = 0,87$  et  $Rr = 0,90$

$$\text{D'où } Ich = \frac{1}{Rg \times Rd \times Re \times Rr} = \frac{1}{0,95 \times 0,95 \times 0,87 \times 0,90} = 1,42$$

Et finalement

$$Cch = Bch \times INT \times Ich = 265\,896 \times 1,13 \times 1,42 = 426\,657 \text{ kWh}$$



## Consommations d'eau chaude sanitaire

$$CECS = BECS \times IECS$$

$$Surface\ moyenne = \frac{Surface\ totale}{Nombre\ de\ logements} = \frac{3625}{68} = 53,3\ m^2$$

Ainsi

$$BECS = N \times 0,0558 \times (470,9 \ln(S_{moy}) - 1075) \times (40 - \theta_m)$$

$\theta$  : température de l'eau froide entrant dans le système de préparation d'eau chaude, soit  $10,5^\circ$  en zone H1

D'où

$$BECS = 68 \times 0,0558 \times (470,9 \ln(53,3) - 1075) \times (40 - 10,5) = 89242\ kwh$$

## Consommations d'eau chaude sanitaire

$IECS = \frac{1}{R_s \times R_d \times R_g} = 2,86$  (soit un rendement de 35%) en considérant les rendements de stockage, de distribution et de génération

Ainsi  $CECS = BECS \times IECS = 89242 \times 2,86 = 199\,917 \text{ kWh}$

## Consommations totales (EF)

$$C_{tot} = CECS + C_{ch} + \text{Auxiliaires élec.} = 678\,203 \text{ kWh/an}$$



# III) Cas exemple Etiquette énergie



## Consommations totales EP

Pour une surface de 3625m<sup>2</sup>

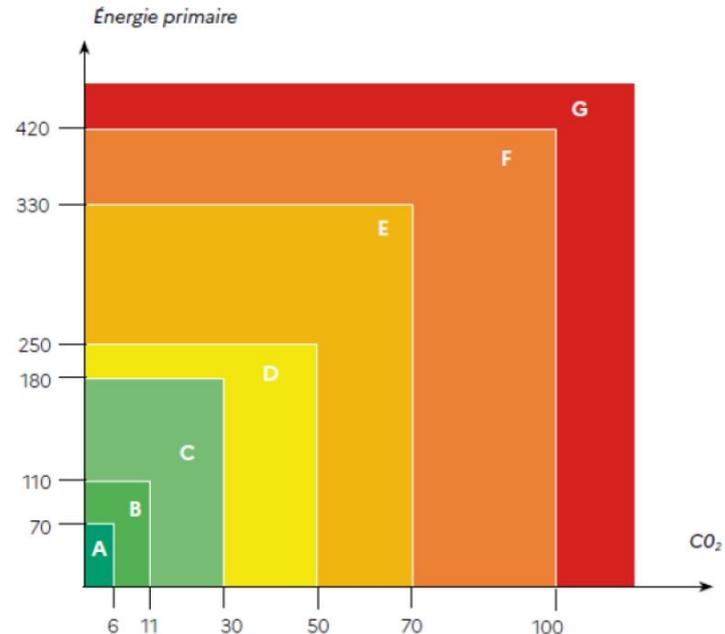
$$C_{tot EP} = 173 \text{ kWhEP/m}^2 \cdot \text{an}$$

## Etiquette énergie

Etiquette C

Nouveaux double-seuils des étiquettes de performance énergétique

|                        |  |          |
|------------------------|--|----------|
| 70                     | 6  | <b>A</b> |
| KWh/m <sup>2</sup> .an | kg CO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup> .an |          |
| 110                    | 11                                       | <b>B</b> |
| KWh/m <sup>2</sup> .an | kg CO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup> .an |          |
| 180                    | 30                                       | <b>C</b> |
| KWh/m <sup>2</sup> .an | kg CO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup> .an |          |
| 250                    | 50                                       | <b>D</b> |
| KWh/m <sup>2</sup> .an | kg CO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup> .an |          |
| 330                    | 70                                       | <b>E</b> |
| KWh/m <sup>2</sup> .an | kg CO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup> .an |          |
| 420                    | 100                                      | <b>F</b> |
| KWh/m <sup>2</sup> .an | kg CO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup> .an |          |
|                        |  | <b>G</b> |



# III) Cas exemple

## Etiquette climat



### Consommations totales

En considérant toutes les consommations

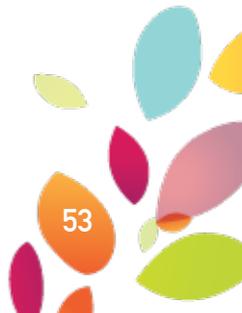
$$C_{tot\ gaz} = C_{ch} + CECS = 426\ 657 + 199\ 917 = 626\ 574\ kWh$$

### Etiquette climat

$$(626\ 574 \times 0,234) + (31\ 329 \times 0,040) = 147\ 871\ kg\ CO2/an$$

$$\text{Donc } 147\ 871 / 3625 = 41\ kg\ CO2/m^2.an$$

Etiquette D



# Questions / réponses

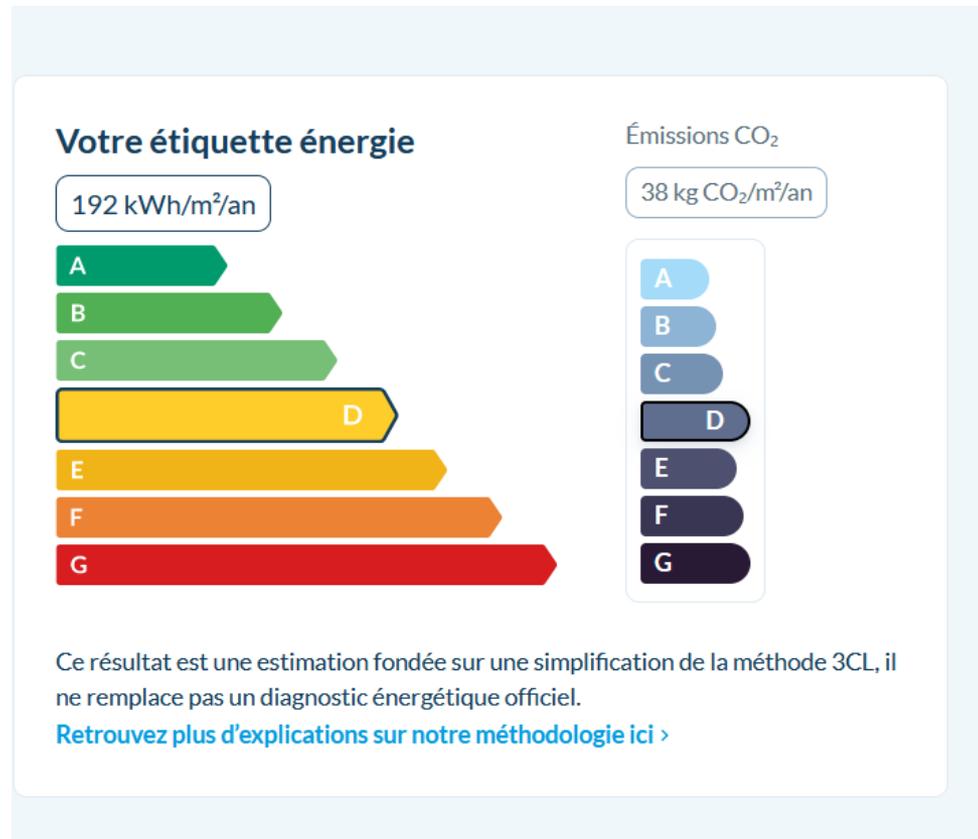


# IV) Perspectives



## 1) Simulateurs en ligne

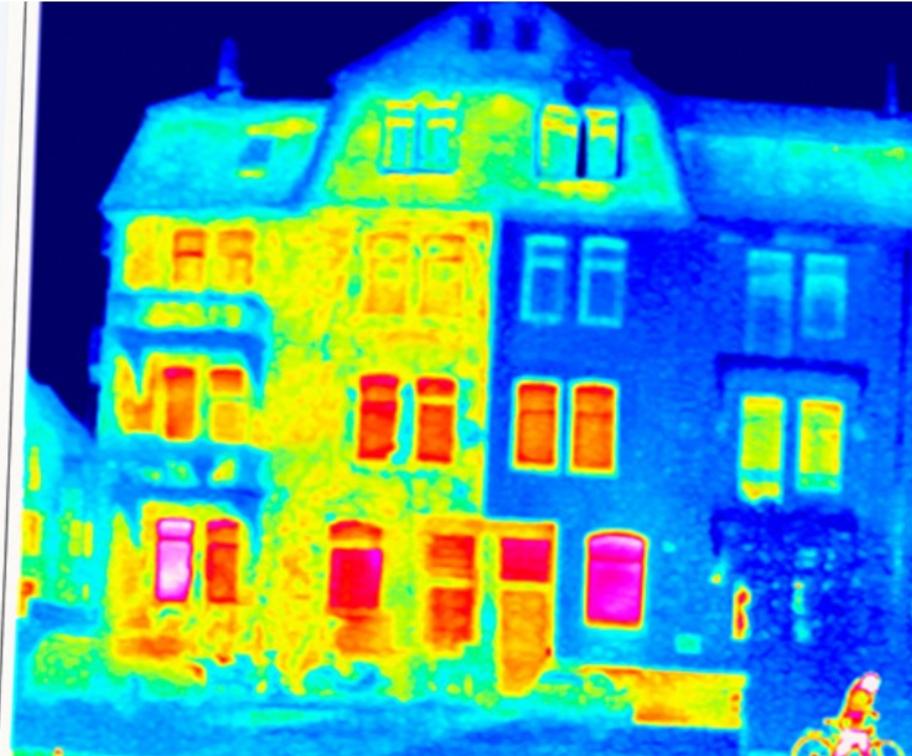
### Logements simples



# IV) Perspectives



## 2) Améliorations possibles



Isolation par l'extérieur ou l'intérieur : diminution des déperditions

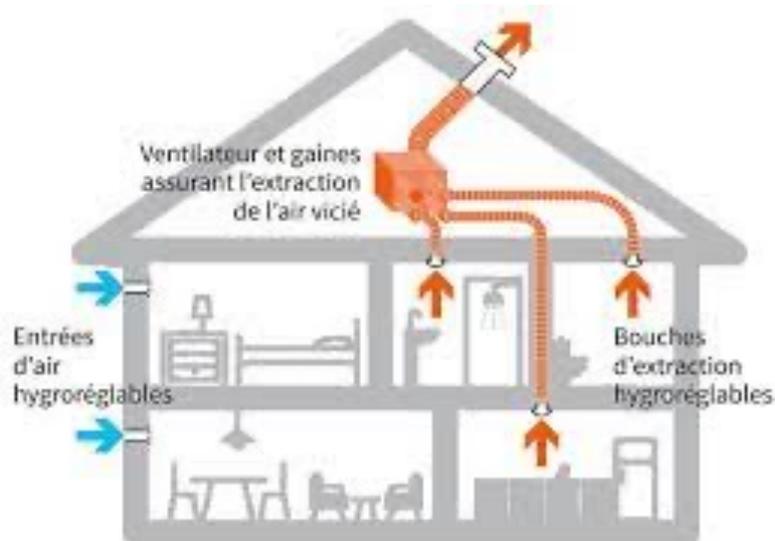
# IV) Perspectives



## 2) Améliorations possibles

Autres améliorations techniques : changement de VMC, isolation des réseaux, réduit de nuit pour les chaudières

Production d'électricité : panneaux PV

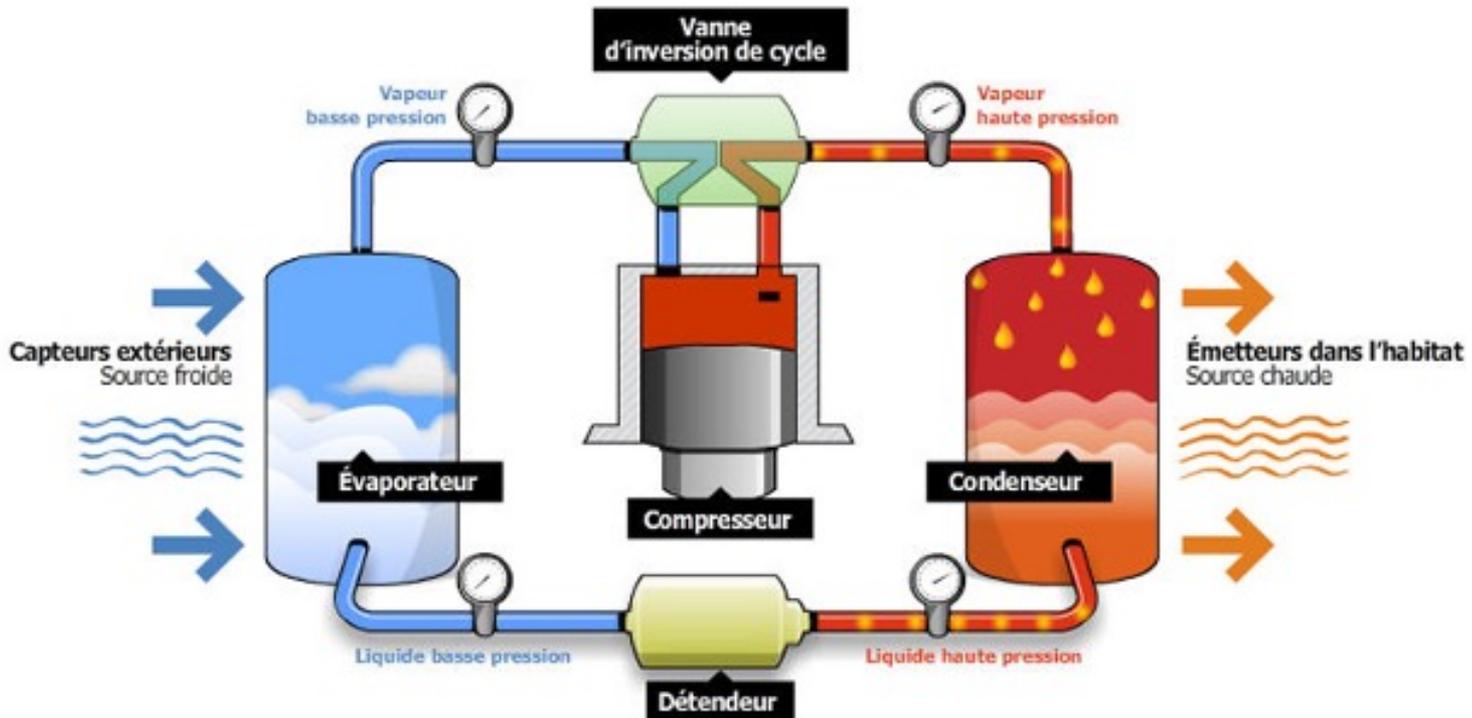


# IV) Perspectives



## 3) Géothermie : PAC géothermiques

Adaptables à tous types de bâtiment, énergie propre, performante, répond aux besoins de chaud et de froid





**Formation Méthode 3CL  
et DPE**

**Jeudi 31 Août**

**Formation Outil  
opportunité géothermie  
de surface**

**Jeudi 07 Septembre**

# À suivre en région IDF



**31/08**

Formation à la  
thermique du  
bâtiment

**03/10**

Journée  
régionale  
(IDF) des  
énergies  
citoyennes

**07/09**

Formation  
Outil  
opportunité  
géothermie de  
surface

**19/10**

Assises  
franciliennes de  
la chaleur

# Questions / réponses



# Merci !

## Des questions ? Remarques ?



**Vous souhaitez investir une partie de votre épargne au service de ces projets ?**

La souscription se fait en ligne.

Rendez-vous sur : [www.energie-partagee.org/souscrire/](http://www.energie-partagee.org/souscrire/)

**Vous avez un projet et souhaitez nous en parler ?**

Nous vous mettons en lien avec votre animation régionale.

Écrivez-nous : <https://energie-partagee.org/contact/>

