

Etude de cas : Détermination de la puissance de la chaudière d'un bâtiment de 42 logements

Dossier suivi par Benoît Maraval, BET Adret (la Seyne-sur-Mer, Var), et Hervé Sébastia, Responsable de prescription chez Atlantic Guillot.

Dans cet étude de cas, l'objectif est de calculer la puissance de la chaudière d'un bâtiment neuf construit à Nîmes en zone climatique H3 par simulation thermique dynamique. Un dossier suivi par Benoît Maraval, chargé d'affaires HQE au bureau d'études ADRET (La Seyne-sur-Mer, Var), et Hervé Sébastia, responsable de prescription chez Atlantic Guillot.

Descriptif du bâtiment



- **42 logements**, dont 13 T2, 11 T3, 14 T4 et 4 T5
- Surface hors œuvre net selon la réglementation thermique (**Shon RT**) : **3 321 m²**
- Surface habitable (Shab) : **2 883 m²**



Zoom sur l'isolement du bâtiment

- Des murs en béton isolés par l'extérieur par 16 cm de polystyrène d'une résistance thermique $R \geq 4,2 \text{ W/m}^2.K$
- Les menuiseries extérieures affichent un coefficient de déperdition thermique $U_w \leq 1,6 \text{ W/m}^2.K$ et un coefficient de performance du couple « fenêtre et volet », $U_{jn} \leq 1,41 \text{ W/m}^2.K$
- Les planchers sur parking sont isolés par un isolant projeté d'une épaisseur de 15 cm d'un coefficient $R > 3.1 \text{ W/ m}^2.K$
- Les dalles des toitures-terrasses sont isolées par des panneaux de polyuréthane de 20 cm d'épaisseur d'un $R \geq 8. 3 \text{ W/m}^2.K$

1. Déterminer la puissance de chauffage

En premier lieu, les concepteurs définissent la surpuissance de la chaufferie collective à la relance après le ralenti nocturne. Son calcul s'établit selon la formule :
Surpuissance à la relance (W) = facteur de relance (Frh, en W/m^2) x Shab

Le calcul est réalisé selon les critères de facteur de relance suivants :

Temps de relance	Facteur de relance Frh (W/m^2)								
	Chute de température prévue								
	2 K			3 K			4 K		
	Inertie du bâtiment			Inertie du bâtiment			Inertie du bâtiment		
	Faible*	Moyenne**	Forte***	Faible	Moyenne	Forte	Faible	Moyenne	Forte
1 heure	13	13	11	19	19	15	25	23	16
2 heures	9	10	9	14	15	12	18	17	12
3 heures	7	8	7	11	11	9	14	12	9
4 heures	6	6	6	8	9	8	10	9	8

* Inertie du bâtiment faible : faux plafonds, planchers surélevés et murs légers

** Inertie du bâtiment moyenne : plafonds et planchers surélevés en béton et murs légers

*** Inertie du bâtiment forte : plafonds et planchers surélevés en béton, et murs en briques ou en béton

Tableau 1 : Puissance chaudière - Facteur de relance

La surpuissance à la relance peut ainsi être établie de 17,3 kW à 72 kW. Le générateur de chauffage de 90 kW déterminée pour un tel bâtiment dans ce site (modérément abrité, d'une étanchéité à l'air moyenne avec des joints normaux, équipée d'une [VMC Hygro B](#)) serait donc complété de 20 à 80 % de puissance supplémentaire. Les concepteurs s'interrogeront donc sur les modalités de prise en compte des abaissements de nuit.

Une simulation dynamique du projet permet de répondre à cette question. Un arrêt de chauffage d'une journée est programmée afin d'observer la chute de température intérieure subie : elle atteint 0,7 °C sur la période nocturne de 8 heures, et elle est d'un maximum de

2°C sur les 24 heures étudiées. Pour les thermiciens, un abaissement de moins de 2 à 4°C mérite une prise en compte toute retenue de la surpuissance à la relance.

2. Déterminer la puissance ECS

D'autre part, les concepteurs étudient le dimensionnement de la chaufferie pour répondre aussi aux besoins d'ECS. En l'occurrence, l'outil retenu pour cet exercice est celui de la méthode Qualitel. Cette feuille de calcul livre diverses options, notamment le choix entre une hypothèse standard et la réponse aux règles Qualitel.

- Dans le premier cas, avec une solution semi-instantanée/accumulée, produire 1 000 l d'eau à 60°C à partir d'une eau froide à 10°C suppose une puissance de 53 kW.
- Dans le second cas, cette même production réclame 101 kW, soit une puissance à l'échangeur du ballon de 114 kW.

3. Déterminer la puissance chauffage + ECS

Sur ces bases, comment déterminer la puissance de la chaudière ?

- D'après le calcul des déperditions (selon les normes NF EN 12381 et NF EN P52-612/CN), le besoin de **chauffage**, sans abaissement de température nocturne serait de 90, voire **112 kW** en acceptant une majoration de 25 % pour compenser des défauts de performances du bâti et la baisse de rendement pendant la durée de vie de la chaudière. Avec la prise en compte d'un abaissement de 2 K et une relance de la température en 4 heures – hypothèse de surpuissance à la relance la plus favorable – la puissance de la chaudière serait d'au moins 107 kW, voire de 134 kW pour compenser les dérives décrites plus haut.
- Quant au **dimensionnement pour l'ECS**, on retiendra plutôt une **puissance de 101 kW** pour une puissance à l'échangeur de 114 kW.

La sélection finale n'accepte pas une sous-puissance. De même, un équipement surpuissant sera handicapé d'un surcoût ; techniquement, il augmentera les cycles marche/arrêt du brûleur.

4. Choisir la puissance de la chaudière

Pour déterminer la puissance de la chaudière double service à installer, les concepteurs sélectionneront successivement la puissance maximale de la chaudière, puis la puissance minimale.

1. Optimisation de l'équipement de puissance maximale

En se fondant sur les données du paragraphe précédent, les concepteurs calculeront la puissance totale maximale de la chaudière de cette résidence de la manière suivante :

$$\text{Totale} = P_{\text{chaudière}} + P_{\text{échangeur ballon ECS}} = 134 \text{ kW} + 114 \text{ kW} = 248 \text{ kW}$$

Attention : ne pas porter dans cette formule la puissance nécessaire pour la production d'eau chaude sanitaire – 101 kW – mais celle de la puissance de l'échangeur du préparateur d'ECS !

Deux chaudières seront installées – pour des raisons de continuité de service et de gestion de fonctionnement optimal en cascade –, et leur puissance sera établie avec un coefficient de sécurité à 75 % des besoins :

$$P_{chaudières} = 0,75 \times 248 + 0,75 \times 248 = 186 + 186 = 372 \text{ kW minimum}$$

La sélection de deux chaudières à condensation dans le catalogue d'un fournisseur oriente vers des modèles de 219 kW, soit une puissance totale installée de 438 kW.

2. Optimisation de l'équipement de puissance minimale

Sur la base de la détermination de la puissance de la chaufferie double service, les concepteurs calculeront la puissance minimale de la chaudière de la manière suivante :

$$P_{totale} = P_{max} \text{ entre chauffage et ECS} = 90 \times 1,25 = 112 \text{ kW}$$

Avantage de cette solution : elle ne prend pas en compte le dimensionnement de l'eau chaude sanitaire selon la feuille de calcul Qualitel. Rappelons qu'il conduit à produire 1 000 l d'eau avec 101 kW au lieu de 53 kW !

Deux chaudières seront installées, sans application de coefficient de sécurité, mais avec une cascade pour une optimisation du service :

$$P_{chaudières} = 0,5 \times 112 + 0,5 \times 112 = 56 + 56 = 112 \text{ kW minimum}$$

Dans ce cas de figure, en cas de panne de l'un des générateurs, une chaudière assure 80 % des besoins de chauffage, ainsi que la totalité des besoins d'ECS standard (53 kW, selon l'outil de calcul Qualitel). À noter aussi que les deux chaudières assurent, même avec cette installation « minimaliste », la totalité des besoins d'ECS seuls, selon la préconisation Qualitel.

La sélection de deux chaudières à condensation dans le catalogue d'un fournisseur oriente vers des modèles de 60 kW, soit une puissance totale installée de 120 kW.

Le bilan de cette approche décrit un cas extrême maximal avec 2 générateurs de 219 kW – soit 438 kW de puissance installée – et un cas extrême minimal avec deux chaudières de 60 kW – soit 120 kW installés. La question à laquelle les ingénieurs doivent répondre maintenant est : comment estimer les besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire maximaux au pas horaire ? La réponse nécessite le recours à la simulation dynamique.

5. Déterminer la puissance de chaudières sur Simulation thermique dynamique

Cette dernière phase demande de prendre en compte :

- d'une part, des besoins de chauffage réalistes
- d'autre part, une prise en compte des scénarii de confort choisis par le maître d'ouvrage

Chauffage

L'approche réaliste des besoins de chauffage se base sur des hypothèses libres telles que des données météorologiques au pas de temps horaire sur un an, une consigne calée à 20 °C (supérieure aux 19 °C réglementaires), à une prise en compte des apports internes (occupation, dégagements de chaleur, ventilation...) sur un mode statistique (classiquement, début d'activité vers 7h le matin, retour à 12h et de 18h30 à 23h) et l'ouverture des fenêtres.

Eau chaude sanitaire

L'intégration des appels de puissance pour la production d'ECS s'effectue au pas horaire et selon deux scénarii :

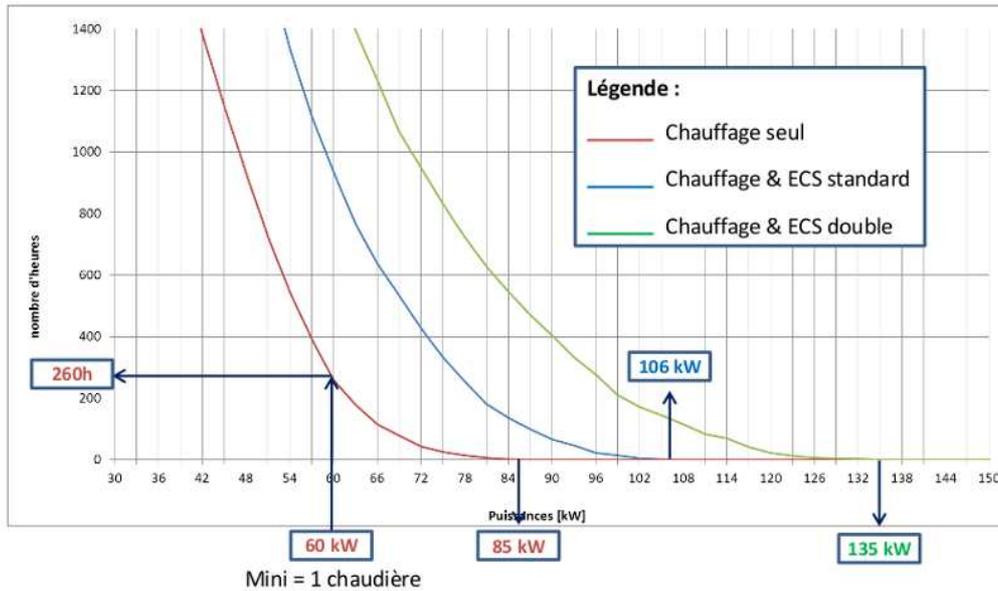
- un dimensionnement standard à 25 l par occupant et par jour à 60 °C, soit 3 420 l/j
- un dimensionnement double à 50 l par occupant et par jour à 60 °C, soit 6 840 l/j

À noter que le dimensionnement retenu dans la RT 2012 est de 23 litres par personne et par jour à 60 °C, soit 3 160 l/j.

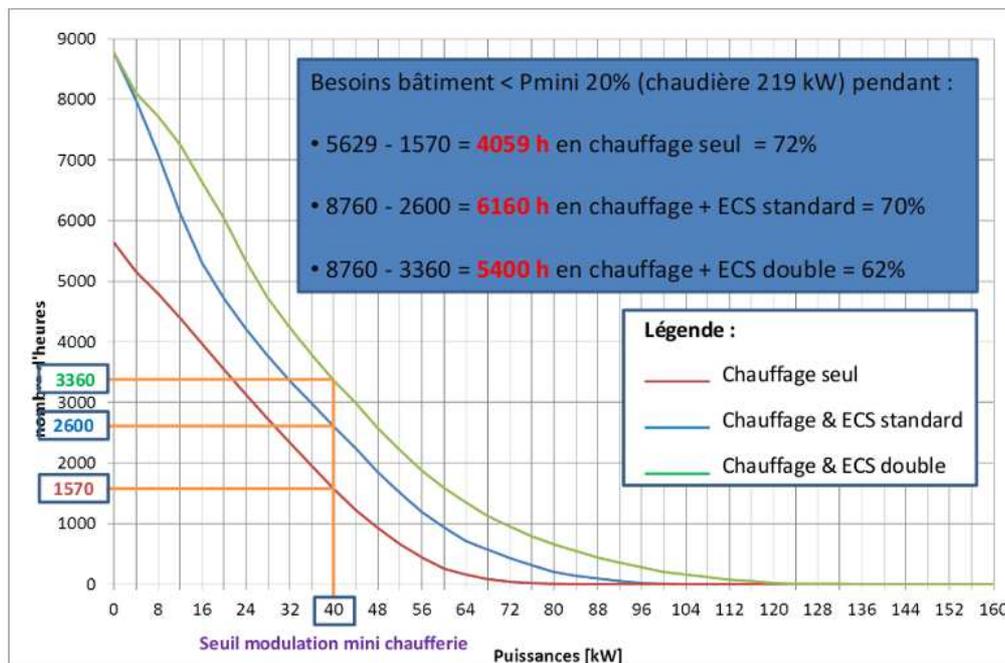
S'ajoutent à ces hypothèses la prise en compte des pertes de bouclage, soit 4 kW/an en moyenne.

Ce calcul est traduit par les monotones ci-après et renseignent sur les points suivants :

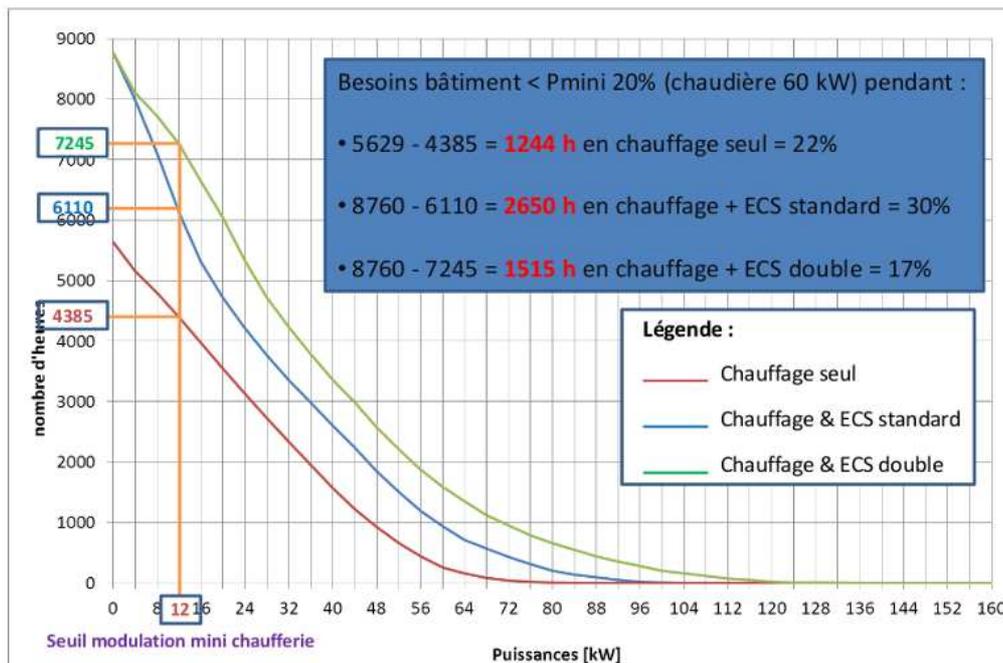
Rappel dimensionnement cas extrême mini = 120 kW de puissance installée



Dimensionnement mini = 1 sur 2 chaudières 60 kW = **95%** besoins chauffage annuel !



Modulation des chaudières pratiquement **inexistante** !



Seuil mini de modulation des chaudières **exploité !**

A noter

- Une seule chaudière de 60 kW est capable d'assurer 95 % des besoins de chauffage annuels
- Les deux chaudières de 60 kW couvrent la totalité des besoins de chauffage et d'ECS pour un dimensionnement standard
- La couverture les besoins de chauffage et d'ECS selon le cahier des charges Qualitel demande de passer à un équipement de seulement 135 kW
- La configuration avec deux chaudières de 219 kW est nettement surdimensionnée : les besoins du bâtiment sont en deçà de 20 % de la puissance d'une seule chaudière durant 72 % de la durée de la saison de chauffage. De même, la fourniture de chauffage et d'ECS est assurée avec un cinquième de la puissance durant deux tiers de l'année...
- La chaufferie dotée des générateurs de 60 kW permet de mieux exploiter la modulation du brûleur et, en particulier, d'atteindre leur seuil minimal de 12 %

Conclusion

Le dimensionnement maximal avec deux chaudières de 219 kW ne peut qu'offrir une satisfaction à court terme aux chaudiéristes ! Mais le choix pour une chaufferie avec deux unités de 60 kW assure au maître d'ouvrage une économie financière de 18 000 € par chaudière. Ce à quoi il faut ajouter l'investissement pour des équipements d'évacuation des fumées, d'hydraulique primaire... Soit un gain de l'ordre de 500 € par logement.