

**Le Bois-Énergie**  
a résolu le problème  
du maillon manquant  
dans les produits de la forêt

**une précision**

Le Bois-Énergie



**une précision**

Le Bois-Énergie



est différent du bois de chauffage



**une précision**

Le Bois-Énergie



est différent du bois de chauffage



**même s'ils sont cousins**

# DEUX BÉMOLS ...

- Je vais vous présenter un schéma assez général, en ayant conscience que sur, certains points, il y a ou aura toujours des cas particuliers qui sortiront de cette vision. Mais nous ne pouvons pas traiter les points particuliers en détail, sauf à prévoir une semaine de débats.
- La matérialité de tous les modes de récolte présentés peut être modifiée/obérée :
  - par les contraintes économiques, éminemment variables ;
  - par l'ajout permanent de dispositions réglementaires qui, hélas, font souvent dresser sur la tête les cheveux des professionnels.

Avant "*l'invention*"  
du Bois-Énergie,  
les choses se passaient ainsi :



# 1 – En récolte de "*gros bois*" = arbres arrivés à maturité



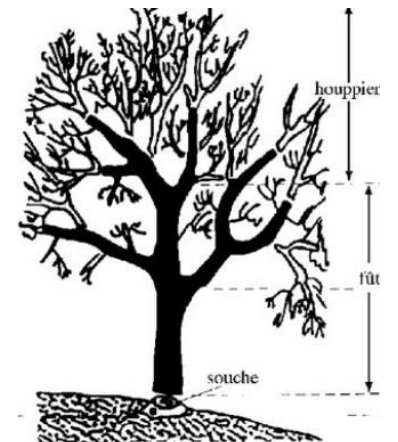
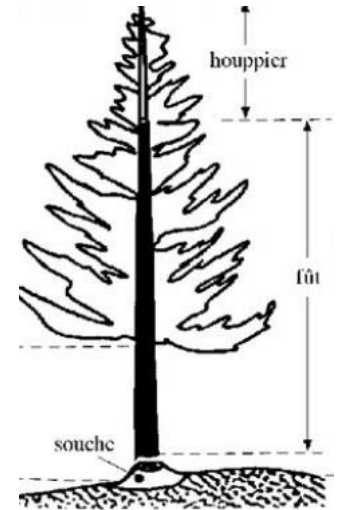
# les différents produits issus d'un arbre

## en produits primaires

- la partie forte du tronc, jusqu'à environ diamètre 20 cm
- la partie moyenne du tronc, entre 20 cm et 8 cm de diamètre
- la partie fine et finale du tronc
- les branches
- la souche

## en produits secondaires (issus de la transformation)

- les délignures
- les autres chutes de transformation
- les écorces
- les sciures





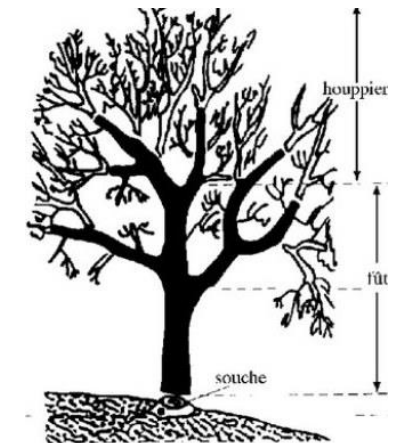
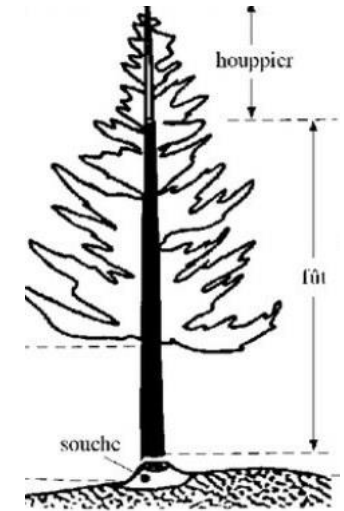
# tout n'était pas valorisé...

## en produits primaires

- la partie forte du tronc, jusqu'à environ diamètre 20 cm
- la partie moyenne du tronc, entre 20 cm et 8 cm de diamètre
- la partie fine et finale du tronc
- les branches
- la souche

## en produits secondaires (issus de la transformation)

- les délignures
- les autres chutes de transformation
- les écorces
- les sciures



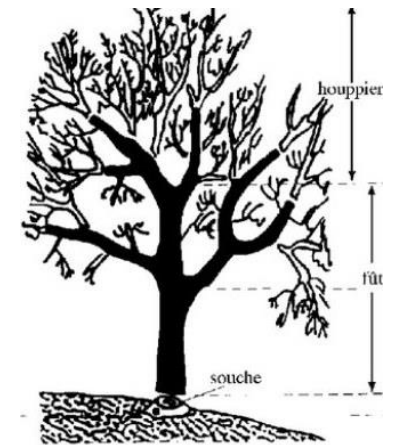
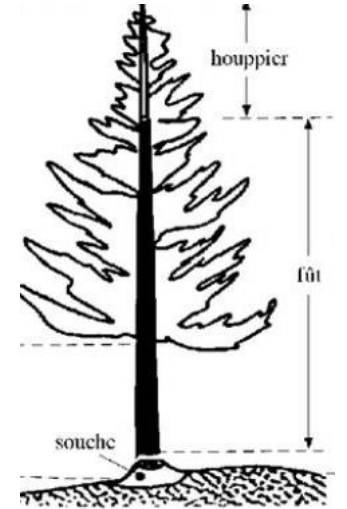
# tout n'était pas valorisé...

## en produits primaires

- la partie forte du tronc, jusqu'à environ diamètre 20 cm
- la partie moyenne du tronc, entre 20 cm et 8 cm de diamètre
- la partie fine et finale du tronc
- les branches
- la souche

## en produits secondaires (issus de la transformation)

- les délignures
- les autres chutes de transformation
- les écorces
- les sciures
- les bois incendiés
- les bois en fin de vie (meubles, démolitions, palettes, etc.)



# la partie forte du tronc (*grume*) donne :



• poutres



• planches



• traverses



• délignures

• poteaux





# la partie moyenne du tronc (billon) donne :

- bois pour pâte à papier

- bois pour panneaux

- petits sciages

- piquets

- bois de chauffage



# la partie fine/finale du tronc donne :

- petits bois de chauffage



mais une très grosse part n'était pas utilisée



# les branches :

- pas utilisées restaient sur la coupe (d'où le nom de *rémanents*) et se décomposaient



pas utilisées sauf si obligation d'évacuation pour limiter les risques d'incendie, mais opération coûteuse



# les souches :



- pas utilisées, restaient sur la coupe et se décomposaient



# les délignures :



- écorcées : consommées par la pâte à papier
- non-écorcées : essentiellement pour panneaux de particules



# les écorces :



"produites" par écorçage (sauf pour bois de chauffage) avant travail industriel des bois, **car nécessaire pour les outils**

- quelques volumes auto-utilisés par usines de pâte et par scieries, pour leurs propres chaudières
- quelques volumes utilisés pour horticulture, paillage (surtout pin maritime), terreau
- **majorité des volumes non utilisés,**
  - restent en forêt si écorçage manuel de grumes,
  - si écorçage en usine, mis en décharge ou dans les rivières...



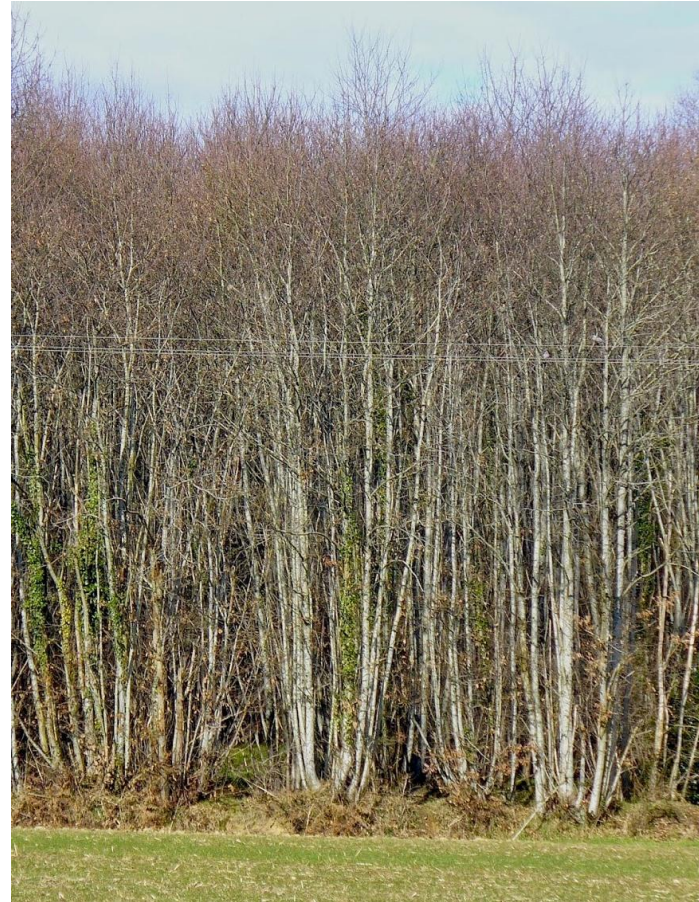
# les sciures : sous-produits inévitables du sciage, menuiserie, etc.

- quelques volumes en litières
- quelques volumes en surfacage de panneaux
- beaucoup de volumes non utilisés, mis en décharge ou dans les rivières...





## 2 – En récolte de *petits bois* = éclaircies ou taillis





# les bois d'éclaircie ou en récolte de taillis donnent :



- bois pour pâte à papier

- bois pour panneaux

- petits sciages

- piquets

- bois de chauffage



# les branches :

- pas utilisées restaient sur la coupe (d'où le nom de *rémanents*) et se décomposaient



pas utilisées sauf si obligation d'évacuation pour limiter les risques d'incendie, mais opération coûteuse





# les bois de forêts incendiées





- les bois des forêts incendiées inutilisables en industrie : présence de carbone)



- sauf, au mieux, en bois de chauffage...



- or il faut alors les éliminer pour reconstituer la forêt, mais c'est une opération coûteuse qui alourdit encore la perte de valeur du site incendié



# les bois en fin de vie : palettes, meubles, tourets, démolitions, etc



- des volumes utilisés par des usines de panneaux, après broyage & nettoyage



- beaucoup de volumes mis en décharge (éventuellement sauvages...)

Depuis "*l'invention*"  
du Bois-Énergie,  
les choses se passent ainsi :

à récolte **constante**

tout peut être valorisé

## en produits primaires

- la partie forte du tronc, jusqu'à environ diamètre 20 cm
- la partie moyenne du tronc, entre 20 cm et 8 cm de diamètre
- la partie fine et finale du tronc
- les branches
- la souche

## en produits secondaires

- les délignures
- les chutes de transformation
- les écorces
- les sciures
- les bois incendiés
- les bois en fin de vie (meubles, démolitions, palettes, etc.)



# Quels les combustibles sont produits comme Bois-Énergie ?

- **Les granulés** : pour chaudières domestiques, collectives ou industrielles



- **Les plaquettes** : pour chaudières industrielles, collectives ou domestiques



pour produire :

- de la **chaleur**
- en dérivé : de l'**électricité** (cogénération)

Les **GRANULÉS**, qui sont des produits secs

- ont un **très bon pouvoir calorifique** :  
(environ la moitié du fuel, à poids égal),
- et sont **très faciles d'utilisation**



## La fabrication des GRANULÉS utilise :

- la sciure fatale des opérations de sciage et de menuiserie
- la sciure produite à partir des chutes diverses des opérations de sciage et de menuiserie
- du broyage de bois récoltés pour cette utilisation, quand les volumes de sciure "naturelle" disponibles sont insuffisants : plaquettes forestières ou petits billons

# Les COMBUSTIBLES POUR GROSSES CHAUFFERIES

(hors granulé),

En rémunérant les produits forestiers souvent mal ou peu valorisés jusqu'ici, ils rendent économiquement accessibles des travaux forestiers

comme :

- les nettoyages de sous-bois
- les éclaircies en très petits diamètres



# 1 - Les **petits bois** et les **rémanents**,

après période de séchage sont broyés en forêt (*plaquettes forestières*)

c'est l'essentiel des volumes produits





## 2 - Les souches

- après arrachage, puis séchage pour pouvoir enlever la terre
- broyées en centres de préparation



- par d'énormes broyeurs qui permettent aussi d'utiliser les bois mal conformés et/ou bois trop gros pour les bancs de sciage
- la récupération des souches permet de réduire le coût d'extraction-nettoyage, s'il est nécessaire avant replantation
- **mais contraintes techniques & économiques indéniables**

### 3 - Les écorces

- après broyage (en centre de préparation)
- mais **très humides** (= mauvais PCI), donc nécessitent souvent d'être mélangées avec des produits plus secs
- **taux de cendres élevé,**
- aussi sont moins demandées (sauf en autoconsommation)



## 4 - Les chutes de scieries



- après broyage :
  - à la scierie
  - ou sur plateforme de préparation de Bois-Énergie
- deviennent assez bien sèches, après courte période de stockage



## 5 - Les chutes de menuiserie



- utilisables après broyage en centre de préparation
- généralement très sèches (= bon PCI), donc recherchées pour mélange avec produits humides

## 6 -Les bois de forêts incendiées



- récoltés, broyés,
- entrent dans des mélanges pour l'énergie



## 7 - Les bois en fin de vie

- rassemblés en centres de recyclage, triés, puis broyés
- sont triés entre :
  - **classe A** : bois propres, pouvant passer en chaufferies standard,
  - **classe B** (provenant de contreplaqués, panneaux, palettes, meubles, etc.) : comportent **peintures, vernis, colles**, et sont "réservés" aux chaufferies possédant des équipements adaptés (pays voisins : chaufferies à filtres, en France incinérateurs...)





grâce au Bois-Énergie, aujourd'hui,  
**tout est donc valorisé**

grâce au Bois-Énergie, aujourd'hui,  
**tout est donc valorisé**

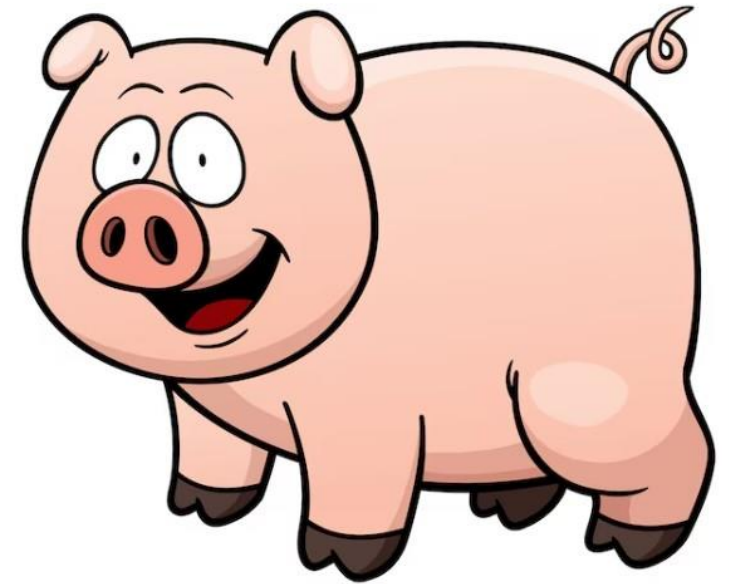
c'est comme dans le cochon : "*tout est bon*" !

grâce au Bois-Énergie, aujourd'hui,  
**tout est donc valorisé**

c'est comme dans le cochon : "*tout est bon*" !



=





donc, à récolte constante :

- on utilise mieux le bois récolté,
- et on alimente la consommation "renouvelable" de Bois-Énergie

donc, à récolte constante :

- on utilise mieux le bois récolté
- et on alimente la consommation "renouvelable" de Bois-Énergie

mais la montée des consommations a appelé des récoltes supplémentaires

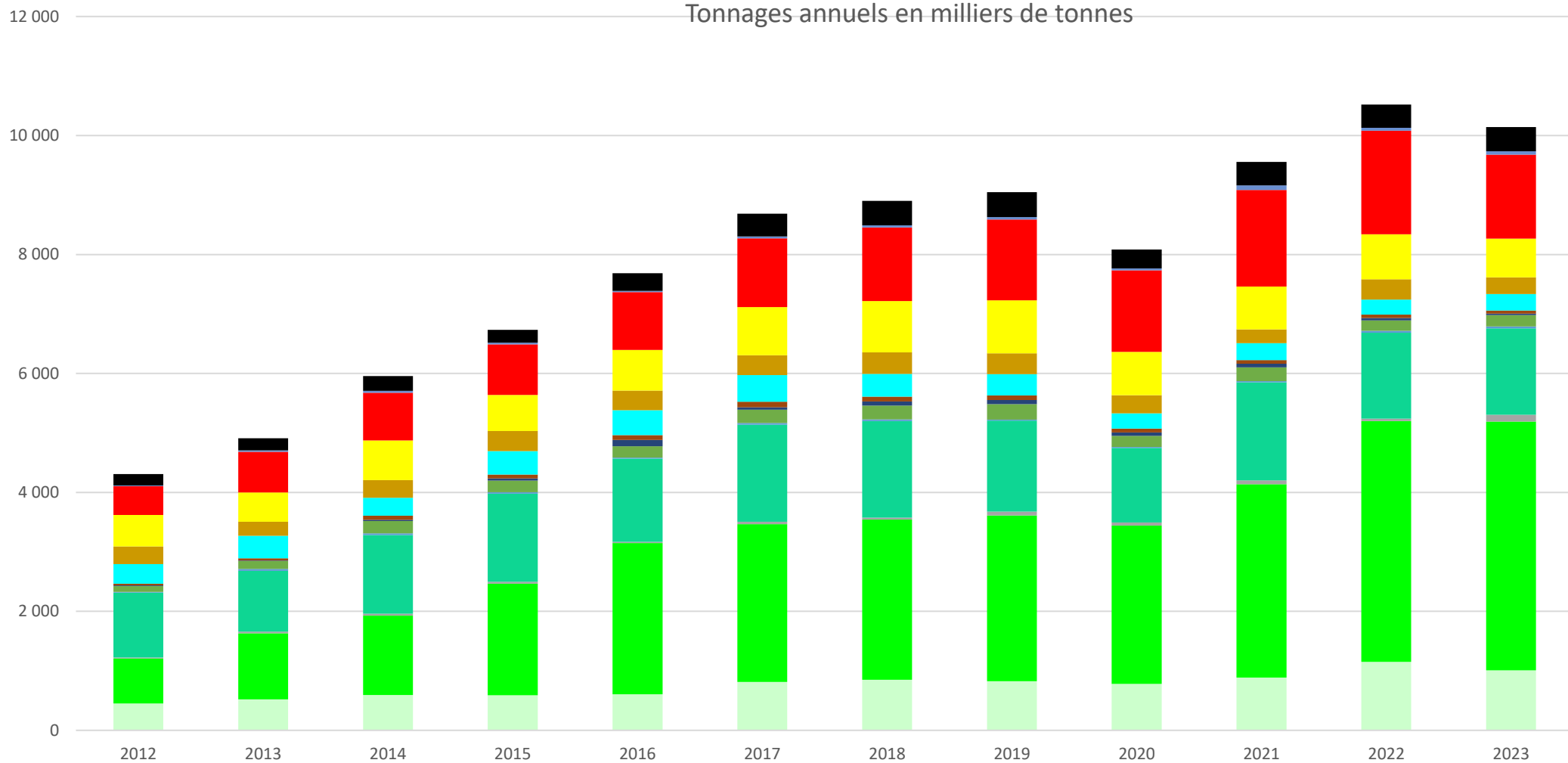
# Progression des volumes commercialisés en Bois-Énergie

valeurs en milliers de tonnes

	<u>2012</u>	<u>2013</u>	<u>2014</u>	<u>2015</u>	<u>2016</u>	<u>2017</u>	<u>2018</u>	<u>2019</u>	<u>2020</u>	<u>2021</u>	<u>2022</u>	<u>2023</u>
Bois Bord-de-route	453	520	595	590	607	813	852	824	779	888	1 153	1 009
Plaquettes forestières	755	1 113	1 335	1 877	2 543	2 654	2 690	2 790	2 664	3 249	4 048	4 182
Plaquettes bocagères	15	25	32	33	21	40	34	65	52	65	38	115
Plaquettes scierie	1 092	1 024	1 320	1 477	1 400	1 633	1 623	1 527	1 252	1 649	1 444	1 453
Plaquettes urbaines	14	33	30	24	14	26	27	18	16	19	34	32
Chutes scieries & transfo	94	131	206	199	193	225	232	261	190	235	173	190
Copeaux rabotage	13	11	21	33	108	40	71	70	55	59	41	26
Dosses et délignures	31	37	69	66	80	96	82	76	66	61	59	53
Mélanges	328	377	300	394	418	447	382	359	258	286	250	276
Ecorces	295	237	298	338	331	332	361	348	304	230	342	281
Sciures	531	489	668	608	684	812	864	894	731	719	758	649
<b>Granulés</b>	<b>482</b>	<b>687</b>	<b>802</b>	<b>848</b>	<b>972</b>	<b>1 154</b>	<b>1 238</b>	<b>1 355</b>	<b>1 369</b>	<b>1 624</b>	<b>1 739</b>	<b>1 415</b>
<b>Briquettes</b>	<b>13</b>	<b>24</b>	<b>31</b>	<b>28</b>	<b>20</b>	<b>32</b>	<b>36</b>	<b>43</b>	<b>35</b>	<b>79</b>	<b>51</b>	<b>54</b>
<b>Recyclage A</b>	<b>193</b>	<b>202</b>	<b>250</b>	<b>217</b>	<b>297</b>	<b>384</b>	<b>407</b>	<b>417</b>	<b>316</b>	<b>394</b>	<b>389</b>	<b>409</b>
<b>TOTAL</b>	<b>4 310</b>	<b>4 911</b>	<b>5 958</b>	<b>6 733</b>	<b>7 686</b>	<b>8 686</b>	<b>8 900</b>	<b>9 047</b>	<b>8 085</b>	<b>9 556</b>	<b>10 520</b>	<b>10 143</b>



## Tonnages annuels en milliers de tonnes



- Bois Bord-de-route
- Plaquettes forestières
- Plaquettes bocagères
- Plaquettes scierie
- Plaquettes urbaines
- Chutes scieries & transfo
- Copeaux rabotage
- Dosses et délingures
- Mélanges
- Ecorces
- Sciures
- Granulés
- Briquettes
- Recyclage A

**Alors, avons-nous assez de forêts  
pour alimenter**

**la montée de récoltes ??????**

**OUI !!!**



**OUI !!!**

- forêt française s'accroît 75 Mm<sup>3</sup>/an (net, après mortalité)

**OUI !!!**

- forêt française s'accroît 75 Mm<sup>3</sup>/an (net, après mortalité)
- consommation 51 Mm<sup>3</sup>/an

**OUI !!!**

- forêt française s'accroît 75 Mm<sup>3</sup>/an (net, après mortalité)
- consommation 51 Mm<sup>3</sup>/an  
= solde 24 Mm<sup>3</sup>/an



**OUI !!!**

- forêt française s'accroît  $75 \text{ Mm}^3/\text{an}$  (net, après mortalité)
- consommation  $51 \text{ Mm}^3/\text{an}$   
= solde  $24 \text{ Mm}^3/\text{an}$
- pour 31,536 millions de secondes en une année

**OUI !!!**

- forêt française s'accroît  $75 \text{ Mm}^3/\text{an}$  (net, après mortalité)
- consommation  $51 \text{ Mm}^3/\text{an}$   
= solde  $24 \text{ Mm}^3/\text{an}$
- pour 31,536 millions de secondes en une année

solde d'accroissement net #  $+ 0,75 \text{ m}^3/\text{seconde}$

**OUI !!!**

- forêt française s'accroît  $75 \text{ Mm}^3/\text{an}$  (net, après mortalité)
- consommation  $51 \text{ Mm}^3/\text{an}$   
= solde  $24 \text{ Mm}^3/\text{an}$
- pour 31,536 millions de secondes en une année

solde d'accroissement net #  $+ 0,75 \text{ m}^3/\text{seconde}$

pendant 20 minutes de conférence :  $+ 900 \text{ m}^3$





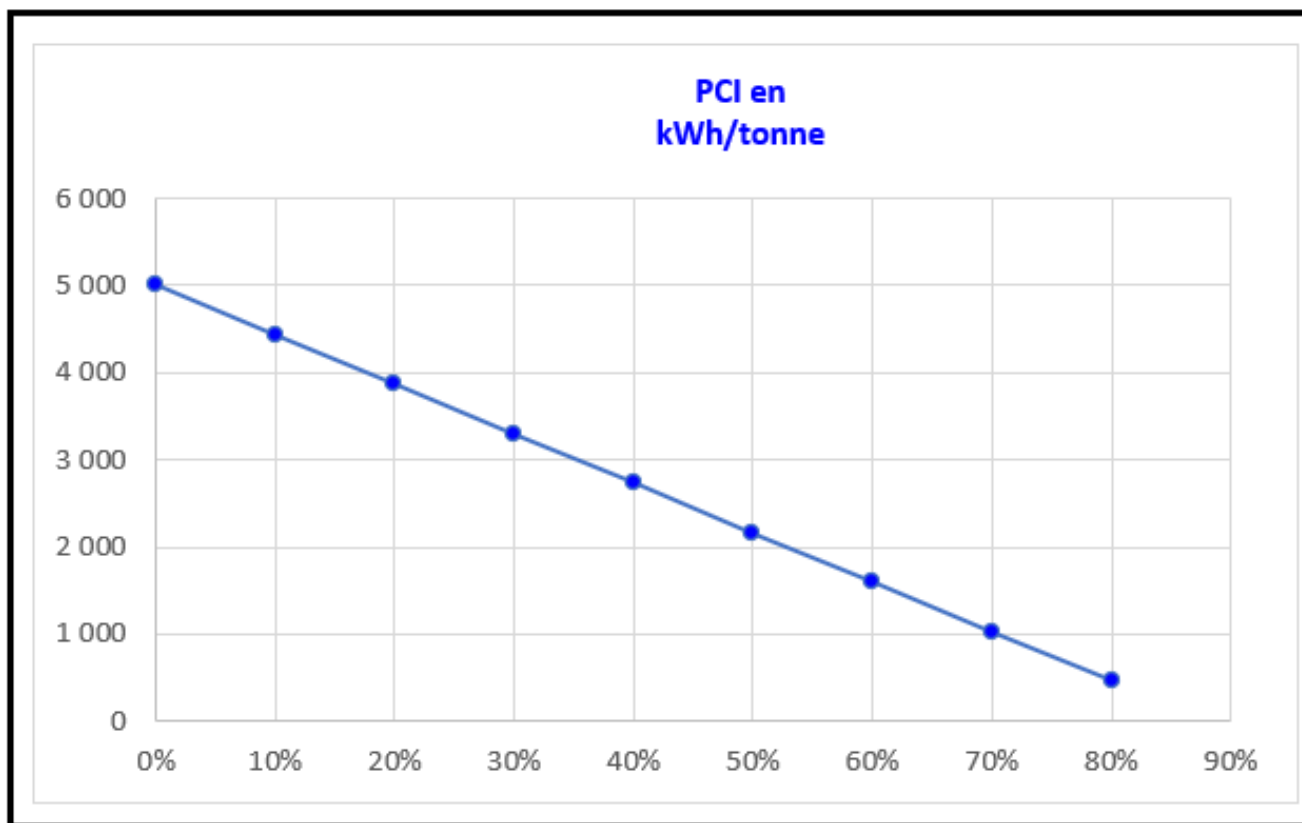
Annexes, au cas où....

## le PCI (pouvoir calorifique inférieur) d'un bois

PCI (en kWh/t) =  $PCI_{0\%} \times (1 - \text{humidité en \%}) - (678,6 \times \text{humidité en \%})$ ,  
où  $PCI_{0\%}$  est le PCI du bois à 0% d'humidité

**Exemple de la variation du PCI en fonction de l'humidité, pour bois à  $PCI_{0\%} = 5\,000$  kWh/T**

Humidité	PCI en kWh/tonne
80%	457
70%	1 025
60%	1 593
50%	2 161
40%	2 729
30%	3 296
20%	3 864
10%	4 432
0%	5 000



# le $PCI_{0\%}$ des principales essences de bois

<u>PCI<sub>0</sub> de différents bois</u>			
	essence	PCI <sub>0</sub>	<u>moyenne</u>
FEUILLUS DURS	châtaignier	5 200	
	orme	5 100	
	hêtre	5 040	
	frêne	5 000	
	acacia	5 000	4 979
	bouleau	5 000	
	chêne	4 950	
	fruitiers	4 900	
	charme	4 800	
	érable	4 800	
FEUILLUS TENDRES	tilleul	4 900	
	peuplier	4 900	4 865
	aulne	4 860	
	saule	4 800	
RESINEUX	pin sylvestre	5 320	
	mélèze	5 300	
	sapin	5 280	5 255
	épicéa	5 230	
	pin maritime	5 200	
	douglas	5 200	



# **La combustion du bois contribue-t-elle à la pollution de l'air ?**

**Présentation de Michel VERNONIS, membre de l'Académie d'Agriculture de France,  
13 Avril 2015 UQAT**



# Conclusion

- La combustion du bois improprement réalisée génère des polluants dont certains s'avèrent présenter un risque avéré pour la santé humaine. Elle contribue, à ce titre, à la pollution globale de l'air extérieur et intérieur. Cette contribution peut s'avérer significative en fonction de caractéristiques locales géographiques défavorables (vallées encaissées ...), météorologiques (couches d'inversion) ou liées à un taux très important d'utilisation du bois énergie tant dans des installations domestiques individuelles que collectives ou industrielles.

# Conclusion (suite)

- L'utilisation d'appareils et de dispositifs anciens, obsolètes et de faible rendement énergétique, donc loin des conditions optimales de combustion, contribue très significativement à cette pollution.  
Les foyers ouverts sont de ceux-ci.  
La qualité du combustible (siccité, homogénéité, essence) est un facteur important à prendre en compte.
- Les récents dispositifs à foyer fermé, de haut rendement, minimisent considérablement les émanations issues de la combustion du bois et devraient d'être conformes aux normes environnementales récemment édictées.
- Les installations collectives et industrielles de production d'énergie à partir de la biomasse bois sont soumises à des normes de rejets atmosphériques contraignantes qui leur sont spécifiques et qui pourraient évoluer, à l'avenir, pour abaisser les seuils actuels et tenir compte d'autres polluants que ceux qui sont retenus actuellement dans ces normes.

**7 – consommateurs potentiels : «*si le prix du bois double comme en 1974, mon énergie va doubler*»**

**connaissent-ils la structure des prix de revient du MWh sortie  
chaufferie ?**

	<b>Chaufferie au fossile</b>	<b>Chaufferie au bois</b>
combustible fossile	81	17
bois		7
transport bois		11
préparation bois		17
Fonctionnement & amortissement chaufferie	<u>19</u>	<u>48</u>
total	100	100



	Chaufferie au fossile	Chaufferie au bois
combustible fossile	81	17
bois		7
transport bois		11
préparation bois		17
Fonctionnement & amortissement chaufferie	<u>19</u>	<u>48</u>
<b>total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

	Chaufferie au fossile	Chaufferie au bois
combustible fossile	162	34
bois		14
transport bois		16
préparation bois		20
Fonctionnement & amortissement chaufferie	<u>19</u>	<u>48</u>
<b>total</b>	<b>181</b>	<b>132</b>

**5 – Administration & écologistes : «*il ne faut pas brûler du bois de classe B en chaufferie*»**

classe B = bois recyclés comme :

- aggloméré,
- contre-plaqué,
- bois peint ou vernis

**5 – Administration & écologistes : «*il ne faut pas brûler du bois de classe B en chaufferie*»**

- classe B est brûlable si chaudière correctement équipée
- presque tous autres pays européens le font

**5 – Administration & écologistes : «il ne faut pas brûler du bois de classe B en chaufferie»**

- classe B est brûlable si chaudière correctement équipée
- presque tous autres pays européens le font
- mais la France veut toujours faire mieux et impose classement en « **incinérateur** » =
  - procédure complexe
  - levée de boucliers localement
- donc on n'en consomme pas (ou peu) de classe B

- donc on l'exporte : Italie, Belgique, Allemagne pour Panneaux, avec transport # 500 km en moyenne...
- économie de pays sous-développé qui exporte matière et importe produits finis
- perte ou mise en décharge d'un produit à excellent PCI qui pourrait doper techniquement & économiquement produits humides...



en particulier, pour les éclaircies, le Bois-Énergie ouvre aussi un débouché autre que les quelques utilisations *traditionnelles*

