Condensation : Une technologie (désormais) éprouvée, mais exigeante

Principe et technologies

La condensation consiste à **récupérer la chaleur latente** contenue dans la vapeur d'eau des fumées issues de la combustion du bois, en abaissant la température de cette vapeur sous le point de rosée.
Il existe trois technologies principales :

- Les condenseurs par **voie sèche**, permettent de récupérer la chaleur de condensation par un **échange indirect** à travers la paroi de l'échangeur entre les fumées et la source froide.
  Au sein d'un échangeur, lorsque la température des fumées devient inférieure au point de rosée, la **vapeur d'eau condense** et s'écoule le long des parois des tubes.
- Les condenseurs par **voie humide,** consistent à récupérer la chaleur de condensation par un échange **indirect** entre les condensats et l'eau du réseau, avec **lavage simultané**. Un **échangeur (à plaques)** permet de transférer la chaleur des condensats vers l'eau du réseau. Les technologies sont
  1. soit par **aspersion ou pulvérisation** : l'eau est dispersée en gouttes dans les fumées ; au sein d'une colonne et refroidies jusqu'à condenser
  2. soit par **turbulence**, le passage de la fumée met l'eau en turbulence (différent du barbotage)

État des lieux et travaux du CIBE

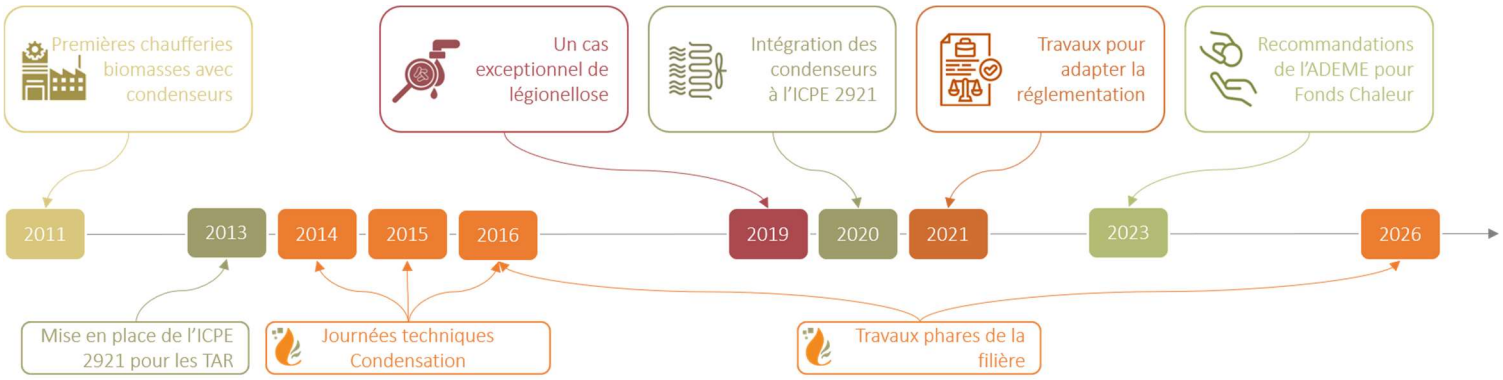


Figure 1 Evolution des travaux liés à la condensation des fumées

À l'international :

- Technologie largement déployée en **Europe du Nord et centrale**
- Intégration quasi systématique sur réseaux de chaleur performants
- Gains énergétiques couramment observés : **+10 à +25 %**

En France :

- Forte progression depuis 2016, sous l'impulsion du **Fonds Chaleur**
- Déploiement surtout sur :
  - Réseaux de chaleur avec **retours basse température**
  - Chaufferies > 1 MW
  - Combustibles humides

La condensation devient progressivement un **standard sur les projets neufs optimisés,** notamment sous l'impulsion du **Fonds chaleur** de l'ADEME, qui encourage fortement la mise en place d'équipement d'optimisation de rendement pour être éligible aux aides.
Une bonne conception du projet et de son évolution est nécessaire.

Cadre réglementaire – ICPE 2921

A la suite d'un cas atypique groupé de légionellose provenant d'un condenseur par voie humide sur une conception spécifique, une extension de la rubrique ICPE 2921 a intégré les systèmes de récupération de la chaleur par dispersion d'eau dans des fumées émises à l'atmosphère. Cette réglementation issue des tours aéro-réfrigérée n'a pas été adaptée aux condenseurs, toutefois une note technique dédiée a été publiée sur le site AIDA de l'INERIS.

Points de vigilance

- Application de l'ICPE 2921 sur certains condenseurs (conception, exploitation, analyses et suivi spécifiques)
- Conception et exploitation à mener au regard de l'AMR (Analyse méthodique de risques)
- Risque d'encrassement des échangeurs
- Potentielle corrosion liée aux condensats acides
- Anticipation des traitements et rejets des effluents

Paramètres d'efficacité

- Température retour réseau < 50°C
- Taux d'humidité des combustibles
- Température des fumées
- Association possible avec une PAC
- Bon pilotage de la combustion (O_2 résiduel dans les fumées

Rôle du CIBE



Grâce aux recensements et aux retours terrains.

Conclusion

La condensation des fumées sur chaufferies bois est aujourd'hui une **technologie mature et en voie de généralisation**, soutenue par les politiques publiques. Cependant :

- Les exigences réglementaires se sont renforcées
- Les contraintes d'exploitation restent élevées
- Des **retours terrain** font état de difficultés (maintenance, disponibilité, performance réelle),

Son déploiement doit s'inscrire ainsi dans une **approche système globale**, intégrant conception, réseau, exploitation et maintenance en tenant compte des bonnes pratiques que le groupe de travail mutualise.

Pour aller plus loin

- **CIBE-FEDENE :** Note technique Extension du champ d'application de la rubrique n°2921 aux récupérateurs de chaleur par dispersion d'eau dans les fumées (notamment les condenseurs par voie humide) : https://aida.ineris.fr/sites/default/files/inspection-icpe/2023-06-01-Dossier%20ICPE%202921%20-%20V2.pdf
- **Journées techniques** « Chaudières bois à condensation : vers la haute performance énergétique – Intérêts et exigences d'une technologie émergente » : https://cibe.fr/journees-techniques/jt-condensation/