



Bois-énergie collectif et industriel : meilleures techniques et bonnes pratiques

Bilan énergétique de la filière bois-énergie : de la production des combustibles à l'utilisation de la chaleur

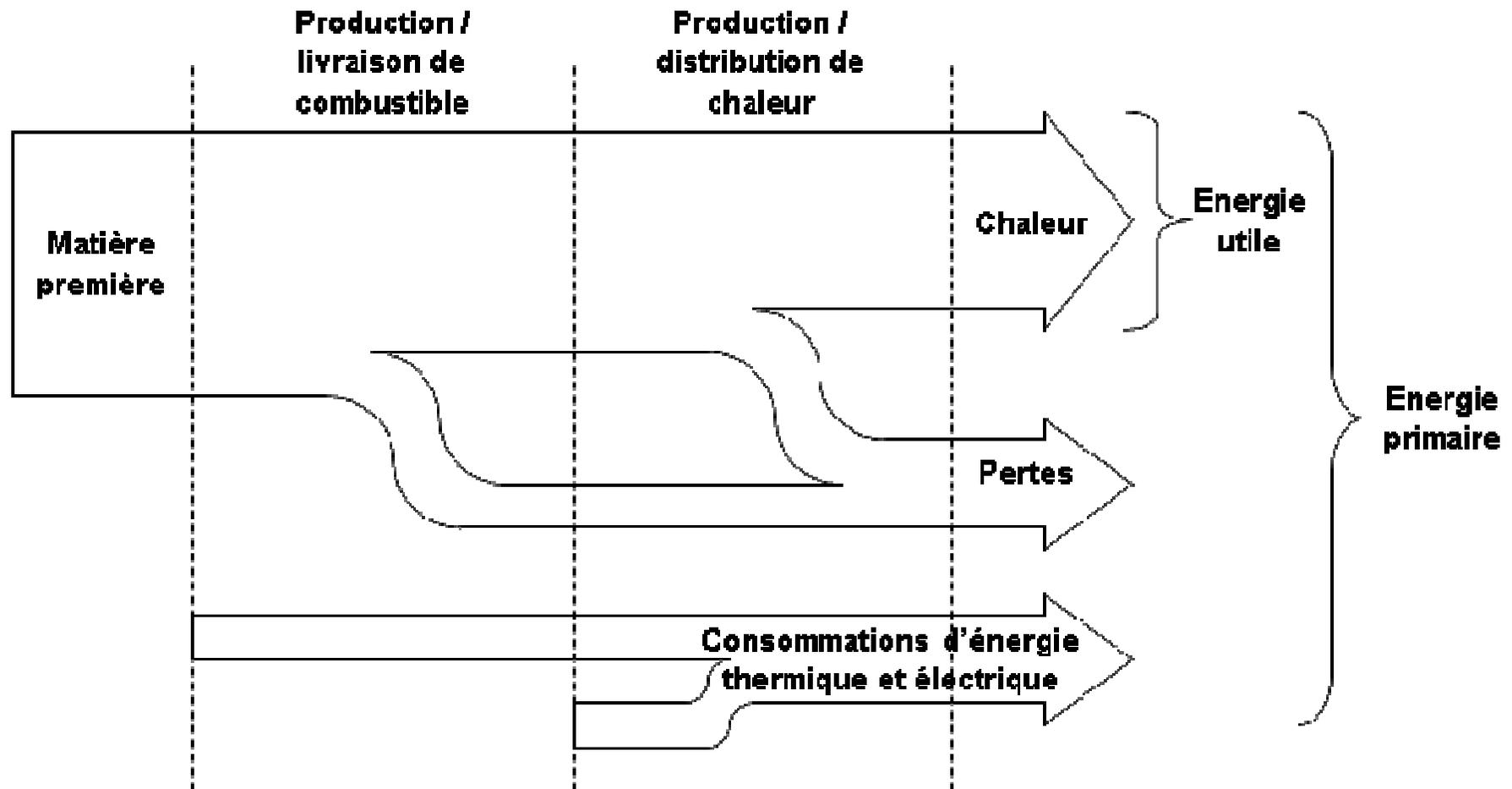
10 octobre 2013



Stéphane COUSIN (Biomasse Normandie)
Serge DEFAYE (Débat / Best-Energies)

Ensemble de la filière bois-énergie

- Flux d'énergie observés de la matière première à la chaleur fournie à l'utilisateur



Origine des combustibles bois

□ Plusieurs origines

- Boisements forestiers / bocagers
- Produits connexes de scierie
- Bois en fin de vie

□ Un point commun

- La croissance des végétaux est assurée par photosynthèse (transformation de l'énergie solaire en hydrates de carbone)
- Le bois est donc une énergie renouvelable si son exploitation est compatible avec le rythme de reconstitution du stock sur pied

Production des combustibles forestiers

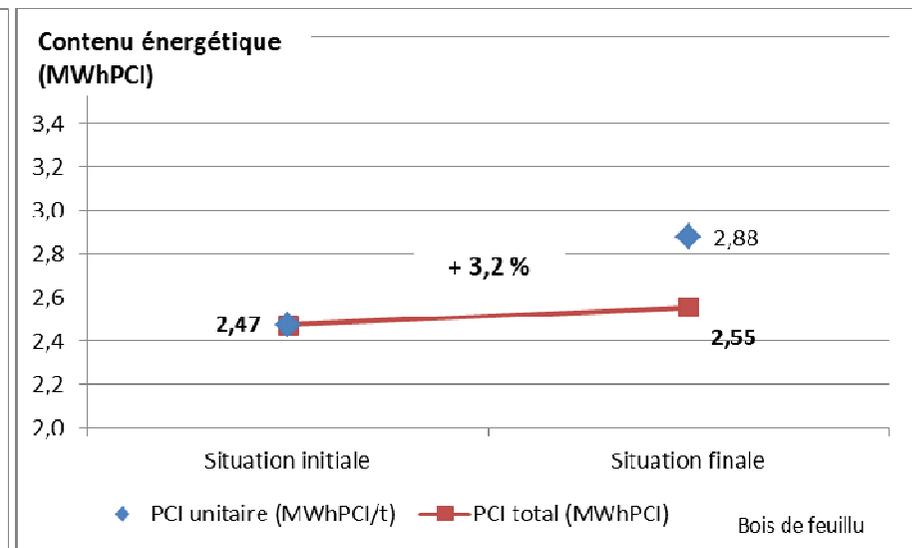
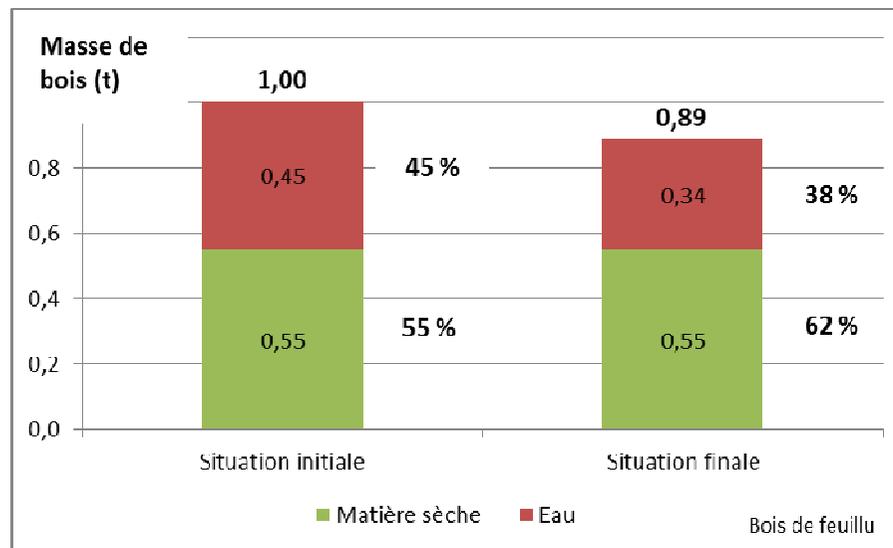
- Plants en pépinières / plantation / opérations sylvicoles
 - Sylviculture axée sur la production de bois d'œuvre
 - Les consommations d'énergie sont à imputer à toutes les valorisations du bois et pas seulement au bois-énergie
 - Taillis à courte ou très courte rotation (rares en France)
 - Visée exclusivement énergétique : les consommations d'énergie sont à imputer au bois-énergie

- Abattage / débardage / déchiquetage
 - 3,5 à 4 litres de carburants pétroliers par tonne de bois frais dont près de la moitié pour le déchiquetage
 - Assurer une bonne organisation des chantiers pour maximiser les rendements de chaque étape

Séchage des combustibles forestiers

□ Ressuyage des perches

- Perte d'humidité
- Gain en contenu énergétique unitaire (MWhPCI/t)
- Gain en contenu énergétique total (MWhPCI)



Source Biomasse Normandie

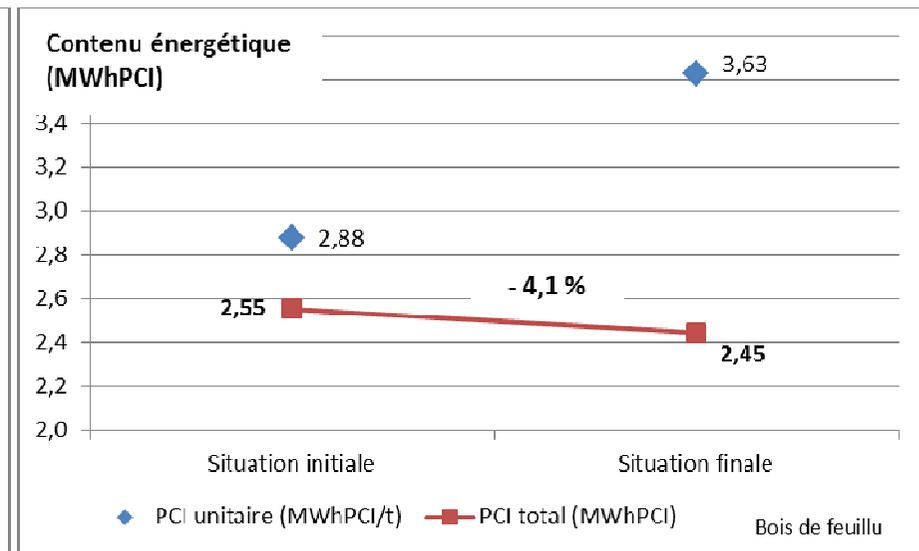
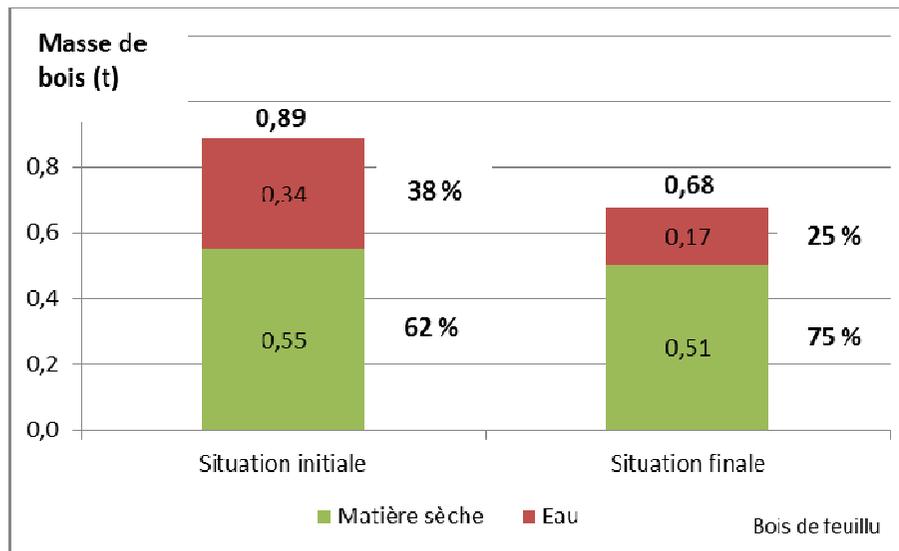
➤ A privilégier dès que possible



Séchage des combustibles forestiers

□ Séchage des plaquettes humides en tas

- Perte d'humidité et perte de matière sèche (dépendant du taux d'humidité initial et de la durée de séchage)
- Gain en contenu énergétique unitaire (MWhPCI/t)
- Perte en contenu énergétique total (MWhPCI)



Source Biomasse Normandie

➤ Requis pour les chaufferies de faible puissance



DEBAT

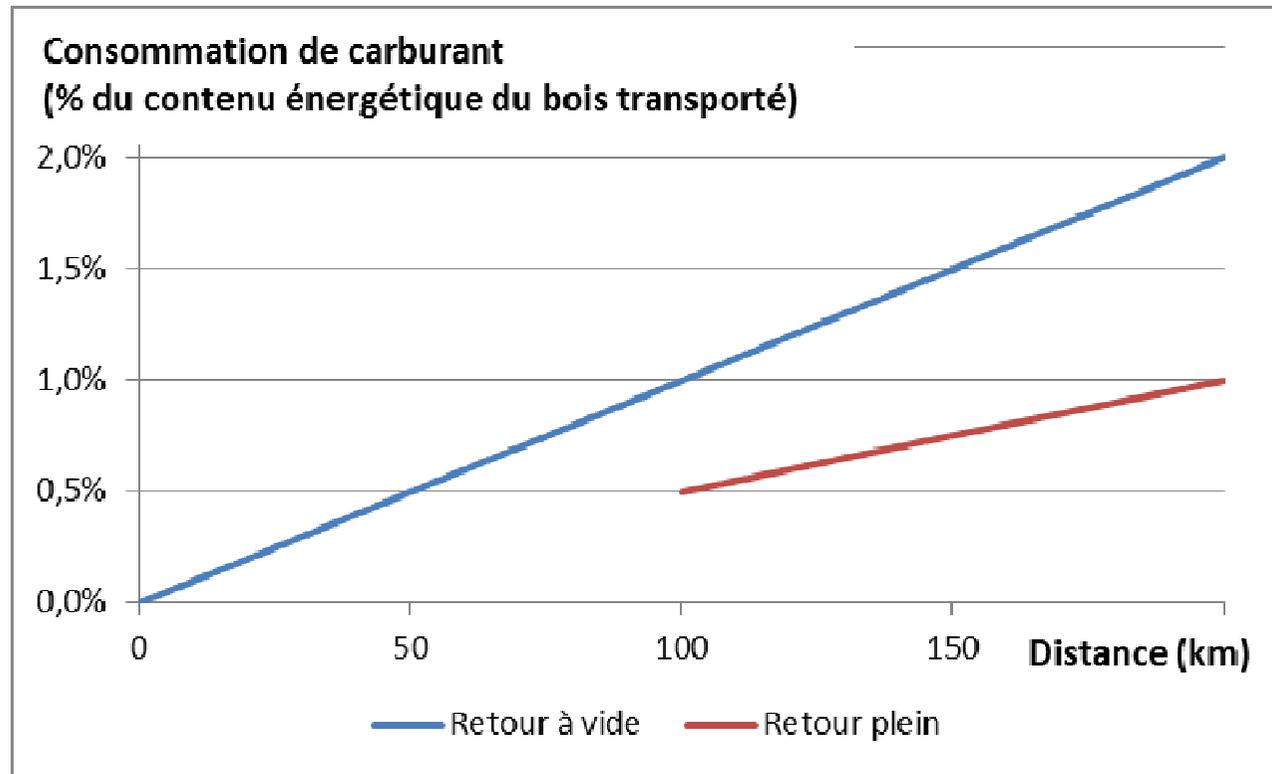


Combustibles d'origine industrielle

- Produits connexes de scierie / bois en fin de vie
 - De 0,5 litre de carburant par tonne pour le criblage d'écorces à 5 litres par tonne pour le concassage / broyage / criblage des bois en fin de vie

- Granulés
 - Séchage des sciures
 - Étape la plus énergivore : requiert de l'ordre de 850 kWh par tonne de produit fini, soit les trois quarts de l'énergie nécessaire à l'ensemble de la filière granulés, du site de production à la livraison finale
 - Granulation

Transport des combustibles bois

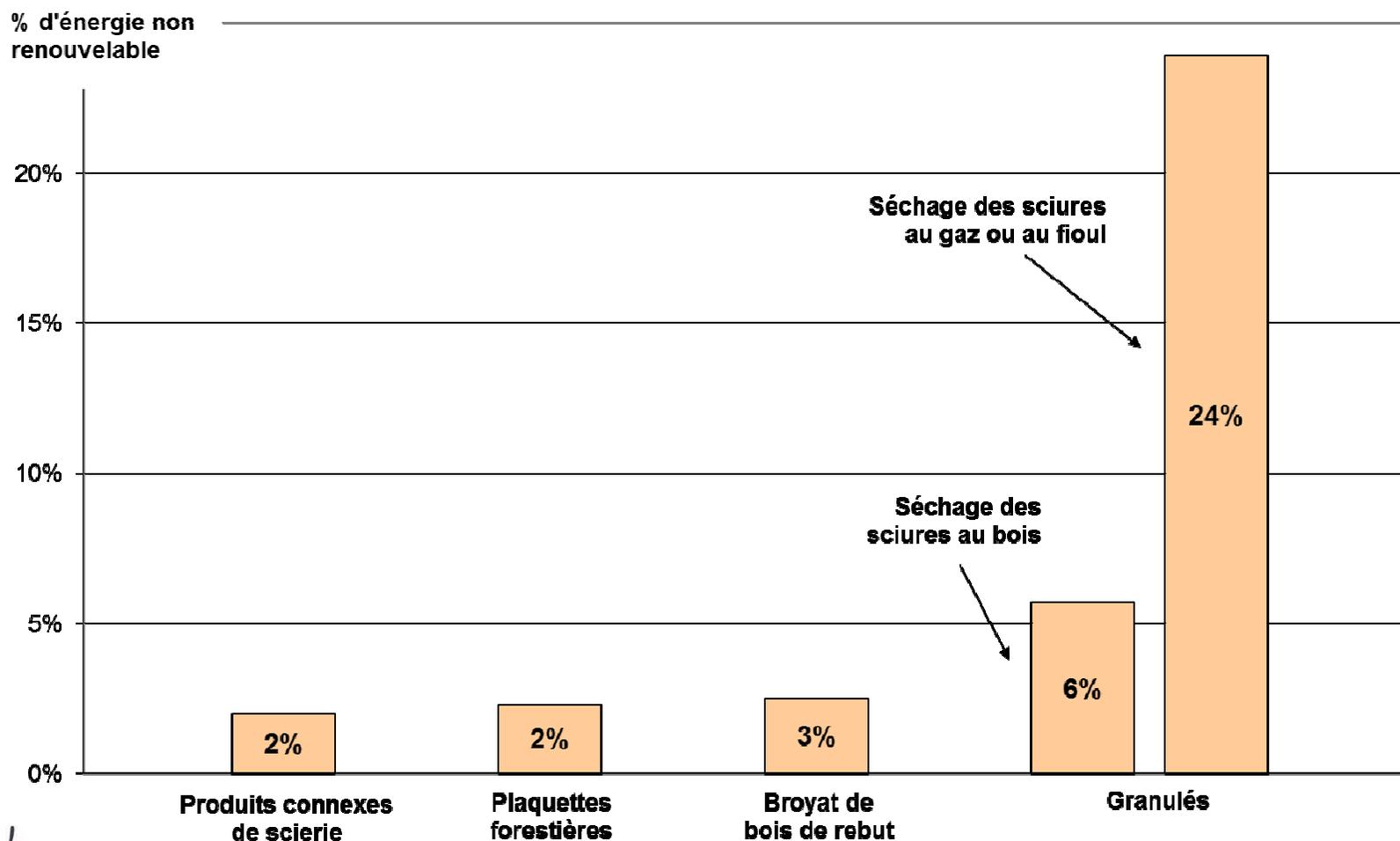


Source Biomasse Normandie

- Limiter les distances de transport
 - ❑ Collecte des matières premières ligneuses
 - ❑ Transport vers plate-forme
 - ❑ Livraison des chaufferies

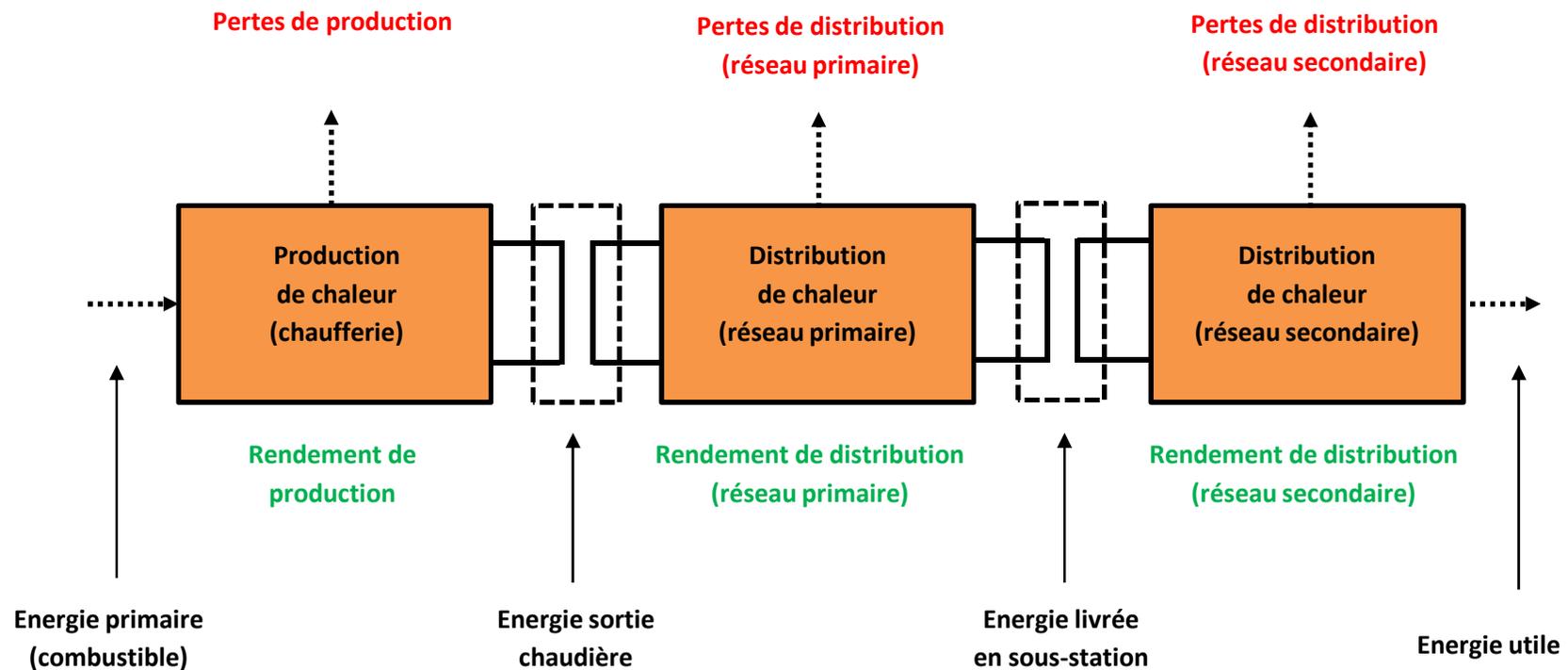
Production / livraison des combustibles

- Quantité d'énergie non renouvelable nécessaire pour produire et livrer les combustibles bois



Production / distribution de chaleur

□ Pertes et rendements de production / distribution



Source Biomasse Normandie

Production de chaleur

□ Quatre types de pertes

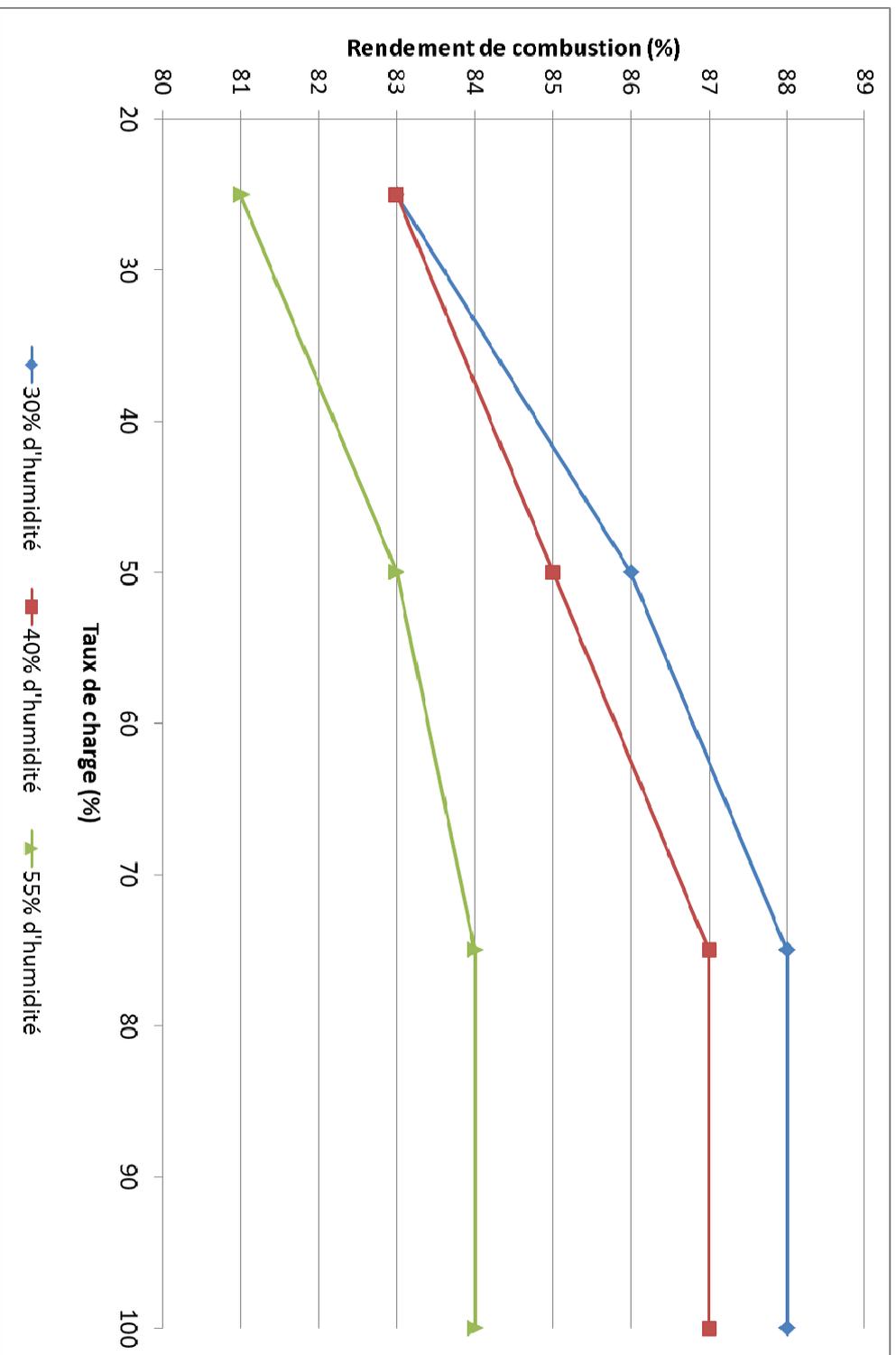
- Chaleur contenue dans les fumées / Imbrûlés gazeux /
Rayonnement des parois de la chaudière / Imbrûlés solides

□ Pour les limiter

- Fonctionnement à puissance nominale avec un combustible adapté (hydro-accumulation, fractionnement des puissances)
- Gestion des apports d'air dans le foyer pour une combustion par étapes
- Ramonage régulier de la chaudière pour un bon échange de chaleur
- Récupération de chaleur sur les fumées à privilégier dès que possible

Production de chaleur

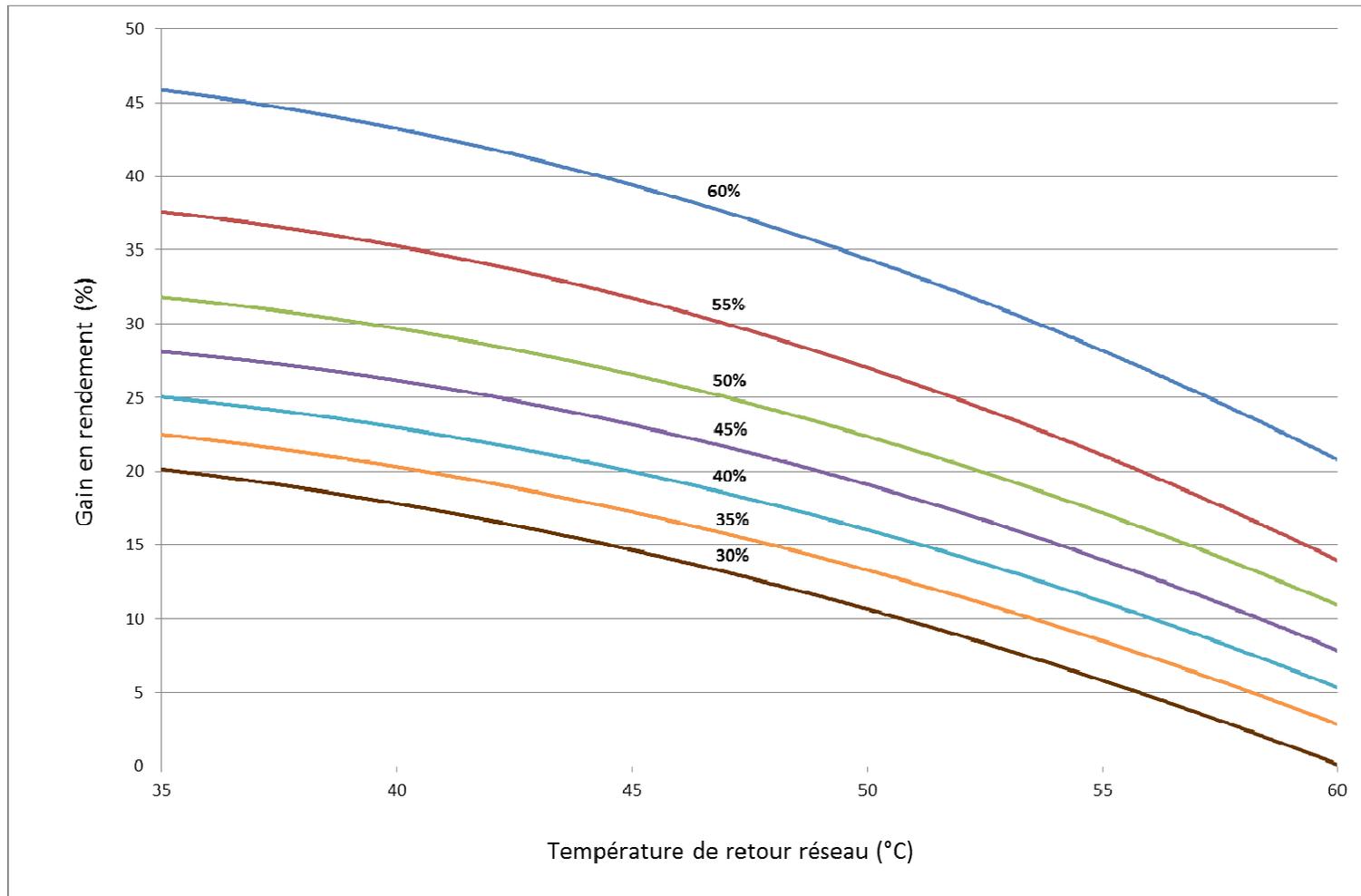
- Evolution du rendement en fonction du taux de charge et du taux d'humidité du combustible



Source Biomasse Normandie, d'après Weiss France (chaudière de 2 MW)

Production de chaleur

- Condensation des fumées : évolution du gain en rendement en fonction de l'humidité du combustible et de la température de retour du réseau



Source Biomasse Normandie, d'après Tamult



Distribution de chaleur (primaire)

- ❑ Les déperditions de chaleur d'un réseau dépendent de :
 - Paramètres liés au climat et au sol
 - ❑ Température extérieure
 - ❑ Conductivité thermique du sol
 - ❑ Profondeur de l'axe de canalisation
 - Paramètres liés aux besoins thermiques des usagers
 - ❑ Température du fluide
 - ❑ Diamètre de la canalisation
 - Paramètres liés à l'offre commerciale
 - ❑ Épaisseur d'isolant
 - ❑ Conductivité thermique de l'isolant

Distribution de chaleur (primaire)

- ❑ Les déperditions ne sont pas impactées par le débit du fluide et sont donc indépendantes de la quantité d'énergie véhiculée
- ❑ Ainsi, les pertes sont constantes dès lors que les caractéristiques propres à la canalisation et au régime de température du fluide sont figées (à l'impact de la température extérieure près)
- ❑ Donc, plus la quantité d'énergie distribuée est grande, moins les pertes sont importantes en valeur relative

Distribution de chaleur (primaire)

- ❑ Minimisation des déperditions de chaleur obtenue
 - Lors de la conception / réalisation : choix d'une isolation performante pour la canalisation (sur-isolation)
 - Lors du fonctionnement :
 - ❑ modulation de la température du fluide au départ de la chaufferie en fonction des besoins réels des usagers
 - ❑ non desserte de certains tronçons de réseau en période estivale

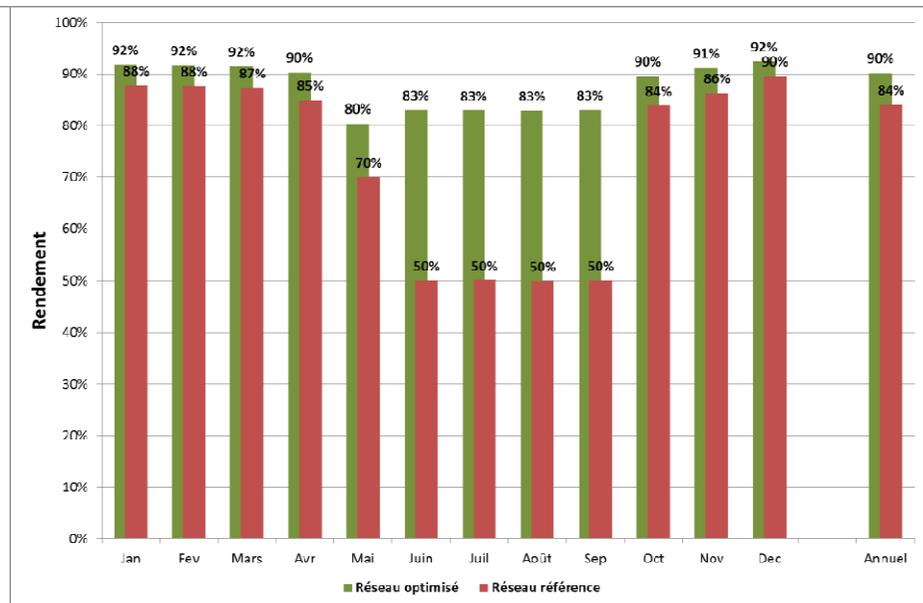
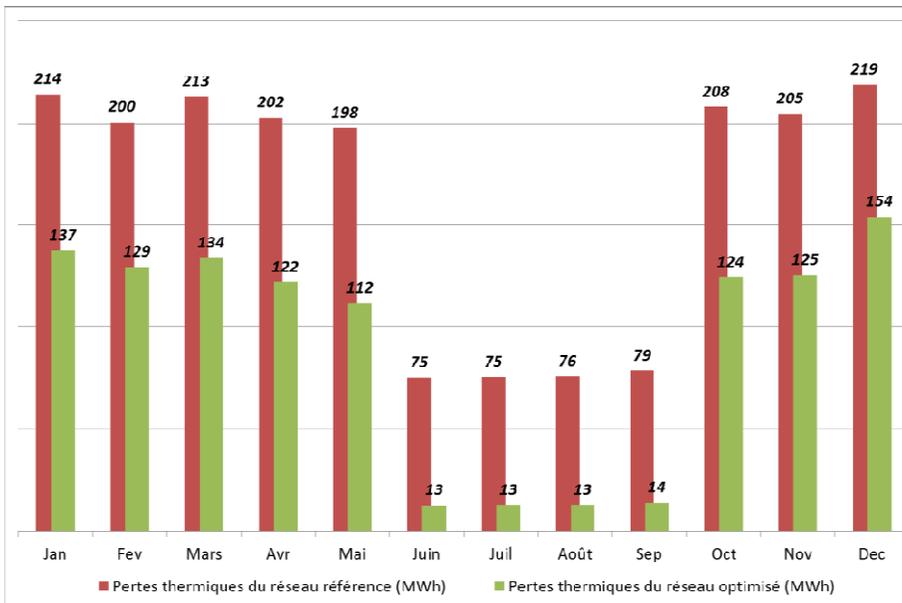
- ❑ Pour limiter les consommations d'électricité des pompes de circulation, il est possible de faire varier la vitesse de ces dernières pour ajuster le débit du fluide aux besoins thermiques des usagers

Distribution de chaleur (primaire)

- Déperditions de chaleur et rendement d'un réseau dans ses configurations de base et optimisée

Réseau de chaleur type

Pmaximale appelée : 10 MW	Longueur : 4 500 ml	Nombre de sous-stations : 23
Fourniture énergie : 12 000 MWh	Text base : - 7 °C	
Régime température saison de chauffe : 100/ 85 °C	Régime température été : 75 / 70 °C	



Source Biomasse Normandie



Conclusion

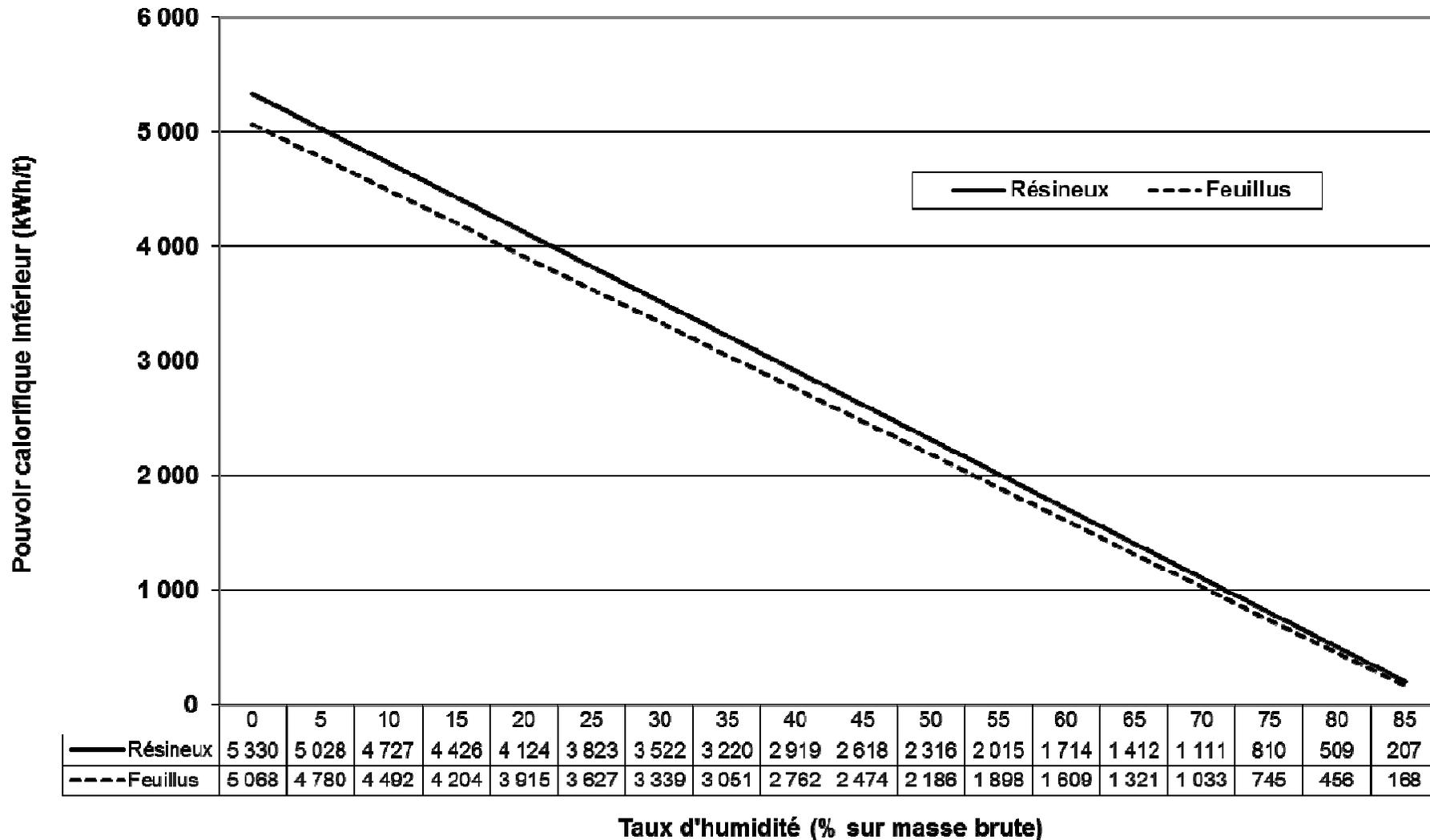
- Production / livraison des combustibles bois
 - Contenu en énergie non renouvelable
 - 2 à 3 % : plaquettes forestières, connexes, bois en fin de vie
 - 6 à 24 % : granulés
 - Perte d'énergie lors du séchage de plaquettes humides en tas
- Production de chaleur
 - Adéquation combustible / chaudière + exploitation optimisée
 - Condensation des fumées à envisager dès que possible
- Distribution de chaleur
 - Les déperditions de chaleur peuvent être importantes si le réseau est mal dimensionné ou mal exploité
 - Attention à la consommation d'électricité des pompes



Merci pour votre attention



Contenu énergétique des combustibles



Contenu en énergie non renouvelable

