

# ***ANTICIPER L'EXPLOITATION DANS LA PRESCRIPTION ET LA CONCEPTION DES RÉHABILITATIONS DE LOGEMENTS COLLECTIFS***

F.BOEUF

26 septembre 2016



envirobat **bdm**

***EAU CHAUDE SANITAIRE  
ELARGISSONS LA RÉFLEXION !***

***INTÉGRER LES CONDITIONS RÉELLES  
D'USAGE À LA RÉFLEXION***

# EAU CHAUDE SANITAIRE

- *Part de l'ECS dans les consommations*
- *Dimensionnement*
- *Collectif/individuel?*
- *Intégration des énergies renouvelables*
- *Vers le passif...*

# EAU CHAUDE SANITAIRE

## Les enjeux

*Fournir une alimentation en ECS confortable*

- *Température d'eau au robinet*
- *Débit de puisage*
- *Quantité d'eau*
- *Temps d'attente*

*Limiter l'utilisation des ressources*

- *Eau*
- *Energie*

# PART DE L'ECS DANS LES CONSOMMATIONS

*Quel est le poids de l'eau chaude et comment le quantifier avant la rénovation ?*

*Les valeurs théoriques et les coefficients d'exploitation ne sont pas adaptés et une refondation de ces derniers doit reposer sur une analyse quantitative réelle in situ*



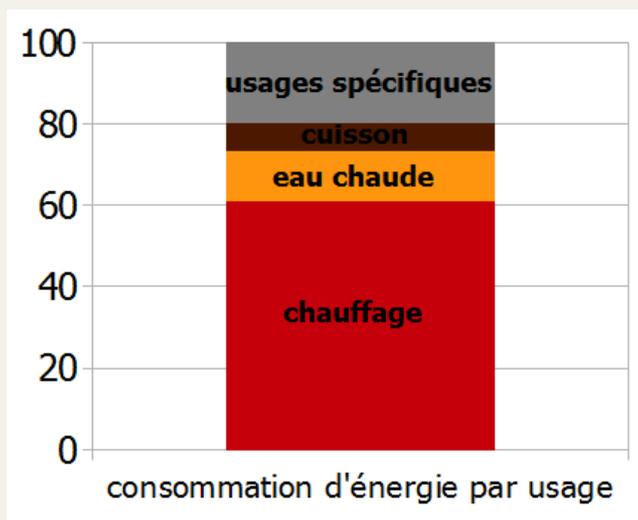
# DE QUOI PARLE-T-ON?

Moyenne dans l'existant

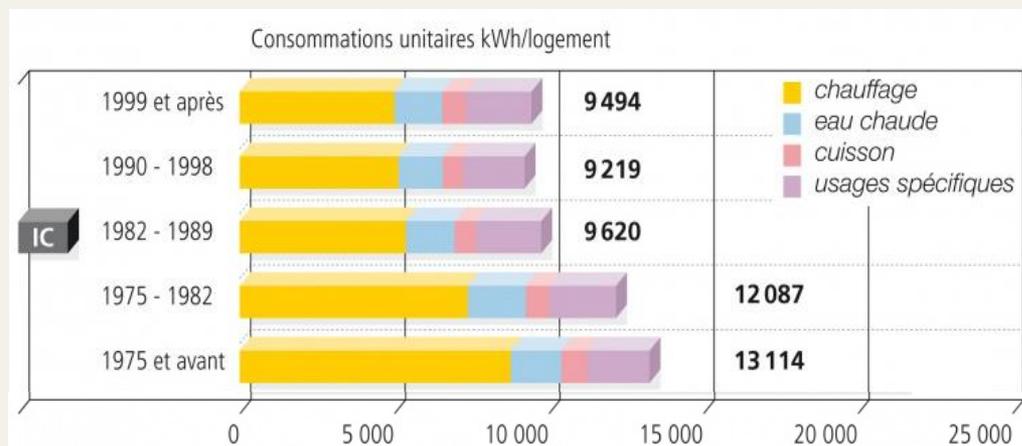
*Consommation énergétique moyenne:*

**38 kWh/m<sup>2</sup>.an**

**-> 12 à 15% des usages**



Source: CEREN



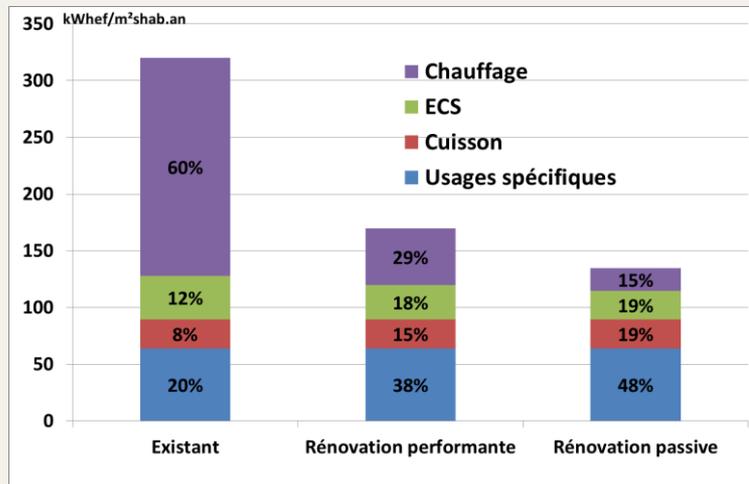
# DE QUOI PARLE-T-ON?

## Rénovations performantes

*Consommation énergétique moyenne:*

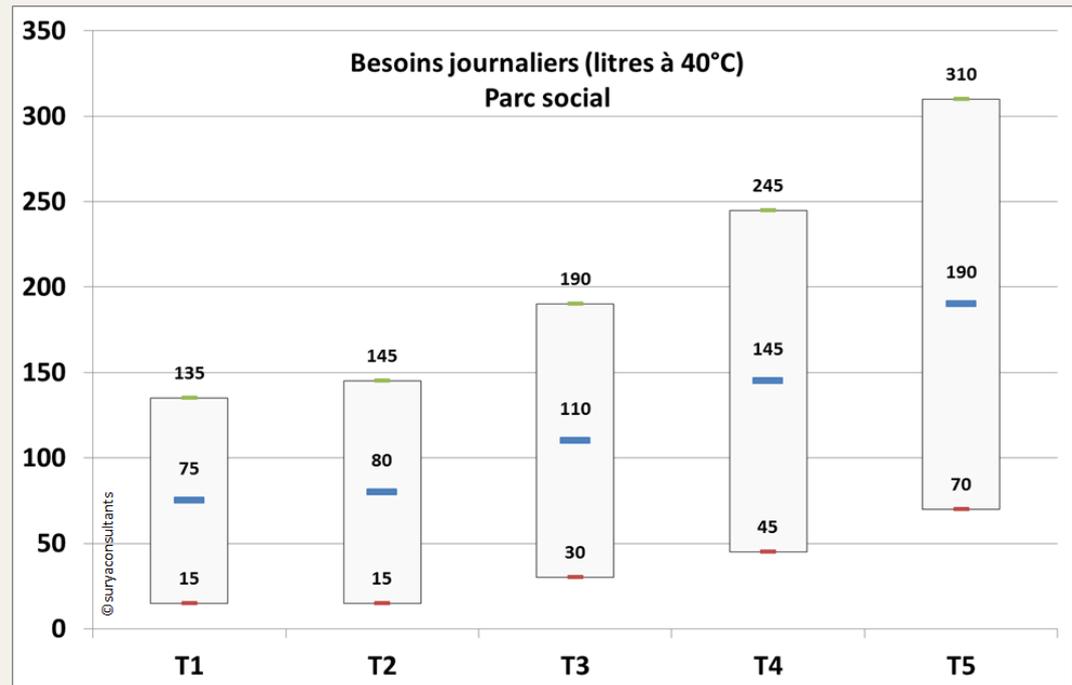
***25-30 kWh/m<sup>2</sup>.an***

***-> 20% des usages***



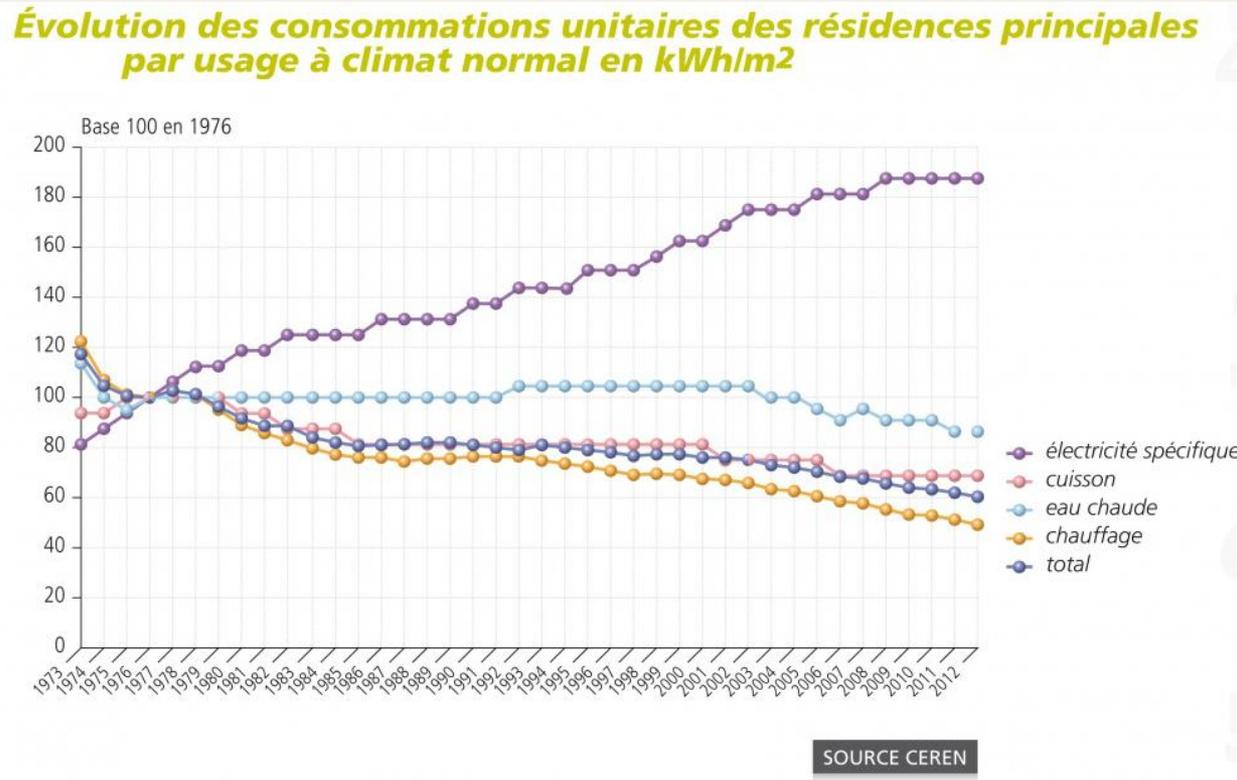
# ET LES CONSOMMATIONS D'EAU?

*Forte variabilité*  
*Nécessité de*  
*mesures in situ!*



Source:ADEME 2016

# BAISSE DES CONSOMMATIONS?



Source: CEREN

# COEFFICIENT D'EXPLOITATION

« q » -> Quantité forfaitaire

- *Quantité d'énergie nécessaire pour chauffer 1m<sup>3</sup> d'eau froide à 55°C*
- > *cas idéal : 60kWh/m<sup>3</sup> (énergie utile)*
- > *Prise en compte des rendements de la chaufferie (exemple 50%) : 120kWh/m<sup>3</sup> (énergie finale)*
- *Permet de « séparer » les consommations de chauffage et d'ECS d'une même facturation*

# APPROXIMATION DANGEREUSE

## Exemples

*Energie: 150 000 kWh, ECS: 400m<sup>3</sup>*

-  $q=150 \text{ kWh/m}^3$

$ECS=400 \times 150$

$ECS=60\,000 \text{ kWh}$

$\text{Chauffage}=150-60$

$\text{Chauffage}=90\,000 \text{ kWh}$

-  $q=100 \text{ kWh/m}^3$

$ECS=400 \times 100$

$ECS=40\,000 \text{ kWh}$

$\text{Chauffage}=150-40$

$\text{Chauffage}=110\,000 \text{ kWh}$

*L'exploitant a-t-il vraiment atteint son objectif de performance sur les consommations de chauffage?*

# APPROXIMATION DANGEREUSE

## Exemples

*Energie: 150 000 kWh, ECS: 400 m<sup>3</sup>*

-  $q=150 \text{ kWh/m}^3$

$ECS=400 \times 150$

$ECS=60\,000 \text{ kWh}$

$\text{Chauffage}=150-60$

$\text{Chauffage}=90\,000 \text{ kWh}$

-  $q=110$

$ECS=400 \times 110$

$\text{Chauffage}=150-40$

$\text{Chauffage}=110\,000 \text{ kWh}$

**Estimer correctement le « q »  
Suivre les températures en logements**

*L'exploitation - Il vraiment atteint son objectif de performance sur les consommations de chauffage?*

# DIMENSIONNEMENT

*Comment s'assurer d'un bon redimensionnement de la production d'eau chaude en cas de système collectif ?*

*Comment intégrer la qualité du dimensionnement au travail du maître d'œuvre ?*



Part de l'ECS

Dimensionnement

Collectif/individuel

EnR

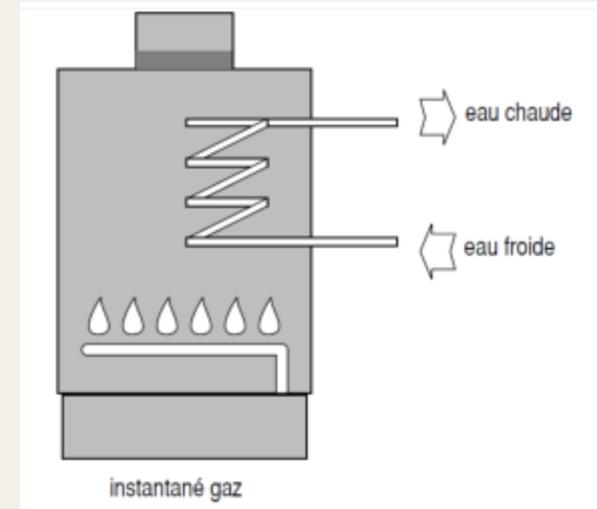
Vers le passif

# TYPES DE PRODUCTION

- *Instantanée*
- *Accumulation*
- *Semi accumulation*
- *Semi instantanée*

# TYPES DE PRODUCTION

- **Instantanée**
  - Pas de réserve d'eau
  - Production au puisage
  - > Dimensionnement par l'appel de pointe 10 min
  - > Dimensionnement en puissance

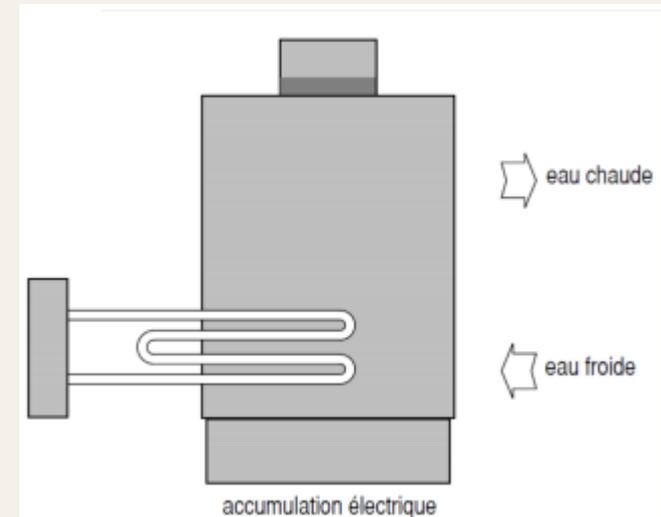


Source: DGTRE

# TYPES DE PRODUCTION

## - *Accumulation*

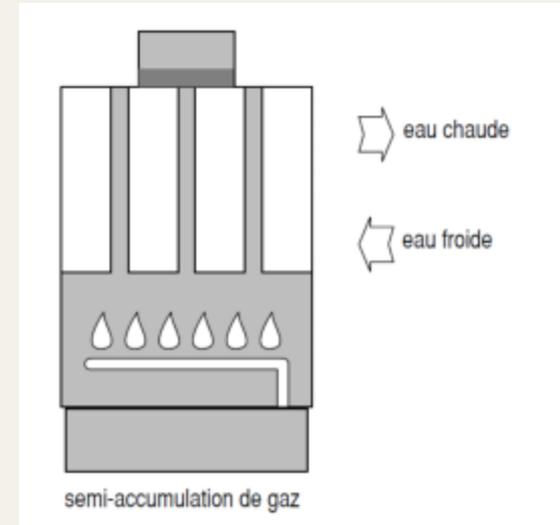
- Stockage pour une journée
- Maintien en température indépendant du puisage
- > Dimensionnement par le besoin journalier
- > Dimensionnement en volume



Source: DGTRE

# TYPES DE PRODUCTION

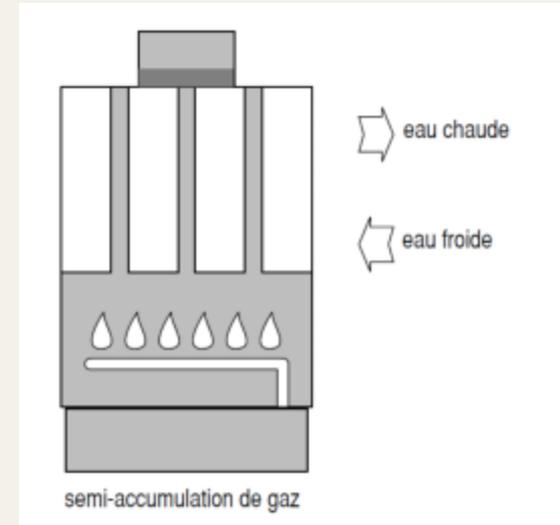
- ***Semi accumulation***
  - Stockage pour assurer la pointe
  - Production instantanée
  - > Dimensionnement volume par l'appel de pointe 10 min
  - > Dimensionnement combiné volume/puissance



Source: DGTRE

# TYPES DE PRODUCTION

- ***Semi instantanée***
  - Stockage pour assurer les variations de températures
  - Production instantanée
  - > Dimensionnement par l'appel de pointe 10 min
  - > Dimensionnement combiné volume/puissance



Source: DGTRE

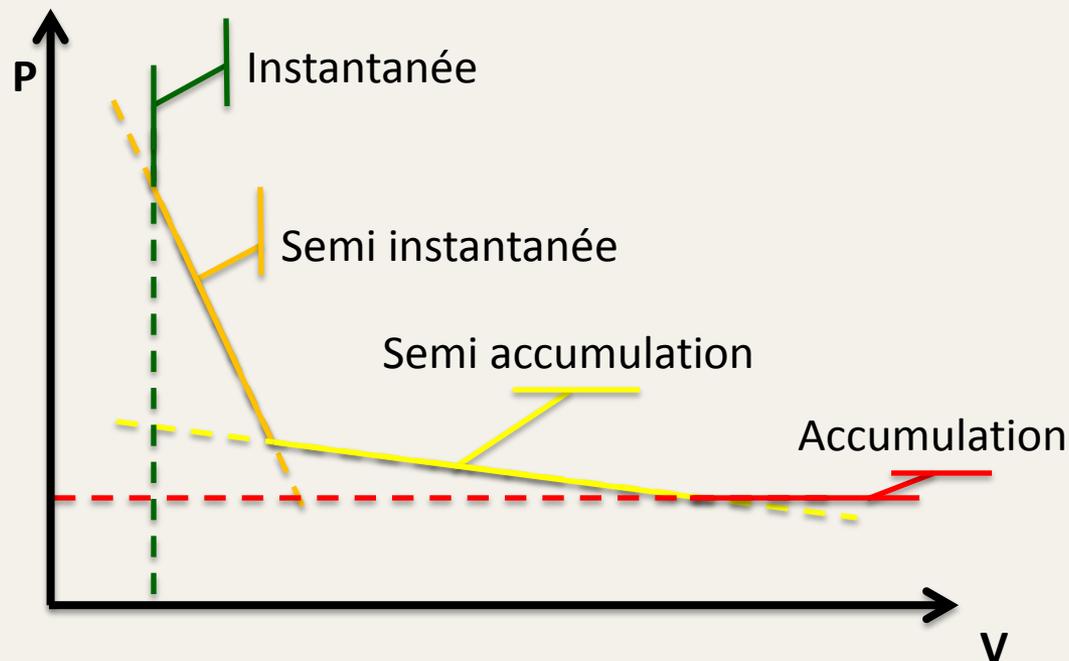
# TYPES DE PRODUCTION

## Avantages/inconvénients

Type de production	Avantages	Inconvénients
<b>Instantanée</b>	Faible encombrement Pas de pertes de stockage	Fluctuation de la température d'ECS Fonctionnement cycles courts -> rendement faible Puissance importante
<b>Accumulation</b>	Confort amélioré Temps de réponse court Température ECS stable Puissance faible	Pertes de stockage Encombrement Nécessite une bonne stratification
<b>Semi</b>	Confort amélioré Temps de réponse court Température ECS stable Encombrement limité Puissance limitée	Pertes de stockage

# TYPES DE PRODUCTION

## Droites d'égal confort



# MÉTHODE DE DIMENSIONNEMENT

- *1: Profil journalier de consommation d'eau chaude*
- *2: Volume d'eau chaude -> Energie puisée*
- *3: Courbe des besoins consécutifs*
- *4: Détermination puissance/volume*
- *5: Courbe d'égale satisfaction des besoins*
- *6: Choix de la combinaison la mieux adaptée*

Source: DIN4708

# MÉTHODE DE DIMENSIONNEMENT

- *1: Profil journalier de consommation d'eau chaude*
- *2: Volume d'eau chaude -> Energie puisée*
- *3: Courbe des besoins consécutifs*
- *4: Détermination puissance/volume*
- *5: Courbe d'égale satisfaction des besoins*
- *6: Choix de la combinaison la mieux adaptée*

Source: DIN4708

# MÉTHODE DE DIMENSIONNEMENT

- 1: Profil journalier de consommation chaude
- 2: Volume d'eau chaude produite
- 3: Courbe des besoins calorifiques
- 4: Détermination de la puissance/volume
- 5: Contrôle de la satisfaction des besoins
- 6: Choix de la combinaison la mieux adaptée

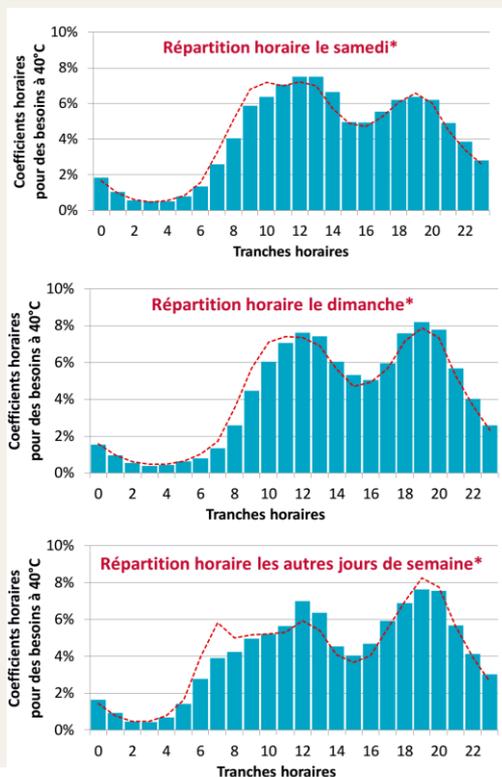
**Méthode statistique en collectif**  
**Campagne de mesures**  
**Connaissances exploitant**

Source: DIN4708

# MÉTHODE STATISTIQUE

## Besoin moyen à 40°C

$$V_m \times N_s \times C_h \times C_j \times C_m \times (40 - T_{ef_m}) / (60 - T_{ef_m})$$



Coefficients horaires pour des besoins à 40°C d'un immeuble de 269 logements standards du parc social			
Période	Samedi	Dimanche	Autres jours de semaine
0 à 1 h	1,8%	1,5%	1,7%
1 à 2 h	1,0%	1,0%	0,9%
2 à 3 h	0,6%	0,6%	0,5%
3 à 4 h	0,5%	0,4%	0,4%
4 à 5 h	0,5%	0,4%	0,7%
5 à 6 h	0,8%	0,6%	1,4%
6 à 7 h	1,3%	0,8%	2,8%
7 à 8 h	2,6%	1,3%	3,9%
8 à 9 h	4,1%	2,6%	4,3%
9 à 10 h	5,9%	4,5%	5,0%
10 à 11 h	6,4%	6,0%	5,2%
11 à 12 h	7,1%	7,1%	5,7%
12 à 13 h	7,5%	7,6%	7,0%
13 à 14 h	7,5%	7,4%	6,4%
14 à 15 h	6,6%	6,0%	4,5%
15 à 16 h	5,0%	5,3%	4,0%
16 à 17 h	4,9%	5,0%	4,7%
17 à 18 h	5,5%	6,0%	5,9%
18 à 19 h	6,2%	7,6%	6,9%
19 à 20 h	6,4%	8,2%	7,7%
20 à 21 h	6,2%	7,8%	7,6%
21 à 22 h	4,9%	5,7%	5,7%
22 à 23 h	3,9%	4,0%	4,1%
23 à 24 h	2,8%	2,6%	3,0%
<b>Totaux</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Coefficients mensuels pour des besoins à 40°C	
Janvier	1,07
Février	1,06
Mars	1,07
Avril	1,01
Mai	1,01
Juin	0,97
Juillet	0,86
Août	0,78
Septembre	0,96
Octobre	1,03
Novembre	1,08
Décembre	1,10
<b>Total</b>	<b>12</b>

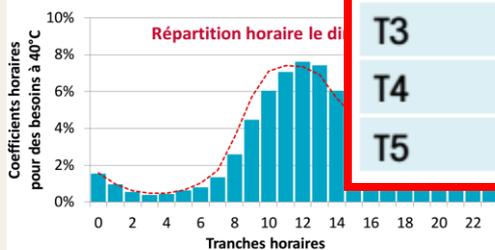
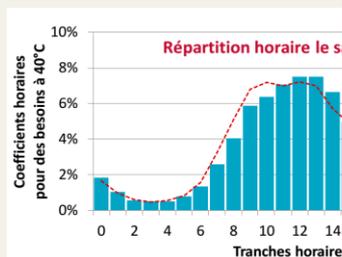
Coefficients journaliers pour des besoins à 40°C	
Lundi	0,96
Mardi	0,94
Mercredi	0,98
Jeudi	0,96
Vendredi	0,97
Samedi	0,98
Dimanche	1,21
<b>Total</b>	<b>7</b>

Source: ADEME2016

# MÉTHODE STATISTIQUE

## Besoin moyen à 40°C

$$V_m \times N_s \times C_h \times C_i \times C_m \times (40 - T_{ef_m}) / (60 - T_{ef_m})$$



Type d'appartements en immeuble	Besoins journaliers moyens en litres à 40°C*	
	Parc social	Parc privé
T1	75 ± 60	75 ± 60
T2	80 ± 65	80 ± 65
T3	110 ± 80	100 ± 70
T4	145 ± 100	110 ± 75
T5	190 ± 120	140 ± 90

Coefficients journaliers des besoins à 40°C
0,96
0,94
0,98
0,96
0,97
0,98
1,21
7

13 à 14 h	7,5%	7,4%	6,4%
14 à 15 h	6,6%	6,0%	4,5%
15 à 16 h	5,0%	5,3%	4,0%
16 à 17 h	4,9%	5,0%	4,7%
17 à 18 h	5,5%	6,0%	5,9%
18 à 19 h	6,2%	7,6%	6,9%
19 à 20 h	6,4%	8,2%	7,7%
20 à 21 h	6,2%	7,8%	7,6%
21 à 22 h	4,9%	5,7%	5,7%
22 à 23 h	3,9%	4,0%	4,1%
23 à 24 h	2,8%	2,6%	3,0%
Totaux	100%	100%	100%

Source: ADEME2016

# MÉTHODE STATISTIQUE

## Nombre de Logements Standards (Ns)

Type de logements	Parc privé		Parc social	
	Taux moyen* d'occupation	Coefficient d'équivalence	Taux moyen* d'occupation	Coefficient d'équivalence
T1	1,2	0,6	1,2	0,6
T2	1,4	0,7	1,4	0,7
T3	1,9	0,9	2,1	1
T4	2,3	1,1	3	1,4
T5	2,7	1,3	3,7	1,8
T6 ou plus	2,9	1,4	3,9	1,9

Besoins moyens et de pointes en litres à 60°C*		
Besoins moyens journaliers par logement standard	Sur l'année	70 ± 25
	Sur juillet et août	50 ± 20
Besoins de pointes d'un immeuble sur	10 min.	61 x n <sup>0,503</sup>
	1 h	83 x Ns <sup>0,708</sup>
	2 h	108 x Ns <sup>0,773</sup>
	3 h	116 x Ns <sup>0,815</sup>
	4 h	162 x Ns <sup>0,789</sup>
	5 h	189 x Ns <sup>0,784</sup>
	6 h	241 x Ns <sup>0,758</sup>
	7 h	277 x Ns <sup>0,75</sup>
8 h	294 x Ns <sup>0,762</sup>	

Source: ADEME2016

# MÉTHODE STATISTIQUE

## Nombre de Logements Standards (Ns)

Type de logements	Parc privé		Parc social	
	Taux moyen* d'occupation	Coefficient d'équivalence	Taux moyen* d'occupation	Coefficient d'équivalence
T1	1,2	0,6	1,2	0,6
T2	1,4	0,7	1,4	0,7
T3	1,9	0,9	2,1	1
T4	2,3	1,1	3	1,1
T5	2,7	1,3	3,5	1,3
T6 ou plus	2,9	1,4	4	1,4

**Attention aux écarts types très importants!!**

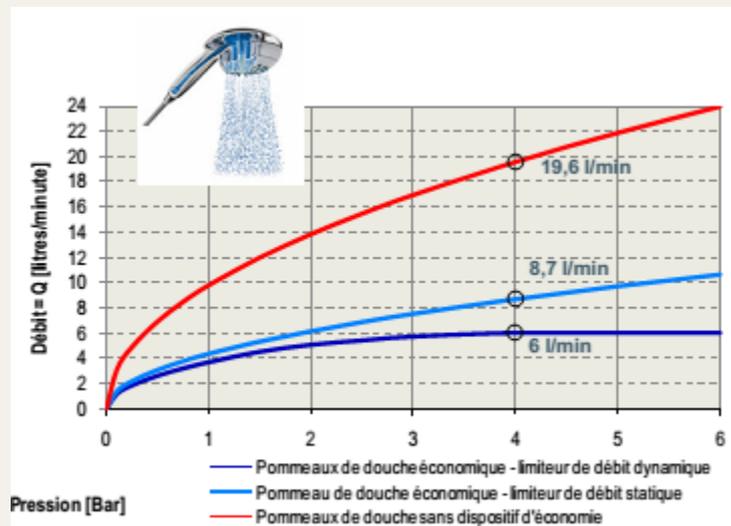
Besoins de pointes en litres à 60°C*	
Sur l'année	70 ± 25
Sur juillet et août	50 ± 20
10 min.	61 x Ns <sup>0,503</sup>
1 h	83 x Ns <sup>0,708</sup>
2 h	108 x Ns <sup>0,773</sup>
3 h	116 x Ns <sup>0,815</sup>
4 h	162 x Ns <sup>0,789</sup>
5 h	189 x Ns <sup>0,784</sup>
6 h	241 x Ns <sup>0,758</sup>
7 h	277 x Ns <sup>0,75</sup>
8 h	294 x Ns <sup>0,762</sup>

Source: ADEME2016

# CONSOMMATION D'EAU

## Rôle des limiteurs de débit

- *Etape essentielle et primordiale*
- *Impact fort de la baisse des consommations*



$P_{inst}=50kW$

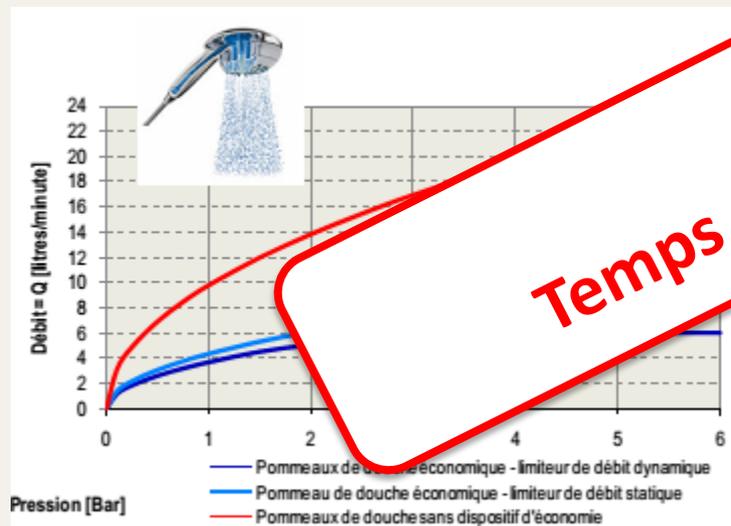
$P_{inst}=22kW$

$P_{inst}=15kW$

# CONSOMMATION D'EAU

## Rôle des limiteurs de débit

- *Etape essentielle et primordiale*
- *Impact fort de la baisse de débits*



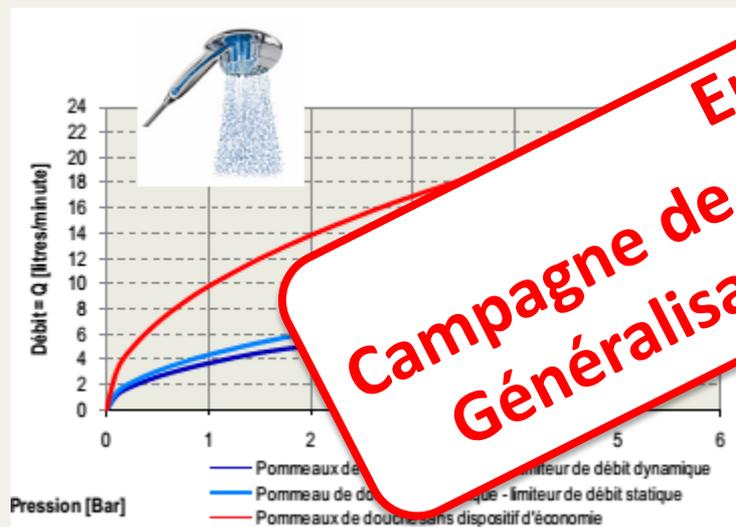
**Facteur 3!!!**  
**Temps de retour < 6 mois!!!!**

$P_{inst}=22kW$   
 $P_{inst}=15kW$

# CONSOMMATION D'EAU

## Rôle des limiteurs de débit

- *Etape essentielle et primordiale*
- *Impact fort de la baisse de*



**En rénovation:**  
**Campagne de mesures -> définir les profils**  
**Généralisation des limiteurs de débits**

$P_{inst} = 22 \text{ kW}$

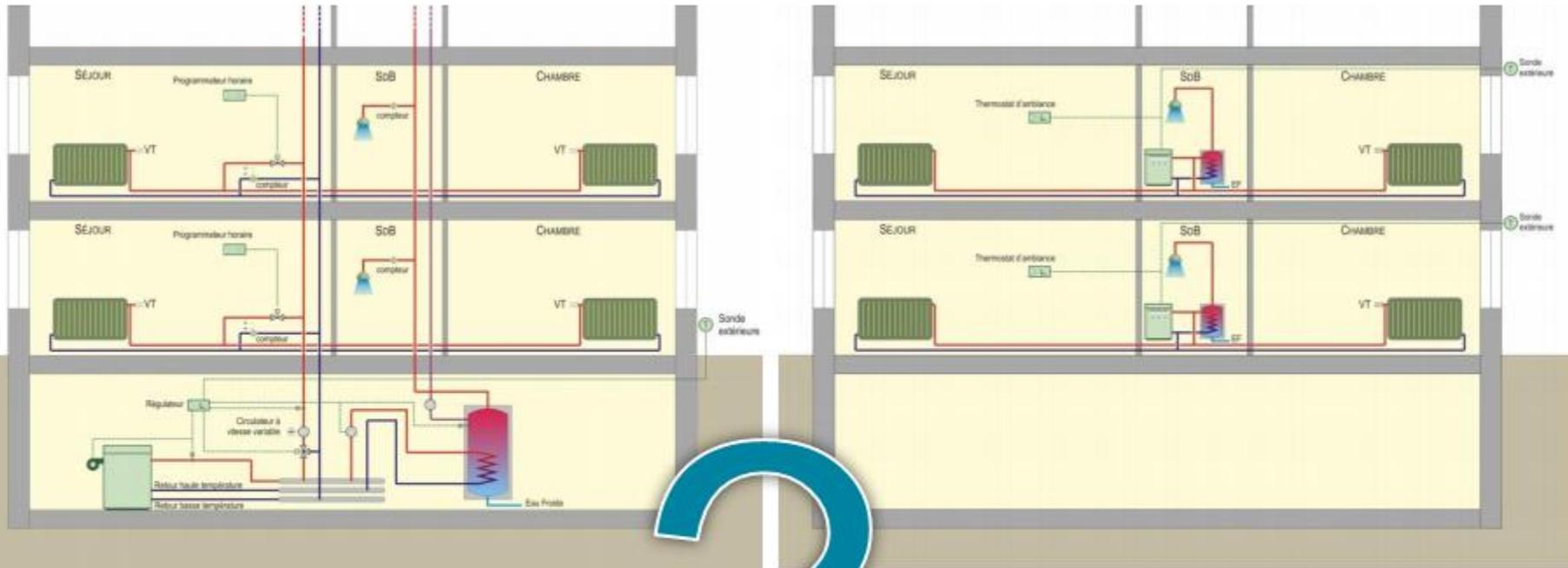
$P_{inst} = 15 \text{ kW}$

# COLLECTIF/INDIVIDUEL?

*Réflexion sur le mode d'eau chaude collectif/individuel :*

*Dans quels cas est-il intéressant de changer d'un mode à un autre ?*





**Collectif**



**Individuel**

Source: Energie+

Part de l'ECS

Dimensionnement

Collectif/individuel

EnR

Vers le passif

# COMPARAISON

	<b>Collectif</b>	<b>Individuel</b>
<b>Avantages</b>	Gains de place dans les appartements Pas de surchauffes Valorisation EnR Entretien commun Exploitation du foisonnement Durée de vie	Indépendance des usagers Pas de bouclage Facturation individuelle Entretien individuel
<b>Inconvénients</b>	Entretien commun Pertes de bouclage	Entretien individuel Nombre de percements de l'enveloppe Difficultés de valorisation EnR Pertes de stockage Surchauffes intérieures Durée de vie

# PERTES DE BOUCLAGE

Longueur de boucle - 100 m

$$T^{\circ}_{\text{boucle}} - T^{\circ}_{\text{ambiante}} = 40^{\circ}\text{C}$$

Pertes en ligne  
(accessoires compris)

Pertes  
annuelles

Pas isolée



5.700 W

50.000 kWh

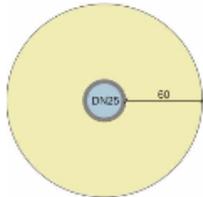
Peu isolée



1.500 W

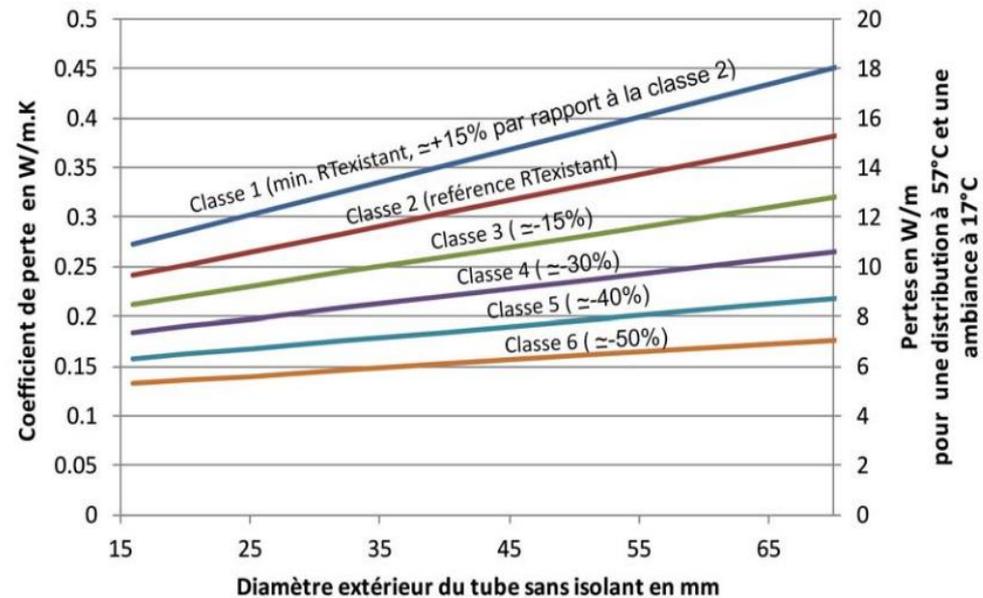
13.500 kWh

Bien isolée



850 W

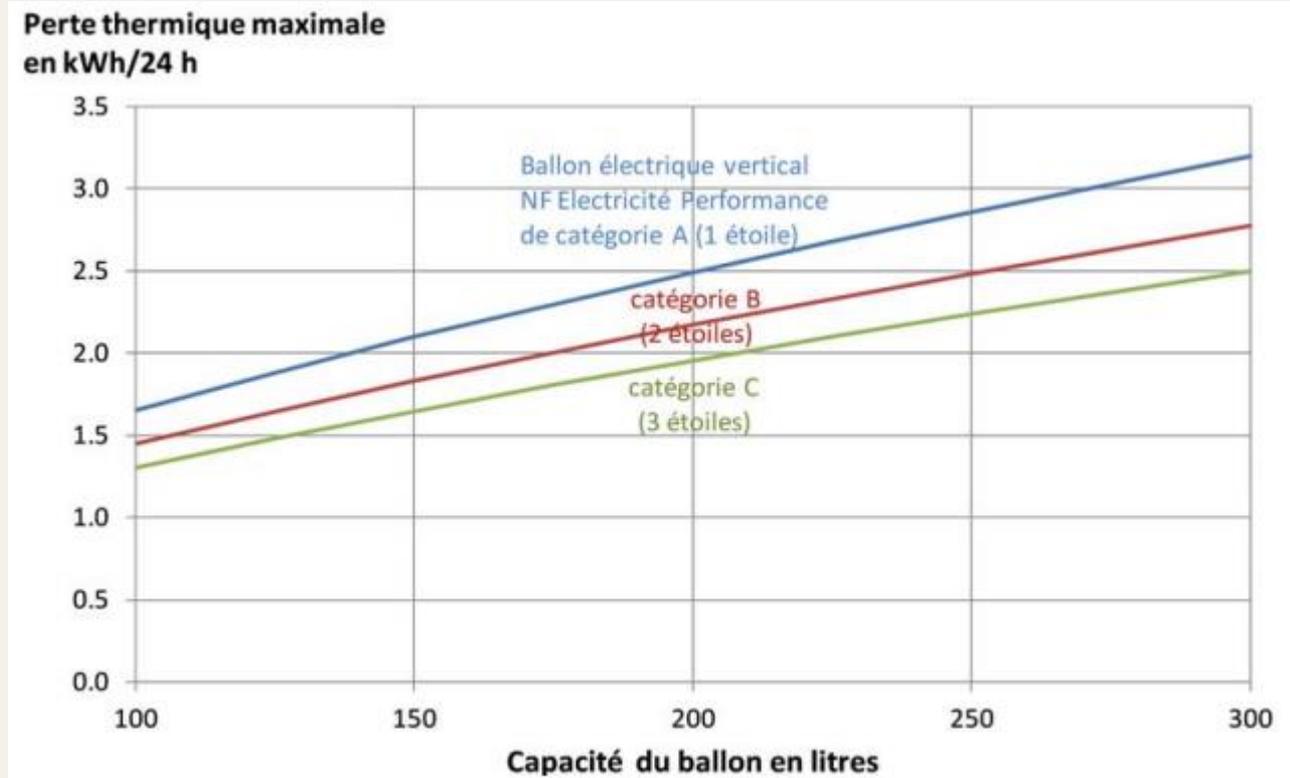
7.500 kWh



Source: BE

Rage

# PERTES DE STOCKAGE



Source: Rage

# EXEMPLE

Immeuble 40 logements

*Isolation moyenne*

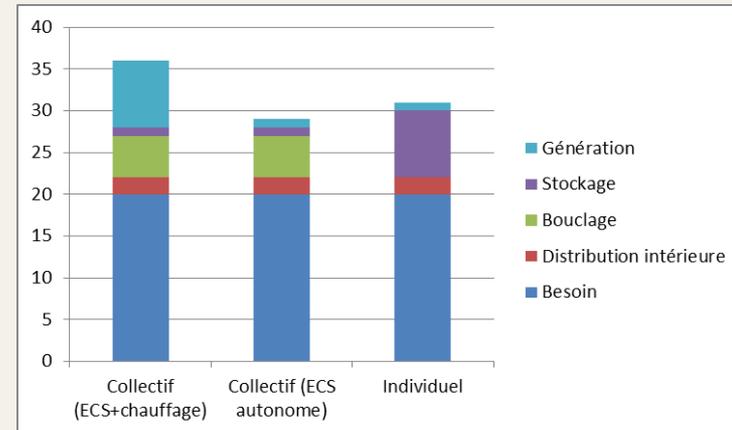
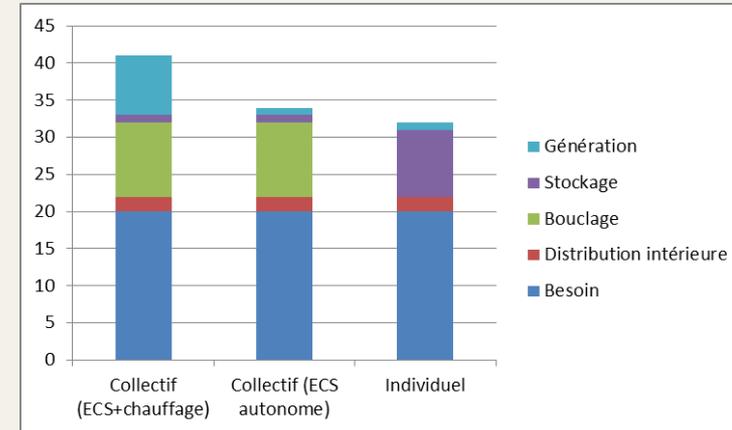
*Boucle classe 2*

*Ballon classe A*

*Isolation performante*

*Boucle classe 6*

*Ballon classe C*



# EXEMPLE

Immeuble 40 logements

*Isolation moyenne*

*Boucle classe 2*

*Ballon cla*

*Isola*

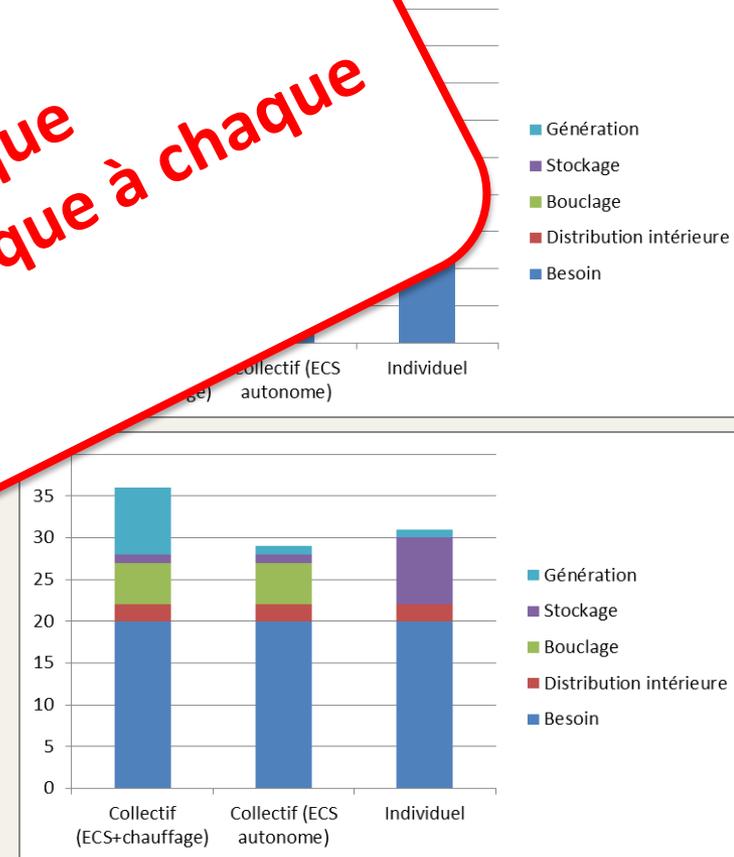
*Bo*

*Balle*

Source: BE

Rage

**Pas de réponse unique  
Nécessite une étude spécifique à chaque  
projet**



# ENERGIES RENOUVELABLES

*Quels sont les modes d'intégration des enr et quels retours d'expérience ?*

*Comment réussir l'intégration de l'eau chaude solaire sur la durée ?*



Part de l'ECS

Dimensionnement

Collectif/individuel

EnR

Vers le passif

**KISS**

Part de l'ECS

Dimensionnement

Collectif/individuel

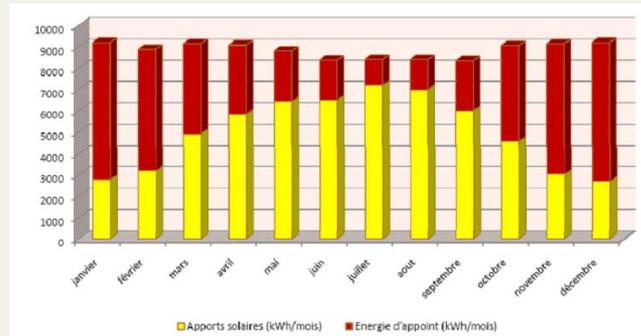
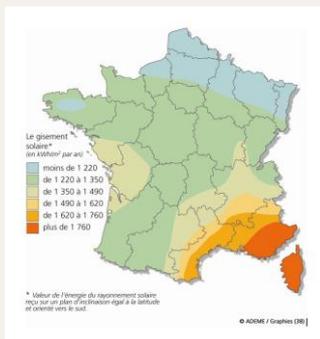
EnR

Vers le passif

**KEEP IT SIMPLE & STUPID!**

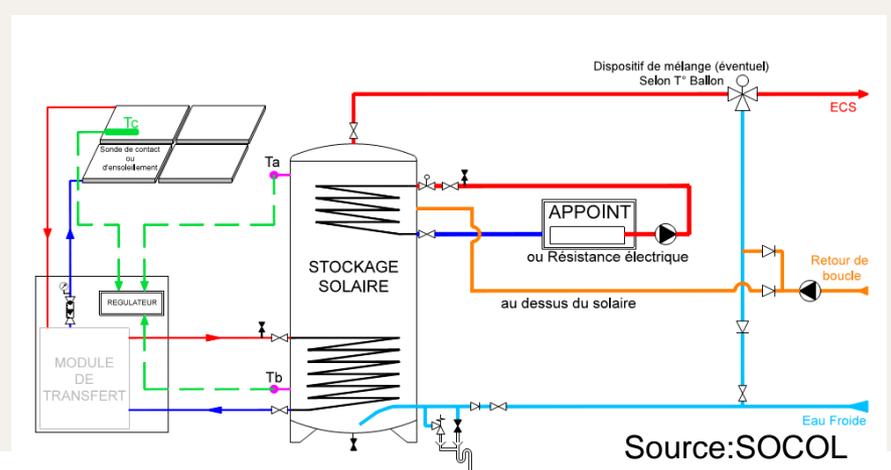
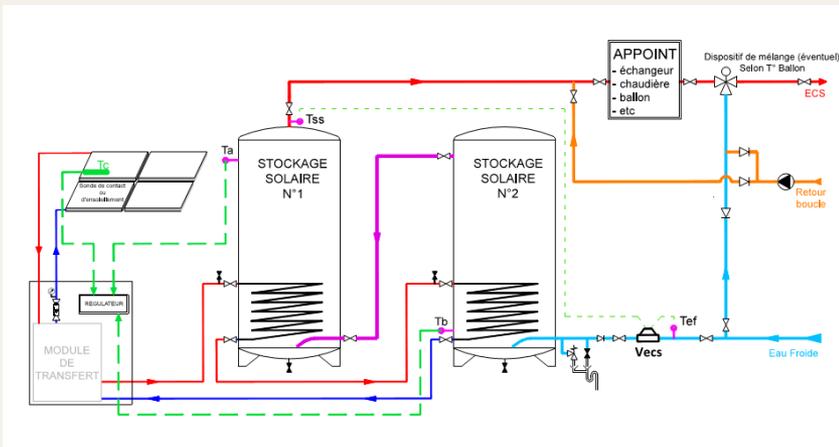
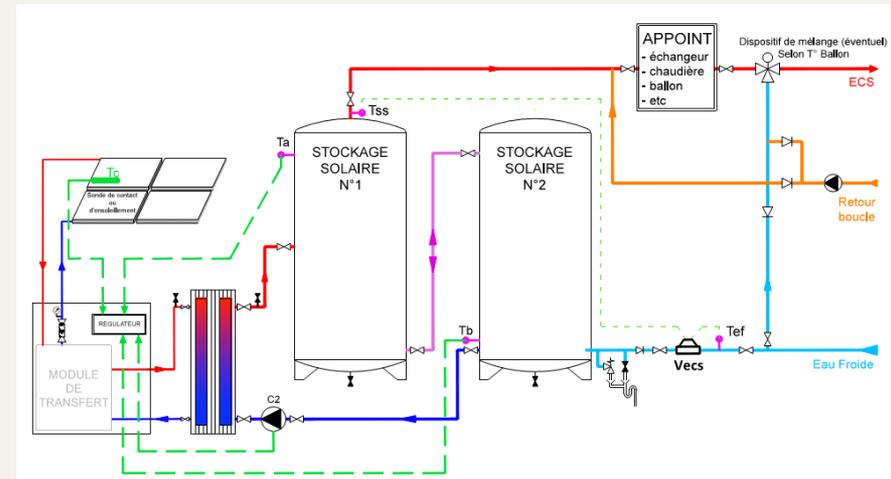
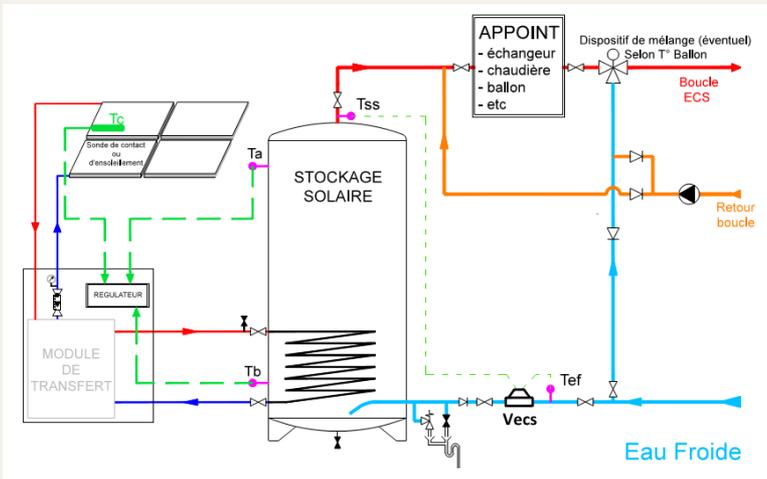
# SOLAIRE THERMIQUE

- *Nécessité de robustesse et de durabilité des performances*
- *Utilisation de systèmes connus éprouvés*
- *Innovation uniquement pour aller dans la simplicité*



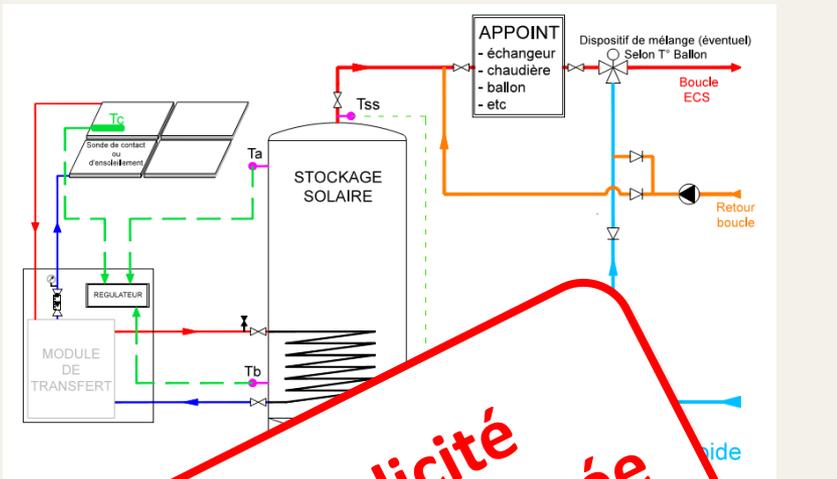
Source: SOCOL

# SYSTÈMES COLLECTIFS

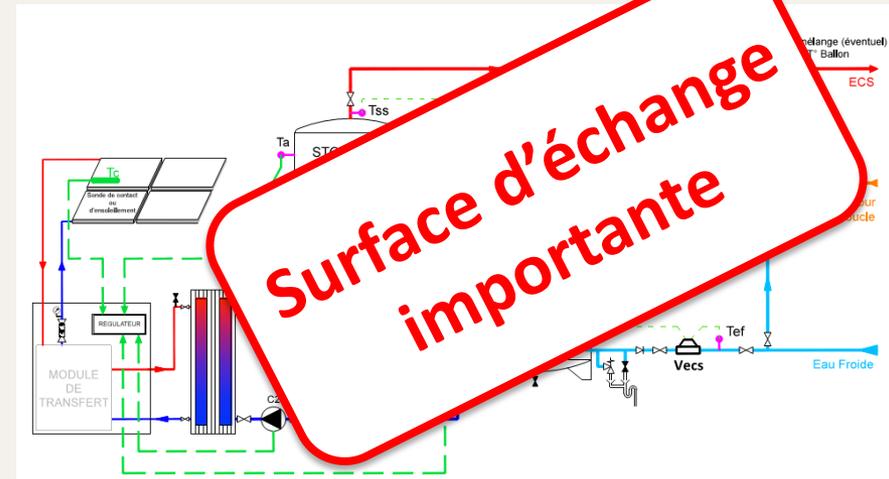


Source: SOCOL

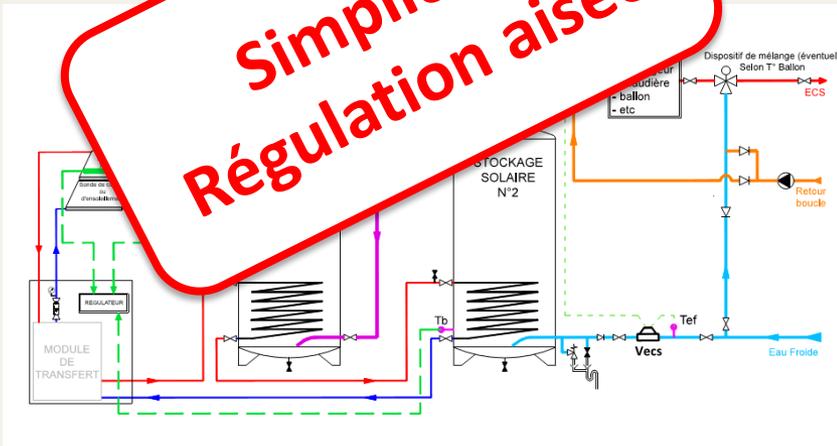
# SYSTÈMES COLLECTIFS



**Simplicité  
Régulation aisée**



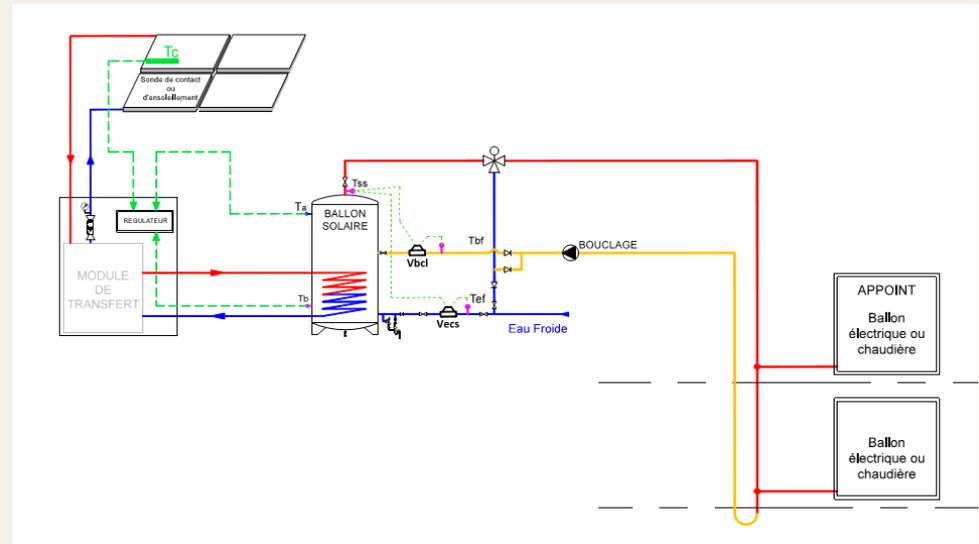
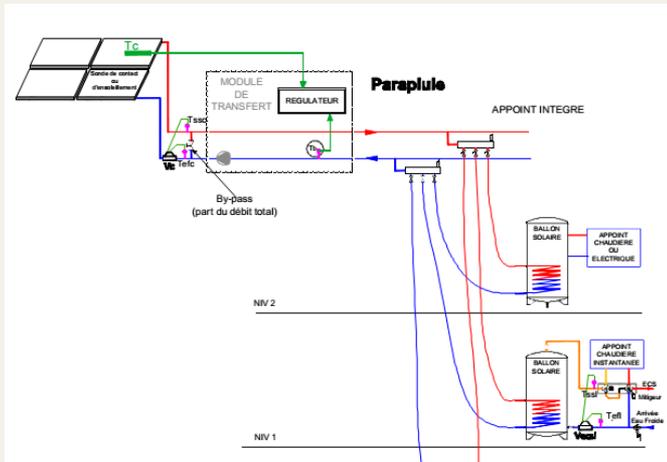
**Surface d'échange  
importante**



**Compensation  
solaire des pertes  
de bouclage**

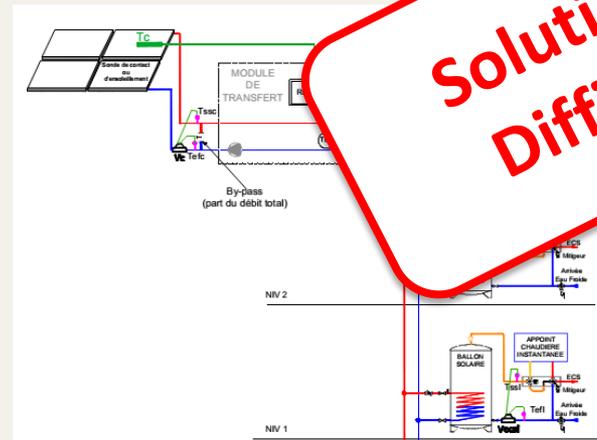
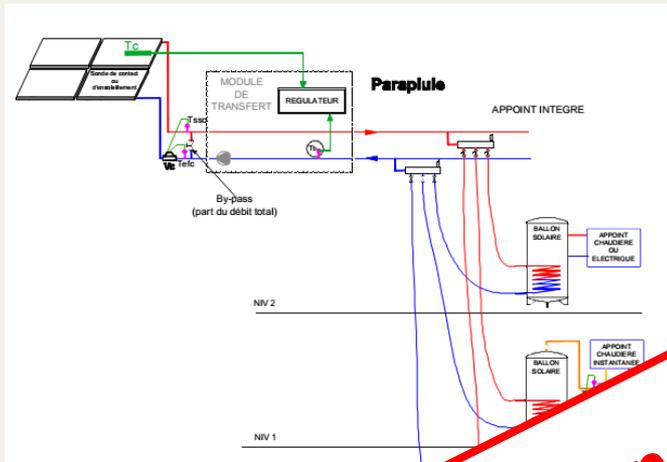
Source: SOCOL

# SYSTÈMES INDIVIDUALISÉS

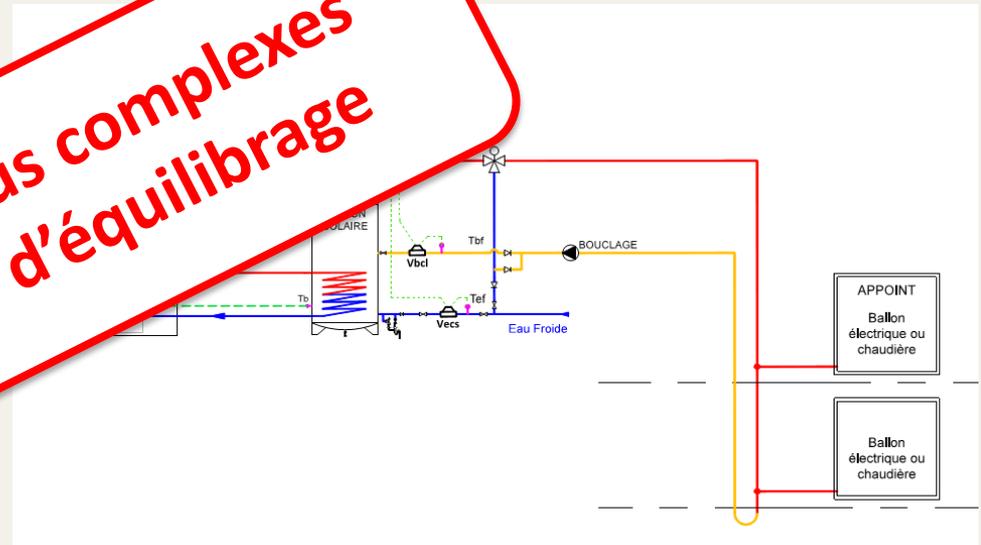


Source: SOCOL

# SYSTÈMES INDIVIDUALISÉS



**Solutions plus complexes**  
**Difficultés d'équilibrage**



Source: SOCOL

# PERFORMANCES?

- *Choisir un bon BET*
  - > *Eviter le surdimensionnement*  
*1 – 1,2 m<sup>2</sup>/logement, 50 l/m<sup>2</sup>capt*
- *Choisir un bon installateur/exploitant*
  - > *Qualité de mise en œuvre, isolation complète*
- *Mettre en place un suivi efficace (couverture solaire)*
- *REM/CREM?*

# PERFORMANCES?

- Choisir un bon BET
  - > Eviter le surdimensionnement  
1 – 1,2 m<sup>2</sup>/logement capt
- Choisir un bon exploitant
  - > Qualité de main d'œuvre, isolation complète
- Mettre en place un suivi efficace (couverture solaire)
- REM/CREM?

**limiter les débits  
en puisage!!!**

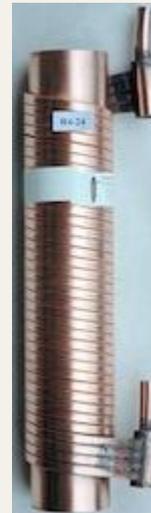
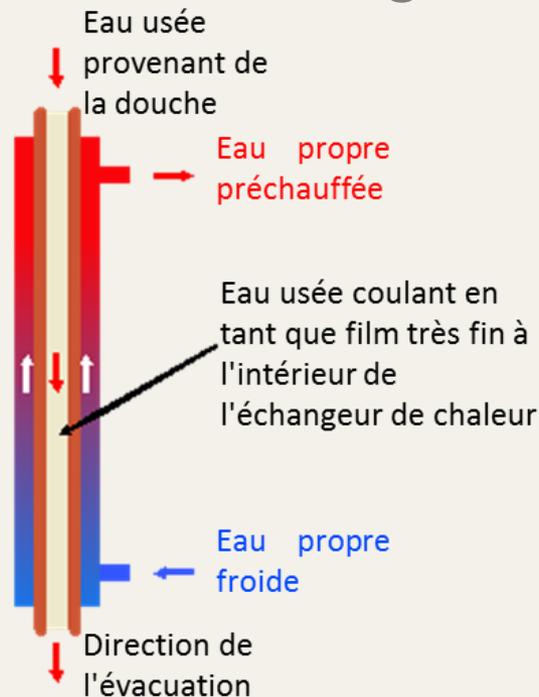
# PERFORMANCES?

- Choisir un bon BET
  - > Eviter le surdimensionnement  
1 – 1,2 m<sup>2</sup>/logement
- Choisir un bon captant
  - > Qualité de main d'œuvre, isolation complète
- Mettre en place un suivi efficace (couverture solaire)
- REM/CREM?

**Penser à la  
solarisation de la  
boucle ECS!!**

# RÉCUPÉRATION DE CHALEUR SUR EAUX GRISES

- *Systemes en général très simples*



# RÉCUPÉRATION DE CHALEUR SUR EAUX GRISES

- *Systemes en général très simples*



**Nécessite simultanément des débits  
Peu adapté en logement  
(mieux: piscine, centre d'accueil, prison...)**



# RÉCUPÉRATION DE CHALEUR SUR EAUX GRISES

- *Ou plus compliqués*



Source:SOCOL

# RÉCUPÉRATION DE CHALEUR SUR EAUX GRISES

- *Ou plus compliqués*



**Faible pente + eaux chargées  
-> problèmes d'entretien/maintenance**

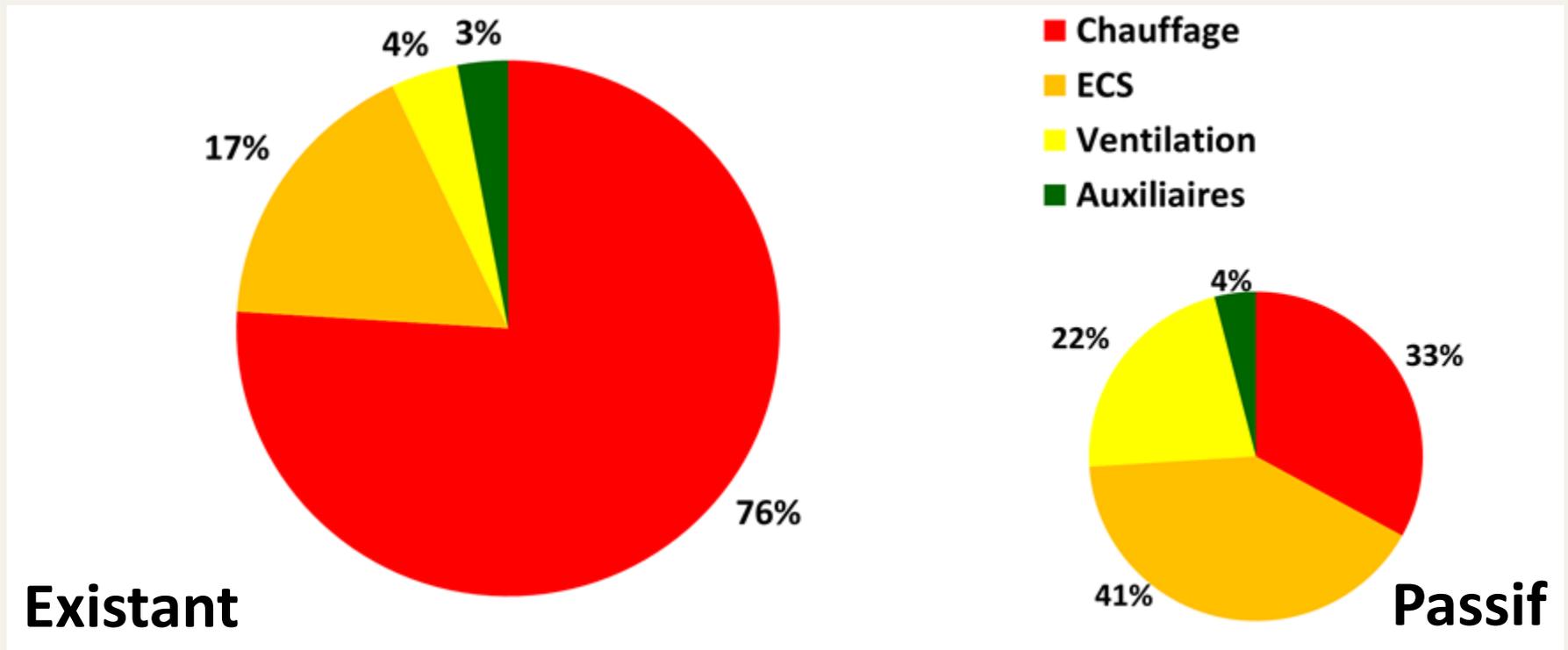


Source:SOCOL

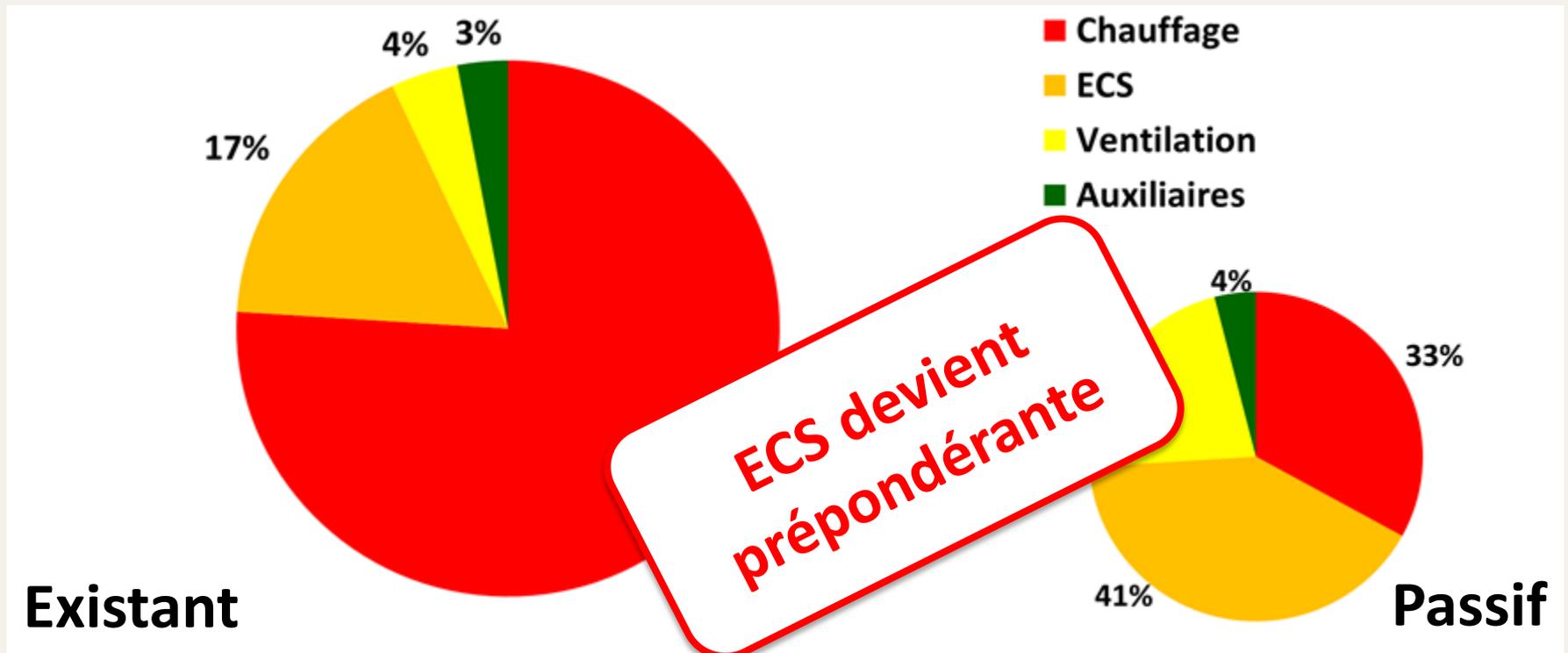
# *VERS LE PASSIF*



# CHANGEMENT D'ORDRE DE GRANDEUR



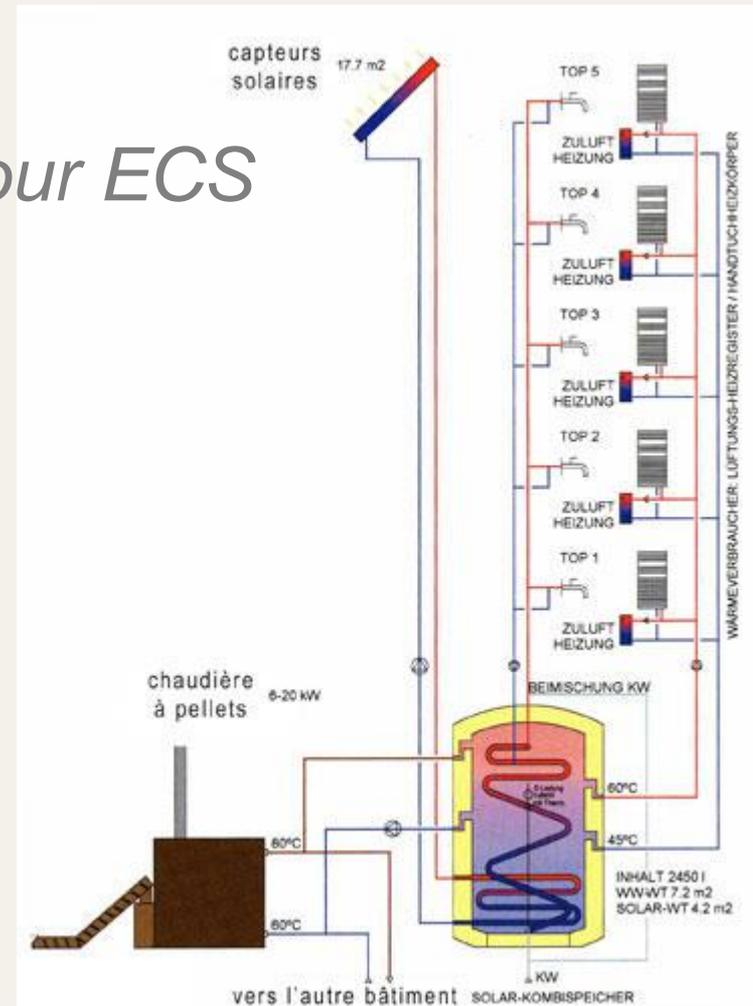
# CHANGEMENT D'ORDRE DE GRANDEUR



# QUEL SYSTÈME TECHNIQUE?

- *Systeme dimensionné pour ECS*
- *Solarisation boucle ECS*
- *Chaudiere bois + solaire*
- *Eau technique*

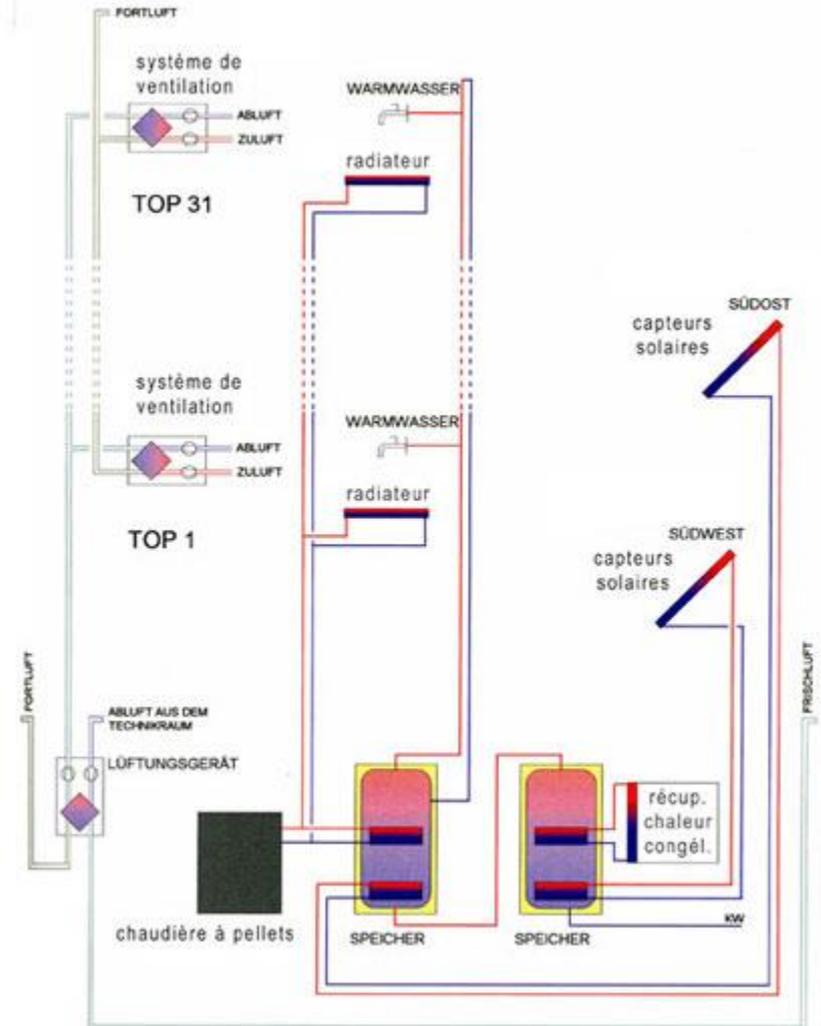
Source: Cepheus



# QUEL SYSTÈME TECHNIQUE?

- *Préchauffage solaire*
- *Récupération chaleur*
- *Ventilation performante*
- *Chaufferie bois + solaire*

Source: Cepheus



# ELECTRICITÉ?

*Chauffage et ECS collective*

*Rénovation passive*

*Abandon du chauffage collectif pour individuel électrique?*

# ELECTRICITÉ?

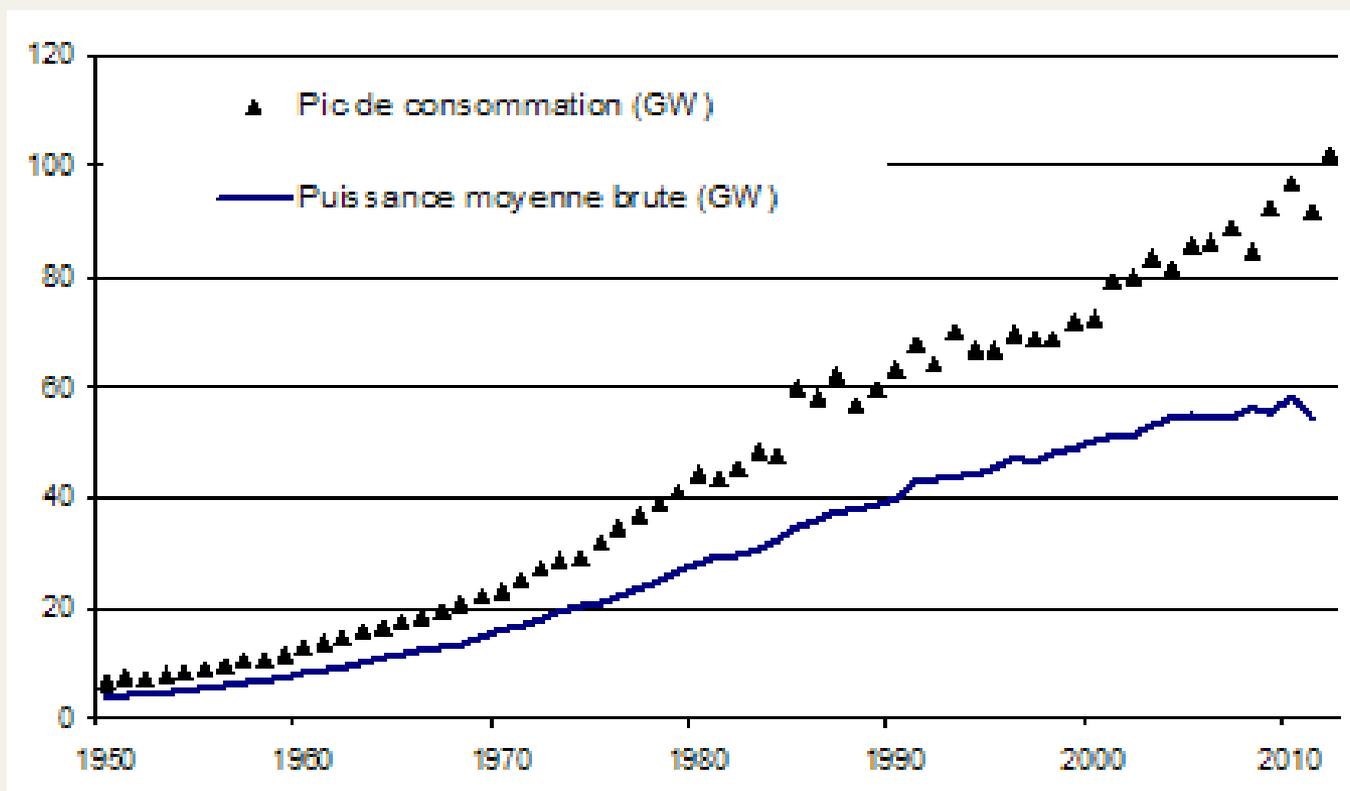
*Chauffage et ECS collective*

*Rénovation passive*

*Abandon du chauffage collectif pour individuel  
électrique?*

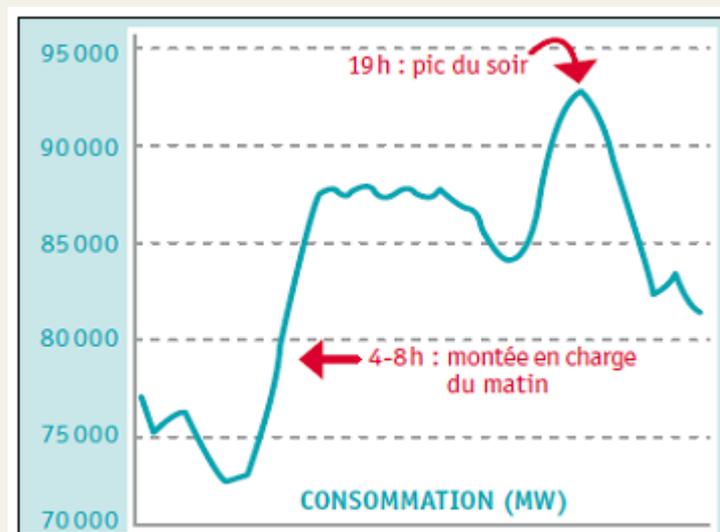
**Attention à la  
pointe!!**

# EVOLUTION POINTE ÉLECTRIQUE



Source: RTE

# POINTE ÉLECTRIQUE QUOTIDIENNE



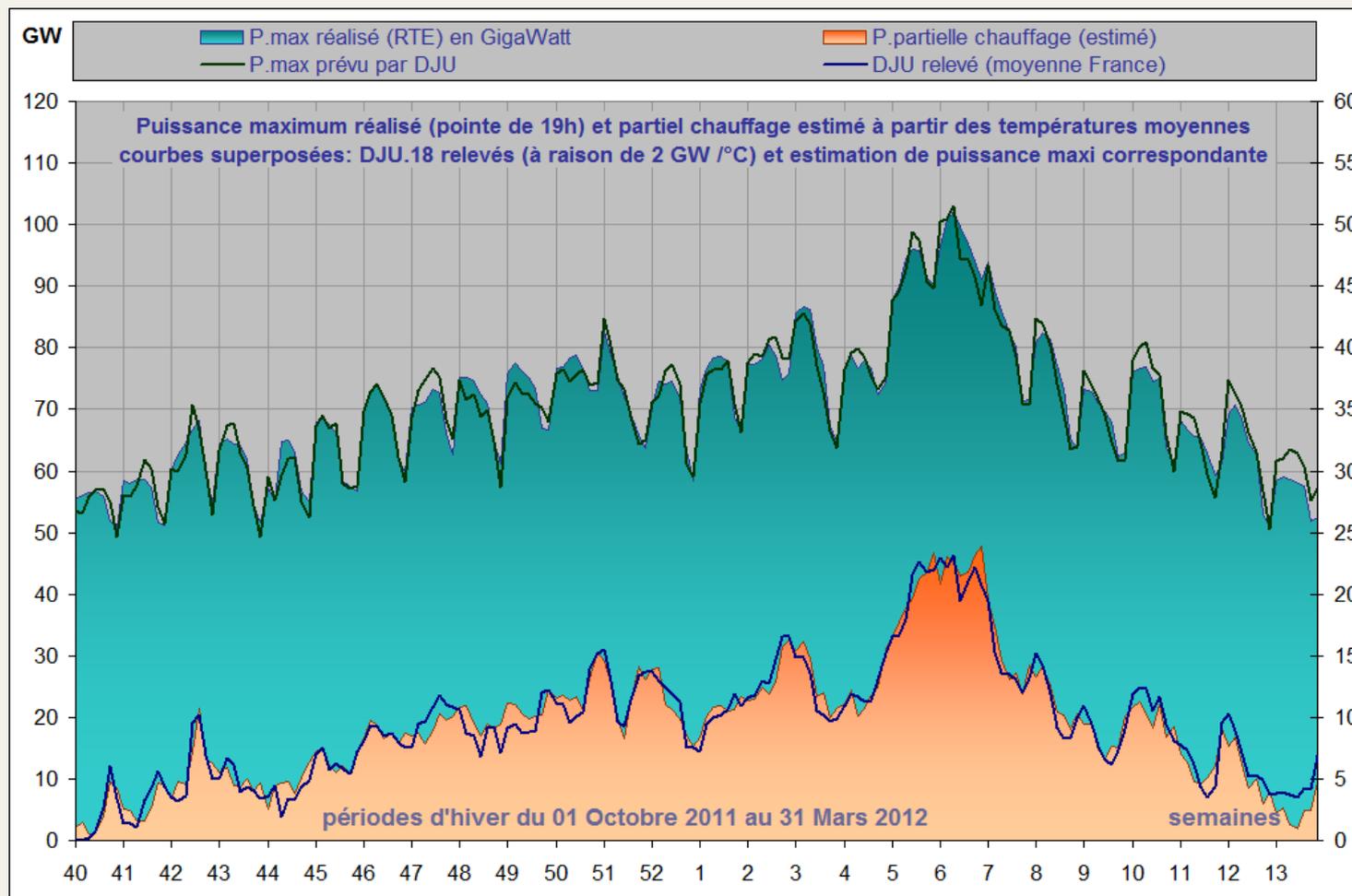
Source: Ministère

# THERMOSENSIBILITÉ

- *1°C d'abaissement de température en hiver  
-> 2300MW en plus soit 2 x Marseille!*

	Population	Thermosensibilité	
<b>Allemagne</b>	80 millions	500 MW/°C	6,25 W/°C.Hab
<b>France</b>	65 millions	2300MW/°C	35,4 W/°C.Hab

# POINTE ÉLECTRIQUE SAISONNIÈRE



Source: RTE

26 septembre 2016



# EFFICACITÉ DU CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE

## - *Chauffage électrique*



## - *Chauffage gaz*

