

# ***INTRODUCTION***

Publier un livre sur une technique performante alors que les prix des énergies fuel et gaz naturel viennent de s'effondrer peut sembler utopique. Proclamer « **La condensation... ça marche !** » alors que les professionnels sont aujourd'hui plus séduits par les chaudières à haut rendement que par la condensation risque de faire passer l'auteur pour un rêveur.

En matière d'évolution technique le succès commercial correspond à un produit bien fait qui arrive au bon moment.

La condensation est aujourd'hui en phase d'atteindre sa majorité pour les chaudières de 100 à 500 kW, elle est encore adolescente pour les chaudières individuelles, elle vient de naître pour les récupérateurs-condenseurs de plus de 2000 kW. Une technique bien adaptée dans toutes ses déclinaisons nécessite de 10 à 15 ans de développement pour être disponible à un prix de marché pour des professionnels qui en ont intégré toutes les spécificités.

**La condensation... ça marche** parce que les constructeurs traitent les problèmes de jeunesse avec sérieux, les bureaux d'étude et les installateurs connaissent le produit et s'intéressent à son évolution, les clients en ont l'image d'un produit haut de gamme. Tout est prêt pour que la chaudière à condensation relègue la chaudière classique au musée des antiquités dans 10 à 15 ans.

**La condensation... ça marche** parce qu'elle reste la seule technique dont les performances sont incontestables dans cette période de prix de l'énergie aux niveaux les plus bas. Souvenez-vous du solaire, des pompes à chaleur, de la géothermie et reconnaissons que l'évolution de la chaudière à condensation est un succès dans un environnement difficile.

À partir d'une enquête effectuée par GAZ DE FRANCE sur un millier de chaufferies équipées de chaudières à condensation de plus de 70 kW, nous avons tiré les enseignements techniques et économiques sur ce type de réalisation dont les performances, dans de bonnes conditions d'installation et d'exploitation, sont remarquables comme on le verra au cours des différents chapitres et des exemples décrits.

Ces installations sont encore en nombre très limité sur le terrain, mais la condensation se développera dans la mesure où on saura utiliser une autre source de refroidissement que le retour du circuit de chauffage pour condenser et demain... tout condenser.

Une observation toutefois. Les fluctuations permanentes du prix des différentes énergies ne permettent pas d'actualiser les exemples chiffrés proposés dans cet ouvrage. En effet, on pourra constater, en faisant varier le niveau du prix des combustibles que les résultats d'exploitation peuvent être très différents en valeur absolue, de ceux donnés. **Cependant la hiérarchie des solutions retenues pour une même énergie n'est en rien modifiée et par conséquent la valeur technique de celles-ci reste inchangée.**

Ce livre est dédié à tous ceux qui font confiance à ces techniques nouvelles.

Sa rédaction a été grandement simplifiée par la qualité du travail des mes collègues : M. M. Mami, Marencak, Vacher, Denis pour les mesures effectuées sur le terrain ; Lacoste pour l'enquête sur les mille premières chaufferies en condensation ; Mmes Stauffer et Ours pour les analyses d'Olivet et pour la méthode ANAGRAM.

F. CROQUELOIS

# SOMMAIRE

|                                                                                                                       |           |                                                                                                             |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>INTRODUCTION .....</b>                                                                                             | <b>5</b>  | <b>8) Le chauffage du secteur hospitalier .....</b>                                                         | <b>61</b> |
| <b>1<sup>re</sup> PARTIE</b>                                                                                          |           | 8.1) Le double-flux ajusté : une technique bien adaptée à ce secteur                                        |           |
| <b>LA CONDENSATION</b>                                                                                                |           | 8.1.1) Entre le double-flux et l'air chaud                                                                  |           |
| <b>DANS LES DIFFÉRENTS</b>                                                                                            |           | 8.1.2) La batterie terminale                                                                                |           |
| <b>SECTEURS DE LA CONSTRUCTION .....</b>                                                                              | <b>9</b>  | 8.1.3) Base et appoint                                                                                      |           |
| <b>1) Les 1 000 chaufferies de l'étude .....</b>                                                                      | <b>9</b>  | 8.1.4) L'intégration de l'ensoleillement                                                                    |           |
| <b>2) Les tendances générales .....</b>                                                                               | <b>9</b>  | 8.1.5) Le confort d'été                                                                                     |           |
| 2.1) Les chaudières à condensation                                                                                    |           | 8.1.6) Toutes les qualités                                                                                  |           |
| 2.2) La composition des chaufferies                                                                                   |           | 8.2) Quelques expériences du secteur hospitalier                                                            |           |
| 2.3) La surpuissance : un fléau ou une sécurité ?                                                                     |           | 8.2.1) Les particularités de la droite de fonctionnement                                                    |           |
| 2.4) La chaufferie composée : le meilleur investissement quelle que soit la surpuissance.                             |           | 8.2.2) L'un des remèdes : la condensation                                                                   |           |
| <b>3) Les résultats : une sérieuse économie d'énergie .....</b>                                                       | <b>13</b> | 8.2.3) Vapeur - Réseau de chaleur - Supercondensation : un fameux trio                                      |           |
| 3.1) Économies d'énergie dans la rénovation des chaufferies d'immeubles d'habitation                                  |           | 8.2.4) Bilan comparatif                                                                                     |           |
| 3.2) Évolution dans l'habitat existant en 10 années                                                                   |           | <b>9) Le chauffage dans les secteurs du commerce et de l'artisanat .....</b>                                | <b>70</b> |
| 3.3) Évolution des performances dans le secteur scolaire                                                              |           | 9.1) Des erreurs à éviter                                                                                   |           |
| 3.4) Le rendement de combustion des chaufferies composées                                                             |           | 9.2) 107 % PCI avec des aérothermes                                                                         |           |
| 3.5) La réduction des pertes à travers les chaudières à l'arrêt                                                       |           | <b>10) Le chauffage des piscines .....</b>                                                                  | <b>71</b> |
| 3.6) L'eau chaude sanitaire et la condensation                                                                        |           | 10.1) Piscine et condensation, un couple idéal                                                              |           |
| <b>4) Le point de fonctionnement .....</b>                                                                            | <b>20</b> | 10.2) Et la modulation du renouvellement d'air                                                              |           |
| 4.1) Pour mieux connaître son installation de chauffage                                                               |           | <b>2<sup>e</sup> PARTIE</b>                                                                                 |           |
| <b>5) Cas des immeubles d'habitation .....</b>                                                                        | <b>21</b> | <b>LA SAISON DE CHAUFFAGE IDÉALE .....</b>                                                                  | <b>75</b> |
| 5.1) Fonctionnement normal des chaufferies d'immeubles d'habitation                                                   |           | <b>1) Les moyens d'analyse habituels .....</b>                                                              | <b>75</b> |
| 5.2) Des exemples-types de rénovation                                                                                 |           | 1.1) L'histogramme des températures extérieures                                                             |           |
| 5.3) Les chaufferies rénovées dans l'habitat                                                                          |           | 1.2) La courbe des fréquences cumulées                                                                      |           |
| 5.4) Maîtriser l'irrigation des chaudières                                                                            |           | <b>2) Une représentation pratique, pédagogique, polyvalente .....</b>                                       | <b>79</b> |
| <b>6) Le chauffage des locaux scolaires .....</b>                                                                     | <b>26</b> | 2.1) De l'histogramme des températures à la chronologie idéale                                              |           |
| 6.1) Zone de fonctionnement normal des installations de chauffage des établissements scolaires                        |           | 2.2) La saison de chauffage idéale                                                                          |           |
| 6.2) Des exemples de rénovation                                                                                       |           | 2.2.1) De l'unité thermique aux Dju                                                                         |           |
| 6.3) La situation des installations de chauffage des établissements scolaires                                         |           | 2.2.2) La régionalisation                                                                                   |           |
| 6.4) Analyse des consommations réelles                                                                                |           | <b>3) La saison de chauffage idéale appliquée à la condensation .....</b>                                   | <b>85</b> |
| 6.5) Les précautions d'installation et de conduite liées à l'optimisation                                             |           | 3.1) Le taux d'utilisation de la puissance de base                                                          |           |
| 6.5.1) Comment isoler hydrauliquement les chaudières à l'arrêt                                                        |           | 3.2) La chaufferie composée                                                                                 |           |
| 6.5.2) Le contrôle de la relance du chauffage : comment maintenir les chaudières classiques à température constante ? |           | 3.3) Cas de l'intermittence d'occupation                                                                    |           |
| 6.6) Trois solutions particulièrement adaptées à l'utilisation de la condensation                                     |           | 3.4) Effet de la surpuissance installée                                                                     |           |
| 6.6.1) Cas d'un groupe scolaire                                                                                       |           | 3.5) Le diagramme du point de fonctionnement                                                                |           |
| 6.6.2) Établissement scolaire avec internat                                                                           |           | <b>4) Le rendement de combustion moyen annuel par la méthode de la « saison de chauffage idéale » .....</b> | <b>92</b> |
| 6.6.3) Cas d'une extension dans un établissement ancien                                                               |           | <b>5) La supercondensation avec le préchauffage de l'ECS .....</b>                                          | <b>95</b> |
| <b>7) Le chauffage des bureaux .....</b>                                                                              | <b>42</b> | 5.1) Les besoins en ECS comparés aux pertes aux fumées                                                      |           |
| 7.1) La zone de fonctionnement normal des installations de chauffage des immeubles de bureaux                         |           | 5.2) L'eau de ville pour condenser                                                                          |           |
| 7.2) Les cas réels                                                                                                    |           | 5.3) La preuve « in situ »                                                                                  |           |
| 7.3) La technique la plus répandue : le chauffage central avec radiateurs                                             |           | <b>6) La saison de chauffage idéale « à toutes les sauces » .....</b>                                       | <b>98</b> |
| 7.4) La maîtrise du renouvellement d'air et des rendements avec le double-flux                                        |           | 6.1) Biénergie : fuel-gaz                                                                                   |           |
| 7.5) Le bilan                                                                                                         |           | 6.2) Avec la géothermie                                                                                     |           |
| 7.6) Double-flux, condensation, optimisation : tout pour économiser l'énergie                                         |           | 6.3) Charbon-gaz                                                                                            |           |
| 7.6.1) Présentation de la Mutualité Agricole d'Évreux                                                                 |           | 6.4) À propos de la condensation dans les grosses chaufferies                                               |           |
| 7.6.2) Analyse des consommations                                                                                      |           | 6.5) Base-appoint avec des émetteurs différents                                                             |           |
| 7.6.3) Le suivi de l'installation                                                                                     |           | 6.6) Biénergie avec pompe à chaleur                                                                         |           |
| 7.6.4) Bilans thermique et financier                                                                                  |           | 6.7) Option E.J.P.                                                                                          |           |
|                                                                                                                       |           | 6.8) La tarification électrique                                                                             |           |

|                                                      |            |
|------------------------------------------------------|------------|
| <b>3<sup>e</sup> PARTIE</b>                          |            |
| <b>LE RENDEMENT D'EXPLOITATION D'UNE CHAUFFERIE</b>  | <b>107</b> |
| 1) Représentation du fonctionnement d'une chaufferie | 107        |
| 2) Représentation des pertes                         | 109        |
| 3) Le calcul du rendement d'exploitation             | 109        |
| 4) L'heure du choix                                  | 110        |
| 4.1) Le taux des pertes                              |            |
| 4.2) Les coefficients de conduite                    |            |
| 4.3) Les coefficients d'utilisation                  |            |
| 4.4) Les coefficients d'ECS                          |            |
| 4.5) Quelques exemples commentés                     |            |
| 4.6) Cas de la condensation                          |            |
| 4.7) Cas des chaufferies composées                   |            |

|                                                                                               |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>4<sup>e</sup> PARTIE</b>                                                                   |            |
| <b>ANAGRAM : ANALYSE GRAPHIQUE MENSUELLE DES CONSOMMATIONS DES INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE</b> | <b>125</b> |
| 1) Présentation de la méthode                                                                 | 125        |
| 2) Application pratique de la méthode                                                         | 127        |
| 3) Utilisation de l'abaque dans l'exploitation des installations                              | 128        |
| 3.1) Le suivi de plusieurs années                                                             |            |
| 3.2) L'incidence d'une rénovation avec isolation                                              |            |
| 3.3) Mise en place d'une optimisation avec maîtrise de la ventilation                         |            |
| 3.4) La rénovation des chaufferies                                                            |            |
| 3.5) L'incidence de la loi de régulation                                                      |            |
| 3.6) La comparaison des comptages                                                             |            |
| 3.7) Analyse plus fréquente                                                                   |            |
| 3.8) Suivi de la priorité de fonctionnement                                                   |            |
| 4) Application de la méthode aux consommations de chauffage des pavillons                     | 133        |
| 4.1) Le suivi de Saint-Ouen-l'Aumône                                                          |            |
| 4.1.1) Les droites de fonctionnement                                                          |            |
| 4.1.2) Tncr et température intérieure                                                         |            |
| 4.1.3) B/R et rendement des chaudières                                                        |            |
| 4.2) Trois pavillons chauffés au fuel                                                         |            |
| 4.2.1) Trois droites de fonctionnement pour un pavillon                                       |            |
| 4.2.2) Les droites de fonctionnement et les rendements de chaudières                          |            |
| 4.2.3) Les usages annexes                                                                     |            |
| 4.3) À Olivet : les étoiles                                                                   |            |
| 4.3.1) Analyse des rendements                                                                 |            |
| 4.3.2) Analyse de la performance énergétique                                                  |            |
| 5) De la pratique à la théorie                                                                | 145        |
| 5.1) En 20 ans l'évolution est spectaculaire                                                  |            |
| 5.2) Analyse de la performance énergétique                                                    |            |
| 5.3) Incidence de l'évolution des paramètres sur la Tncr ou le B/R                            |            |
| 5.4) Récapitulation                                                                           |            |

## ANNEXE 1. L'ECS PAR SATELLITE ..... 153

- 1) Le satellite
  - 1.1) Le satellite « ordinaire »
  - 1.2) Le satellite « super »
  - 1.3) Le satellite « extra »
- 2) Est-ce bien raisonnable ?
- 3) De la théorie à la réalité
- 4) Lequel choisir ?
- 5) Conclusion

## ANNEXE 2. UNE EXPÉRIENCE DE « DOUBLE CONDENSATION AVEC PRÉCHAUFFAGE D'EAU DE VILLE » (Le Clos à Caluire) ..... 161

## ANNEXE 3. RÉNOVATION D'UNE CHAUFFERIE (Les Moulins de L'Îlette à Chelles) ..... 167

## ANNEXE 4. CONDENSER PLUS POUR NE PLUS TUBER ..... 171

## ANNEXE 5. SIGNIFICATION DES SYMBOLES DANS LES SCHÉMAS ..... 173