



Colloque

12 juin 2008 (Caen)

Le bois-énergie dans les agglomérations



Principes de la combustion du bois



Christophe HUON



Préambule...

La combustion est un phénomène complexe qui implique la transformation des différents composants en **éléments simples**.

C'est une **réaction chimique à température élevée** entre un **combustible** qui contient essentiellement du carbone et de l'hydrogène et l'oxygène apporté par un **comburant** (air atmosphérique).



Préambule...

En première approche, nous pouvons affirmer que la dégradation du bois par combustion est le **phénomène inverse** de la constitution de ce matériau par **photosynthèse**.

Via la **photosynthèse**, l'arbre pompe l'eau et les matières minérales du sol, capte le dioxyde de carbone ambiant et l'énergie lumineuse afin de former de la biomasse et de libérer de l'oxygène dans l'atmosphère.

Via le chauffage du matériau bois (combustible) en présence d'oxygène ambiant (comburant), la **combustion** libère du dioxyde de carbone et de la vapeur d'eau dans l'atmosphère (effluents gazeux), ainsi que des matières minérales (cendres et poussières), tout en produisant de l'énergie calorifique.



Étapes de la combustion du bois...

La combustion du bois se divise en **plusieurs étapes** relevant de divers processus chimiques et physiques.

La **haute température** régnant dans le foyer provoque le chauffage du combustible.

Celui-ci **sèche** vers 100 °C et l'eau contenue dans le bois s'évapore sous l'effet du rayonnement des parois chaudes du foyer et de la convection due à l'air primaire.



Étapes de la combustion du bois...

La matière organique se décompose vers 200 °C ; c'est la **pyrolyse** qui se poursuit jusqu'à 600 °C environ.

La pyrolyse est, par définition, le résultat du chauffage du bois en l'absence d'air.

Celui-ci donne naissance à un **résidu charbonneux** (10 à 30 % de la masse de matière sèche du départ) et des **produits volatils** (la partie libérée sous forme de gaz, lors de l'échauffement, se monte, selon l'essence de bois, à environ 80 à 90 % du poids du bois).

Le bois est donc décomposé en charbon de bois et en gaz. Ces derniers sont soit des **gaz permanents** (principalement du CO₂ et de la vapeur d'eau et, en moindre proportion, des gaz combustibles tels du CO, du H₂ et des hydrocarbures), soit des produits condensables appelés **jus pyroligneux**.



Étapes de la combustion du bois...

La **gazéification** est une transformation chimique cassant en gaz et carbone les molécules plus simples des nouveaux constituants résultant de la pyrolyse.

Sont également produits par la réaction des **hydrocarbures** sous forme liquide et des goudrons.

A partir d'une certaine température (entre 300 et 350 °C), les gaz de pyrolyse dégagés par la décomposition du bois s'enflamment. Ces gaz brûlent en de **longues flammes jaunes de diffusion**.

Les gaz les plus difficilement combustibles brûlent à partir de 550 °C.

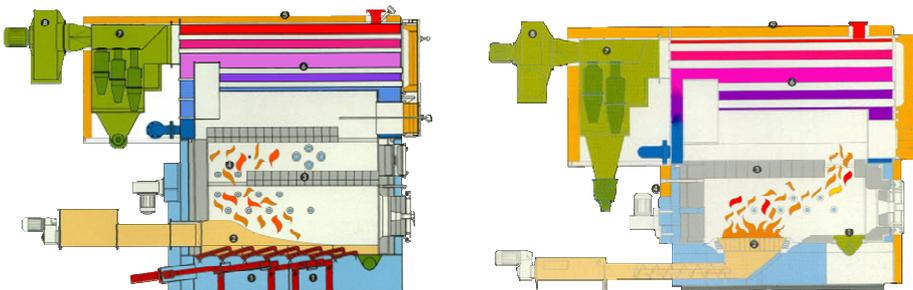


Étapes de la combustion du bois...

La **combustion finale** touche principalement deux domaines : les gaz (CO , CO_2 , H_2 , CH_4 , H_2O ...) et le carbone.

Lorsque le processus de pyrolyse est terminé et qu'il n'y a plus de flammes faute de matières volatiles à brûler, il ne reste plus qu'un **résidu charbonneux rougeoyant** qui rayonne encore fortement car sa surface extérieure peut atteindre une température de $800\text{ }^\circ\text{C}$.

A la fin de la combustion, il ne reste théoriquement que des **cendres** (environ 1 % de la masse introduite).





Conditions d'une combustion optimale...

La **maîtrise** des différentes phases précédentes conditionne le bon déroulement de la combustion et le rendement de la chaufferie.



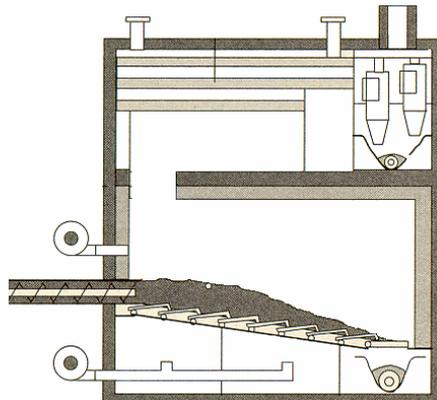
Conditions d'une combustion optimale...

La condition principale à toute bonne combustion consiste à **brûler complètement** les gaz à haute température.

Pour ce faire, la longue flamme engendrée par la combustion du bois exige une enceinte de combustion de grande taille.

Une température de 800°C au moins est indispensable pour assurer la combustion complète, ainsi qu'une durée de séjour suffisante des gaz dans les zones à haute température.

Ceci signifie que la flamme ne doit pas être refroidie, par exemple sur des parois froides.



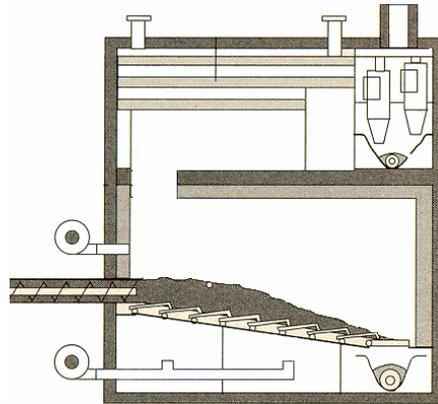


Conditions d'une combustion optimale...

Pour réunir les conditions nécessaires à une combustion complète, la gazéification des éléments solides et la combustion des gaz dans l'installation de chauffage doivent intervenir en des **endroits séparés**.

L'air de combustion est alors réparti en air primaire et en air secondaire, devant être chauds lors de leur entrée dans le foyer : l'air primaire (traversant le lit de braises) est nécessaire au séchage, à la gazéification et à la combustion du charbon de bois ; l'air secondaire sert à la combustion des gaz.

Pour que les gaz combustibles brûlent dans l'enceinte de combustion, il faut qu'ils entrent en contact et soient bien mélangés avec l'air comburant.



Conditions d'une combustion optimale...

Pour obtenir une température de combustion élevée, il faut que l'humidité du bois soit adaptée à la technologie de combustion, mais également que le **rapport combustible / air** soit optimal.

En effet, la combustion du bois étant un process fluctuant (caractéristiques du combustible jamais totalement identiques, conditions d'introduction automatique du bois dans le foyer légèrement variables...), on ne peut apporter seulement l'oxygène suffisant à une combustion neutre.

Un excès d'air, dépendant du type de combustible et de système, est alors toujours apporté au foyer, rendant la combustion oxydante. Cependant, cet excès ne doit pas être trop important afin de ne pas refroidir le foyer, ce qui entraînerait une combustion incomplète.



Conditions d'une combustion optimale...

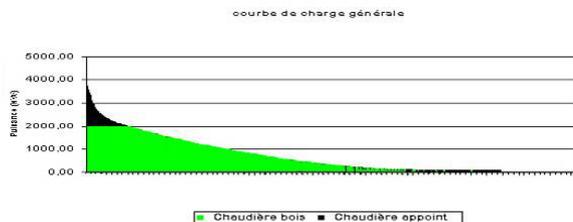
Enfin, pour garantir un rendement élevé, les **fumées** doivent avoir cédé la majorité de leur énergie avant d'être évacuées par la cheminée : leur température doit donc être la plus basse possible, sans pour autant risquer leur condensation dans le conduit (corrosion).

Pour les chaufferies collectives et industrielles, la température des fumées est de l'ordre de 150 à 180 °C.



Conclusion...

Il ne peut y avoir de **combustion optimale** sans choix de technologie, dimensionnement, installation et exploitation irréprochables !





Colloque

12 juin 2008 (Caen)

**Le bois-énergie
dans les agglomérations**



**Principes de la
combustion du bois**



Christophe HUON