



# **Plan d'approvisionnement territorial**

## ***Un outil d'aide à la décision pour les élus du territoire***

pour un développement de la filière bois au sein du territoire

# **Communautés d'agglomération du Grand Besançon Communauté de Communes des rives de l'Ognon**

**Rapport de synthèse**

**Avril 2014**

Avec le soutien financier de :



## SOMMAIRE

<b>Rapport de synthèse .....</b>	<b>1</b>
<b>1 Le PAT : un outil d'aide à la décision pour les élus de la communauté d'agglomération du Grand Besançon et de la Communauté de communes des rives de l'Ognon.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1 Une dynamique territoriale forte sur la question du bois énergie .....</b>	<b>5</b>
<b>1.2 Le PAT : un outil d'aide à la décision.....</b>	<b>5</b>
1.2.1 Principe .....	5
1.2.2 Méthodologie générale .....	7
<b>1.3 Mise en œuvre du PAT à l'échelle du territoire.....</b>	<b>7</b>
1.3.1 Calendrier de mise en œuvre .....	7
1.3.2 Comités de suivi.....	8
<b>2 Etat des lieux de la ressource forestière et de ses conditions de mobilisation.....</b>	<b>9</b>
<b>2.1 Ressource forestière du territoire .....</b>	<b>9</b>
2.1.1 Descriptif du territoire.....	9
2.1.2 Capital sur pied .....	10
2.1.3 Disponibilité maximale .....	11
2.1.4 Disponibilité en houppiers et rémanents .....	12
<b>2.2 Accessibilité de la ressource forestière.....</b>	<b>14</b>
2.2.1 Condition physique du milieu.....	14
2.2.2 Mécanisation de l'exploitation.....	14
2.2.3 Coût d'exploitation de la ressource forestière .....	16
2.2.4 Amélioration de la desserte forestière .....	19
<b>2.3 Enjeux environnementaux .....</b>	<b>19</b>
<b>3 Le bois énergie .....</b>	<b>21</b>
<b>3.1 Evaluation de la demande .....</b>	<b>21</b>
3.1.1 Le bois bûche.....	21
3.1.2 Consommation des chaufferies .....	23
3.1.3 Consommation de bois d'industrie.....	24
3.1.4 Synthèse des consommations.....	24
<b>3.2 Ressources énergisables.....</b>	<b>25</b>
<b>3.3 Synthèse spécifique des consommations et ressources forestières ..</b>	<b>26</b>
<b>4 Scénario de mobilisation de la plaquette forestière .....</b>	<b>27</b>
<b>5 Plateforme de stockage.....</b>	<b>29</b>

<b>6</b>	<b>Bilan socio-économique .....</b>	<b>31</b>
<b>7</b>	<b>Conclusion .....</b>	<b>32</b>
<b>8</b>	<b>Et après le PAT... ?.....</b>	<b>32</b>
<b>9</b>	<b>Lexique / Glossaire .....</b>	<b>34</b>
<b>10</b>	<b>Annexe technique.....</b>	<b>36</b>

## Table des illustrations

Figure 1 : Carte du territoire .....	5
Figure 2 : la démarche PAT.....	6
Figure 3 : Schéma de la méthodologie PAT.....	7
Figure 4 : Répartition de la ressource par type de propriété sur le territoire.....	9
Figure 5 : répartition des types de peuplement sur le territoire .....	10
Figure 6 : Carte du capital sur pied .....	10
Figure 7 : Répartition du capital sur pied.....	11
Figure 8 : Variation du volume sur pied à l'hectare .....	11
Figure 9 : Volumes forestiers bois fort mobilisables annuellement par type de propriété et de produits .....	12
Figure 10 : Répartition de la disponibilité en bois par type d'essence et de propriété.....	12
Figure 11 : disponibilité en houppiers et rémanents en fonction du type de propriété.....	13
Figure 12 : Carte des pentes .....	14
Figure 13 : Surface forestière selon la pente et la propriété .....	14
Figure 14 : Carte du potentiel de mécanisation.....	15
Figure 15 : Carte des méthodes de débardages envisageables.....	16
Figure 16 : carte des coûts d'exploitation de la ressource forestière .....	17
Figure 17 : Surface par classe de coût.....	17
Figure 18 : Volumes disponibles par classe de coût.....	18
Figure 19 : Accessibilité de la ressource .....	18
Figure 20 : carte de la desserte.....	19
Figure 21 : Cartes des enjeux et classes d'enjeux environnementaux .....	20
Figure 22 : Carte de la part des logements utilisant le bois bûche comme mode de chauffage principal dans les communes du territoire .....	21
Figure 23 : Enquête CEREN 2006, Franche-Comté.....	22
Figure 24 : Nombre de logements utilisant le bois bûche en chauffage principal par commune.....	22
Figure 25 : tableau récapitulatif des chaufferies à plaquettes forestières prises en compte dans le PAT .....	23
Figure 26 : Carte des chaufferies et des plateformes du territoire .....	23
Figure 27 : répartition de la demande bois énergie émanant du territoire (tonnes/an).....	24
Figure 28 : répartition de la ressource bois-énergie disponible annuellement (m3/an) .....	25
Figure 29 : volumes de bois énergie-bois d'industrie par type de produits, d'essences et de propriété .....	26
Figure 30 : Synthèse des ressources et consommations en bois énergie/bois d'industrie sur le territoire.....	26
Figure 31 : Décomposition du coût de production de plaquette forestière au sein du territoire selon les scénarios : avec ou sans stockage sous hangar.....	27
Figure 32 : Production potentielle de plaquettes forestières par classe de prix et par type de propriété .....	28

Figure 33 : Equipements de stockage à l'intérieur et à proximité du territoire ..... 29

# 1 Le PAT : un outil d'aide à la décision pour les élus de la communauté d'agglomération du Grand Besançon et de la Communauté de communes des rives de l'Ognon

## 1.1 Une dynamique territoriale forte sur la question du bois énergie

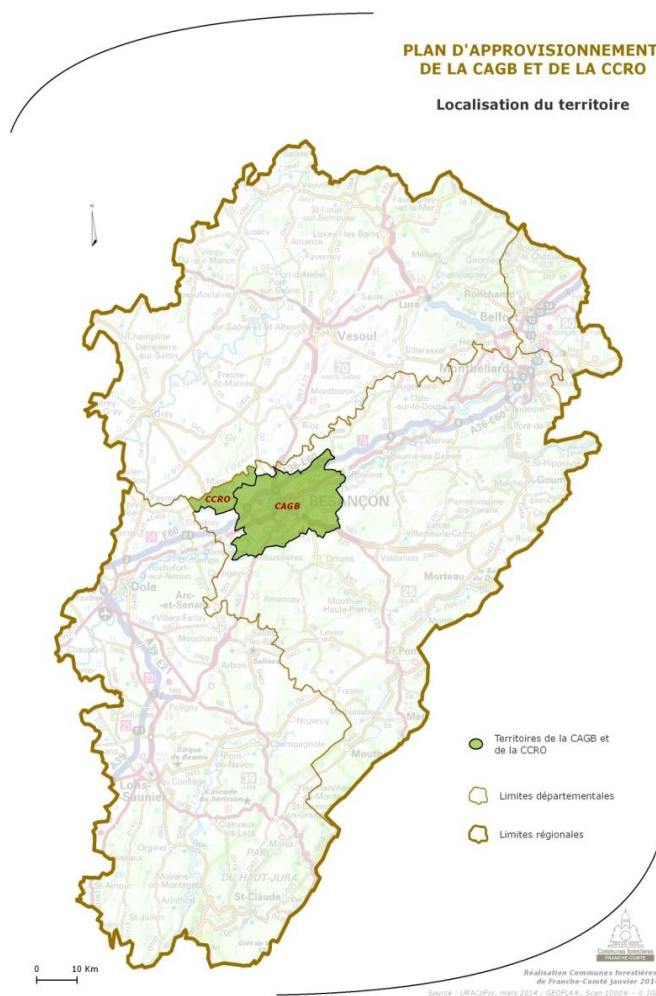


Figure 1 : Carte du territoire

La forêt couvre plus du tiers de la superficie des territoires du Grand Besançon et de la Communauté de communes des Rives de l'Ognon. Au-delà des rôles paysagers ou écologiques, elle constitue une ressource économique importante pour leurs territoires. Le bois-bûche constitue un mode de chauffage ancien encore très répandu grâce notamment à la pratique de l'affouage. Les autres types de bois énergie (granulé, plaquettes, etc.) se développent en parallèle depuis quelques années dans les projets publics comme privés. Enfin, un gros projet de cogénération biomasse est à l'étude pour la papèterie de Novillars. Cette augmentation des besoins a incité Grand Besançon et Communauté de communes des Rives de l'Ognon à se rapprocher pour réaliser cette étude de Plan d'approvisionnement territorial en bois énergie. Ce travail apporte la vision claire des besoins de chauffage et capacités de production sur les territoires nécessaire pour initier une dynamique de mobilisation et d'utilisation durable de cette ressource naturelle. C'est une contribution aux objectifs nationaux et locaux de réduction des émissions de gaz à effet de serre comme d'autonomie énergétique.

## 1.2 Le PAT : un outil d'aide à la décision

### 1.2.1 Principe

Le PAT est un **outil d'aide à la décision** des Communes forestières à **destination des élus** d'un territoire. Il permet d'améliorer la connaissance sur la ressource forestière.

Construit sur **une approche participative** avec l'ensemble de la filière, il permet d'avoir une vision d'ensemble sur le potentiel de développement du bois énergie à l'échelle territoriale.

Mené à l'échelle d'un territoire organisé (pays, parcs naturels régionaux, communautés d'agglomération), il pose les bases à la réflexion sur l'usage local de la ressource bois.

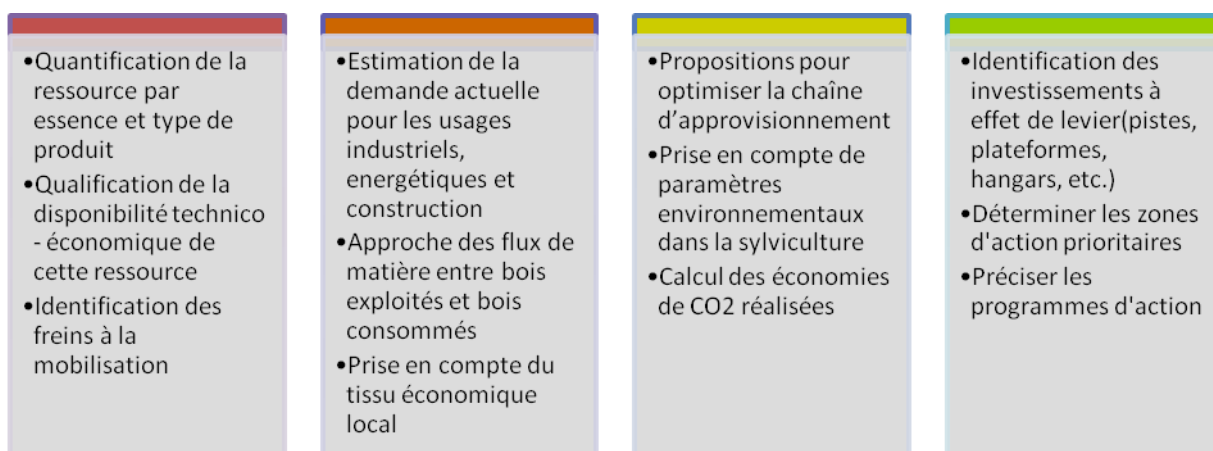
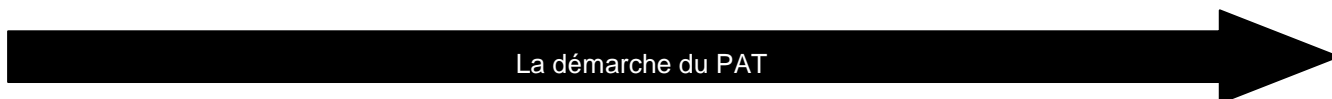


Figure 2 : la démarche PAT

Les partenaires techniques de la démarche :



Le Plan d'Approvisionnement Territorial est un outil évolutif et actualisable. La mise à jour des résultats selon la volonté du territoire constitue un moyen de suivre l'efficacité des actions mises en œuvre. Le PAT s'appuie sur une modélisation cartographique de la chaîne d'approvisionnement en bois, de la forêt jusqu'à la chaufferie, qui prend en compte la localisation de la ressource, le type de bûcheronnage, de débardage, les différents modes de transports, de broyages, de séchage et de livraison de la plaquette forestière.

### 1.2.2 Méthodologie générale

La réalisation d'un PAT suit une méthodologie globale commune à tous les territoires, consistant à évaluer d'une part la demande et d'autre part la ressource en bois. Le Réseau des Communes forestières a développé un modèle de simulation baptisé SyllGIS® qui permet de traiter et d'évaluer de manière automatique la ressource forestière selon un certain nombre de paramètres et scénarii définis en comité technique et comité de pilotage. Les Communes forestières apportent leur expertise afin de répondre aux interrogations soulevées par les résultats issus de la modélisation.

La méthodologie peut évoluer afin de s'adapter aux contextes propres au territoire.

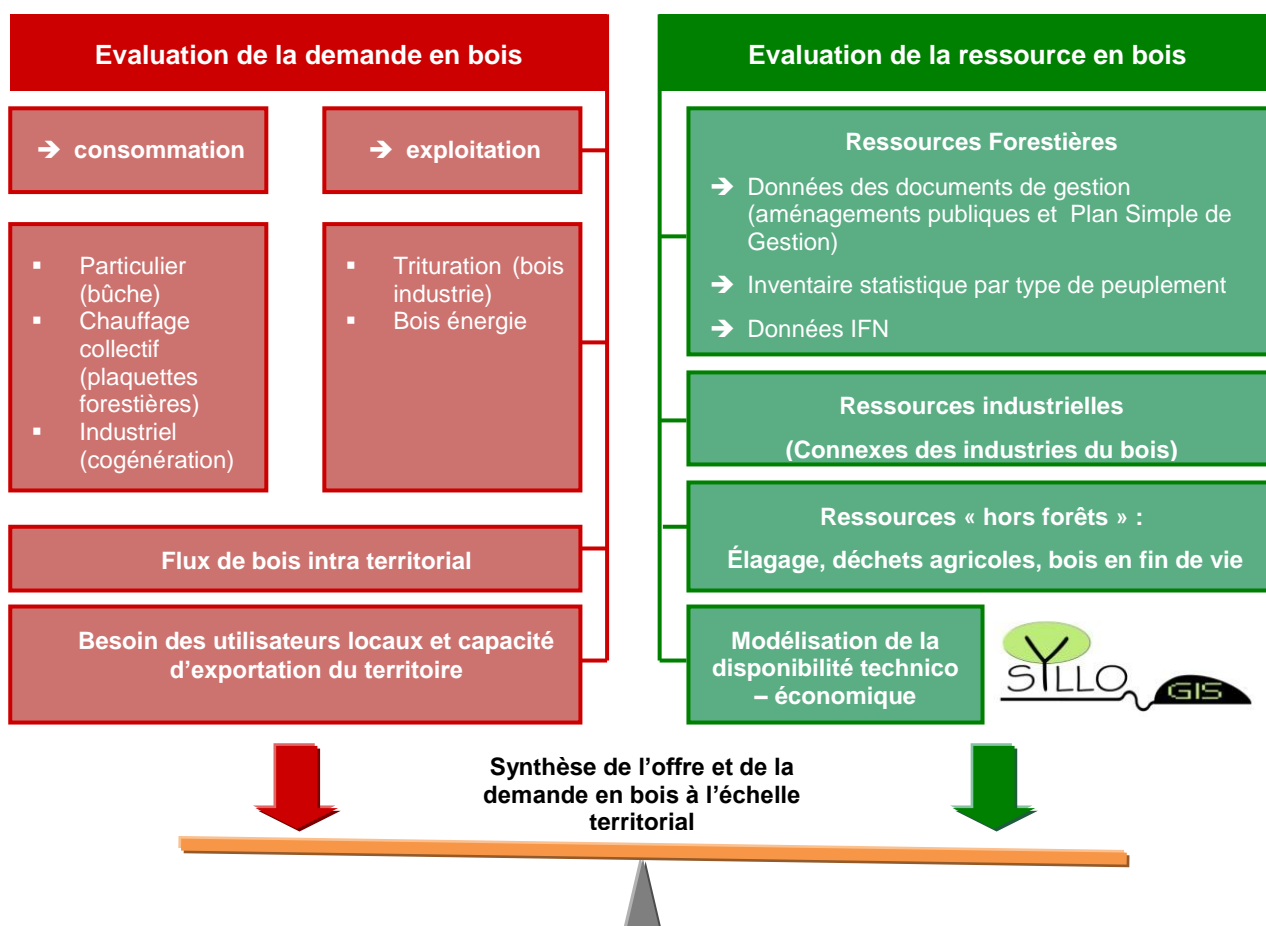


Figure 3 : Schéma de la méthodologie PAT

La méthodologie complète, les paramètres et les données sources utilisées sont présentées dans l'annexe technique du rapport.

## 1.3 Mise en œuvre du PAT à l'échelle du territoire

### 1.3.1 Calendrier de mise en œuvre

La Communauté d'agglomération du Grand Besançon est le maître d'ouvrage du Plan d'Approvisionnement Territorial. Les Communes forestières interviennent en tant qu'assistance à maitrise d'ouvrage afin de coordonner les différentes étapes du PAT et de réaliser la modélisation informatique. La réalisation du PAT respecte un calendrier fixe et établi au préalable avec le territoire.

Sur le territoire il a été étalé sur une durée de 12 mois (calculé à partir de la date de signature de la convention le 13/05/2013).

Le PAT se déroule en trois temps forts :

- La récolte, l'assemblage et le traitement des données : cette phase comprend l'acquisition de l'ensemble des données des partenaires de la démarche, leur concertation, la modélisation et le traitement SIG des données ;
- La présentation des résultats intermédiaires : cette étape est une expertise technique du PAT, c'est-à-dire une validation par les partenaires des hypothèses de calcul et de l'adaptation de la démarche au territoire concerné. Par ailleurs, elle vise l'intégration des volontés politiques locales dans l'outil. S'en suit une phase d'ajustement de la modélisation ;
- La présentation des résultats finaux du PAT : lors de cette phase les différents supports de communication (synthèse, présentation publique, ...) sont élaborés et présentés au territoire. L'objectif majeur de cette étape est de préparer les suites à donner au PAT sur le territoire.

### 1.3.2 Comités de suivi

Deux comités sont mis en place pour assurer le suivi du PAT :

#### Le comité de pilotage

Ce comité donne les orientations, décide des scénarii, demande le cas échéant des précisions ou modifications sur la base des éléments présentés par le comité d'expertise, valide les résultats à la fin des simulations. Sont notamment conviés aux comités de pilotage autour du territoire, maître d'ouvrage du PAT : les collectivités membres du territoire et participant à la démarche, le réseau des Communes Forestières, les financeurs (ADEME, Région, Département du Doubs), les élus, et toutes autres personnes que le Territoire a jugé pertinent de convier. Il s'est réuni lors du lancement de la démarche, lors du rendu intermédiaire et pour le rendu final.

#### Le comité d'expertise.

Ce comité propose des solutions techniques, adapte la méthodologie en cas de besoin, fixe les hypothèses de calcul pour les simulations et valide les résultats. Ce comité regroupe les professionnels intervenant dans la réalisation du PAT. Les partenaires de ce groupe ont été sollicités et consultés tout au long du PAT, collectivement ou individuellement. Le comité d'expertise s'est réuni à mi-parcours pour présenter et discuter des résultats intermédiaires en vue de finaliser le PAT.



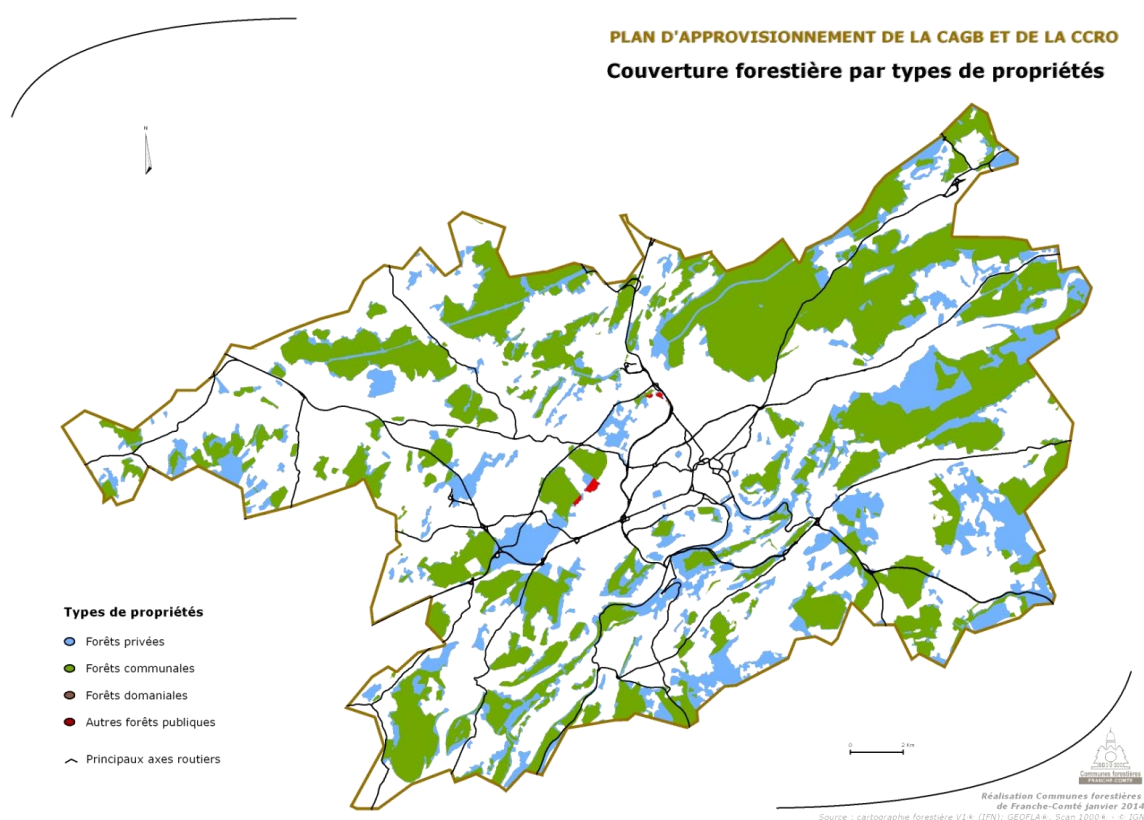
## 2 Etat des lieux de la ressource forestière et de ses conditions de mobilisation

### 2.1 Ressource forestière du territoire

#### 2.1.1 Descriptif du territoire

Le territoire est constitué de :

- **19 600 ha** de forêts, soit **environ 40 % de taux de boisement**.
- **5 500 ha (28%) de forêts privées**
- **14 100 ha (72%) de forêts publiques** : forêts communales et quelques autres publiques (forêts du Département du Doubs et du CHRU de Besançon)



**Figure 4 : Répartition de la ressource par type de propriété sur le territoire**

Les peuplements résineux sont minoritaires et ne représentent que 8 % de la surface boisée. Le sapin est la principale essence résineuse. Elle est présente sur les versants nord des pentes du territoire, sur plus de 600 ha en peuplements purs.

Les peuplements feuillus sont très largement majoritaires (~82 % de la surface boisée). Il s'agit essentiellement de mélanges de feuillus, les peuplements purs de chêne ne représentant que 2 % et de hêtre 9 % de la surface boisée. Le taillis est présent dans 51 % des peuplements forestier du territoire.

Dans le périmètre du PAT, la forêt est gérée en futaie régulière et en taillis. Son objectif premier est la production de bois, mais elle doit également répondre à une fréquentation marquée du public, expliquée par la proximité d'un pôle urbain.

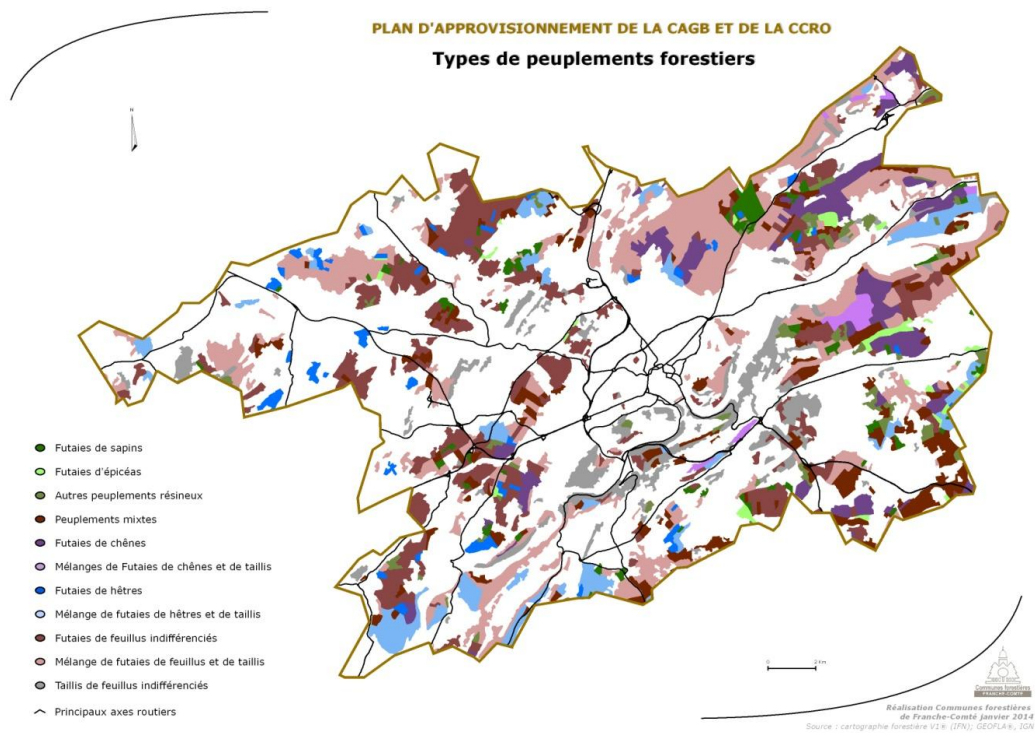


Figure 5 : répartition des types de peuplement sur le territoire

### 2.1.2 Capital sur pied

Le volume de bois sur pied (bois fort) du territoire s'élève à environ **2,65 millions de mètres cube**. Il est composé d'environ **90% de feuillus, soit 2 400 000 m<sup>3</sup>**.

**Les résineux avec 270 000 m<sup>3</sup>** représentent 10 % du volume sur pied.

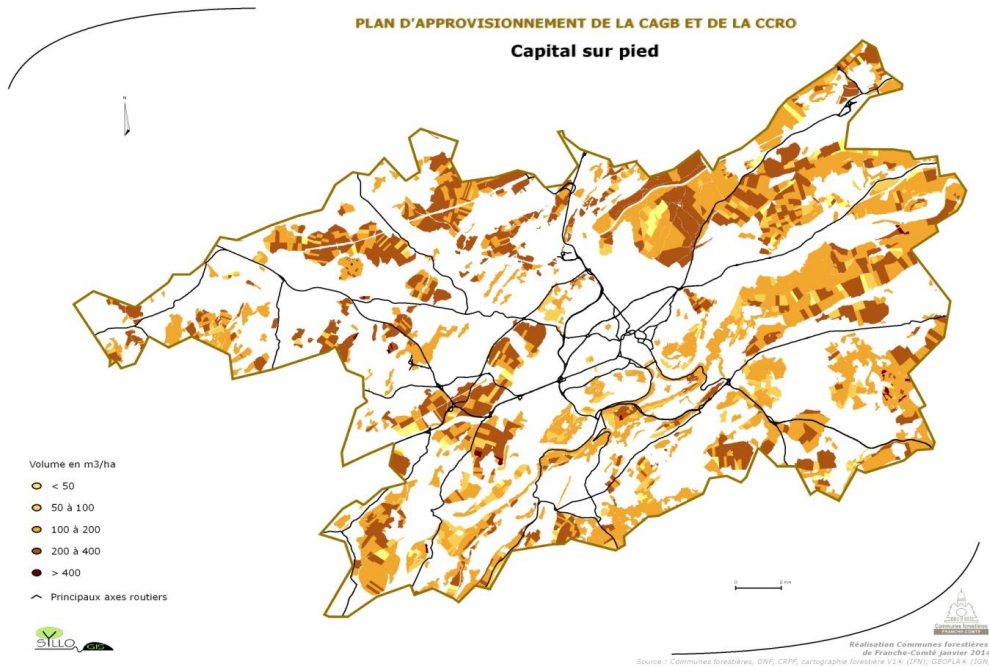


Figure 6 : Carte du capital sur pied

**Le niveau de capitalisation en bois du territoire est relativement hétérogène**, La majorité des peuplements ont un capital sur pied tournant autour de 200 m<sup>3</sup>/ha. Les forêts privées sont légèrement moins denses avec un capital sur pied moyen de 150 m<sup>3</sup>/ha.

Toutefois, certains peuvent compter plus de 400 m<sup>3</sup>/ha. Les peuplements les plus denses se trouvent essentiellement sur la région forestière des vallées de la plaine de la Saône et de ses affluents, au nord-est du territoire, et concernent des futaies de feuillus mélangés. Il peut s'agir de futaies vieillissantes avec des arbres de très gros diamètre ou de peuplements comprenant un taillis plus dense.

Les pentes marquées au sud du territoire et leurs sols peu profonds expliquent le moindre volume des forêts qui s'y trouvent.

Les **forêts publiques concentrent 76% du capital** sur pied soit 2 654 000 m<sup>3</sup> contre **24%** pour la forêt privée (824 000 m<sup>3</sup>). Cela s'explique par la part de la forêt communale dans la surface boisée du territoire (72%).

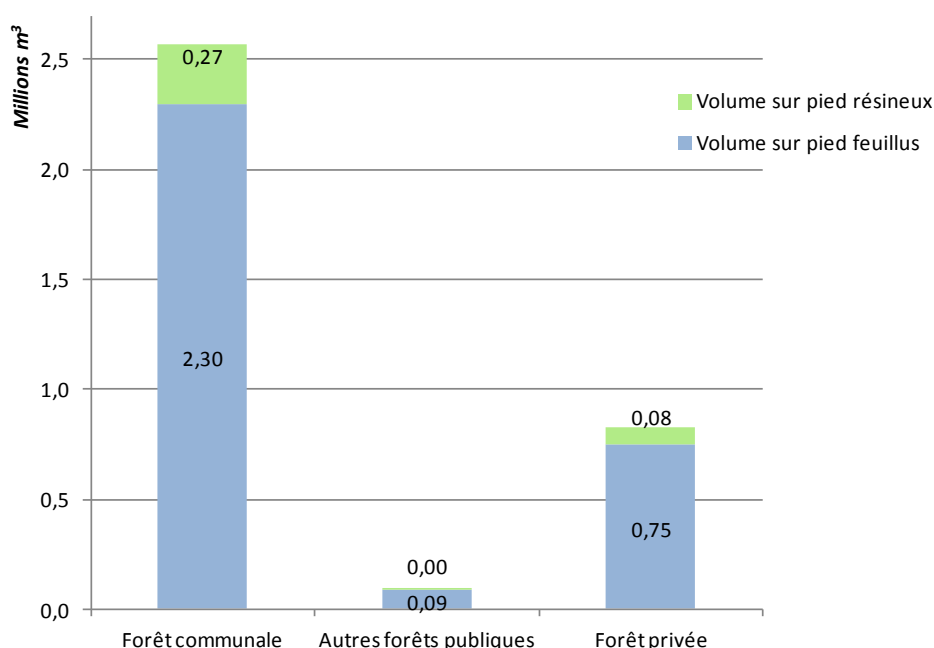


Figure 7 : Répartition du capital sur pied

Volume sur pied à l'hectare (m <sup>3</sup> /ha)			
Type	Forêt communales	Autres forêts publiques	Forêt privée
Feuillus	<b>180</b>	<b>186</b>	<b>148</b>
Résineux	<b>173</b>	<b>185</b>	<b>227</b>
Mixtes	<b>150</b>	<b>172</b>	<b>153</b>
Total	<b>196</b>	<b>189</b>	<b>151</b>

Figure 8 : Variation du volume sur pied à l'hectare

### 2.1.3 Disponibilité maximale

La ressource disponible annuellement est calculée sur la base de *scenarii* de sylviculture durable. Les volumes indiqués ci-après sont donnés sur une base maximale. Il est nécessaire de prendre en compte l'accessibilité de la ressource pour approcher la disponibilité réelle.

Volumes forestiers bois fort maximal disponibles annuellement (m <sup>3</sup> /an)				
Type de produit :	Forêts communales	Autres forêts publiques	Forêt privée	Total
Bois d'industrie / énergie feuillus	43 713	1 502	8 291	<b>53 506</b>
Bois d'industrie / énergie résineux	3 564	47	665	<b>4 276</b>
Bois d'œuvre feuillus	23 831	832	3 007	<b>27 669</b>
Bois d'œuvre résineux	4 120	55	922	<b>5 097</b>
<b>Total</b>	<b>75 227</b>	<b>2 436</b>	<b>12 885</b>	<b>90 548</b>

Figure 9 : Volumes forestiers bois fort mobilisables annuellement par type de propriété et de produits

Le volume de bois maximal (à la découpe 7 cm) mobilisable annuellement sur le territoire s'élève à **90 548 m<sup>3</sup>**. Il est composé pour **90% de bois feuillus**. La proportion globale de bois d'œuvre est non négligeable avec un peu plus d'**1/3 du volume de bois mobilisable sous forme de grumes aptes à être sciées**.

L'essentielle de la disponibilité est concentrée en forêt publique (86%). Cela représente **une disponibilité moyenne de 4,6 m<sup>3</sup>/ha/an**.

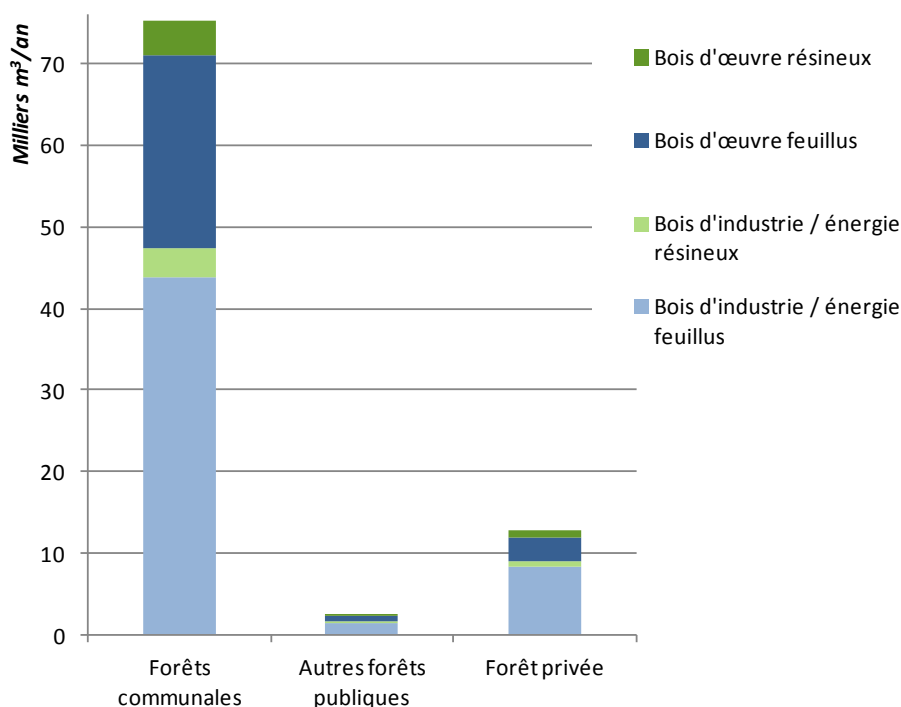


Figure 10 : Répartition de la disponibilité en bois par type d'essence et de propriété

#### 2.1.4 Disponibilité en houppiers et rémanents

Une fraction des volumes dit « aériens » des arbres, correspondant aux branches, peut être mobilisé à destination principalement des usages énergétiques. Il s'agit essentiellement de bois issus de coupes mécanisables ou situées dans de bonnes conditions d'exploitation.

Volumes des houppiers disponibles annuellement (tonnes à 30% H/an)			
Type de produit :	Forêt publique	Forêt privée	Total
Feuillus	9 540	2 380	<b>11 920</b>
Résineux	380	90	<b>470</b>
<b>Total</b>	<b>9 920</b>	<b>2 470</b>	<b>12 390</b>

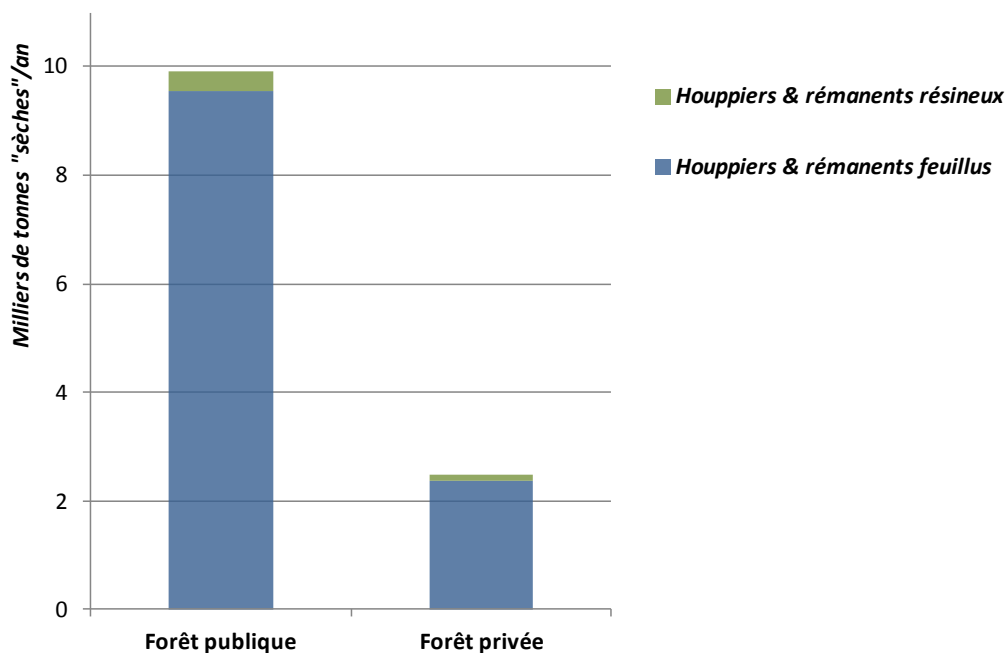


Figure 11 : disponibilité en houppiers et rémanents en fonction du type de propriété

Ces volumes représentent **12 000 tonnes** de bois supplémentaires (96% feuillus, 4% résineux). Il s'agit donc de volumes non négligeables.

Cependant, il convient de rester prudent quand à la mobilisation effective de ces bois et cela pour plusieurs raisons :

- Emanant largement des forêts communales ces volumes de bois sont souvent valorisé via l'affouage (futaie affouagère) ;
- A l'échelle d'une coupe, les volumes sont trop faibles pour justifier un système d'exploitation spécifique qui intègre la récolte des houppiers ;
- Le manque de matériel adéquat et le faible niveau de formation limite les possibilités de récolte principalement dans le feuillu;
- L'impact écologique de la récolte des houppiers reste mal maîtrisé. La préservation de la fertilité des sols doit être recherchée (limiter la récolte des houppiers à un seul passage dans le cycle de production du peuplement).



## 2.2 Accessibilité de la ressource forestière

### 2.2.1 Condition physique du milieu

Le territoire présente de fortes pentes le long de la vallée du Doubs et un relief légèrement marqué au nord-est.

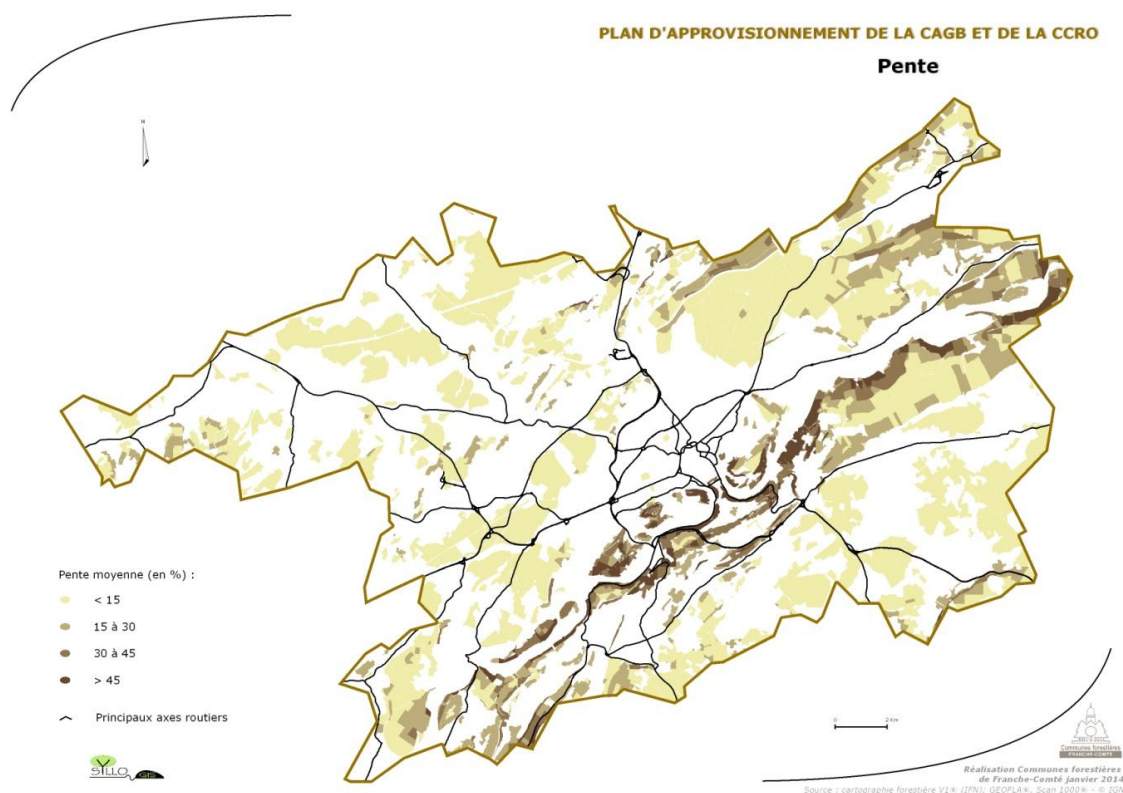


Figure 12 : Carte des pentes

Classe de pente (en %)	< 10	10 à 20	20 à 30	30 à 40	40 à 50	> 50
<i>Communale</i>	7224	3535	1582	597	410	332
<i>Autres forêts publiques</i>	325	101	1	0	0	0
<i>Forêt privée</i>	2130	1570	754	425	325	280
<b>Total</b>	<b>9679</b>	<b>5206</b>	<b>2336</b>	<b>1021</b>	<b>735</b>	<b>612</b>
<i>Total en %</i>	49%	27%	12%	5%	4%	3%

Figure 13 : Surface forestière selon la pente et la propriété

### 2.2.2 Mécanisation de l'exploitation

De manière générale le recours à une abatteuse se justifie économiquement dans des peuplements résineux de type petits bois ou bois moyen. L'homogénéité des tiges, la régularité et la finesse de la branchaison permette une bonne productivité de l'abattage mécanisé. Dans les peuplements feuillus, seul certains taillis sont exploités de cette manière à l'aide d'abatteuse adaptée.

La pente constitue un facteur limitant. Selon les matériels, il est possible de mécaniser l'exploitation dans des pentes voisines de 45% de pente au maximum. Cela nécessite cependant une desserte

suffisante (possibilité de reprise de la machine). Un taux de pente moyen de 30% est généralement retenu comme limitant.

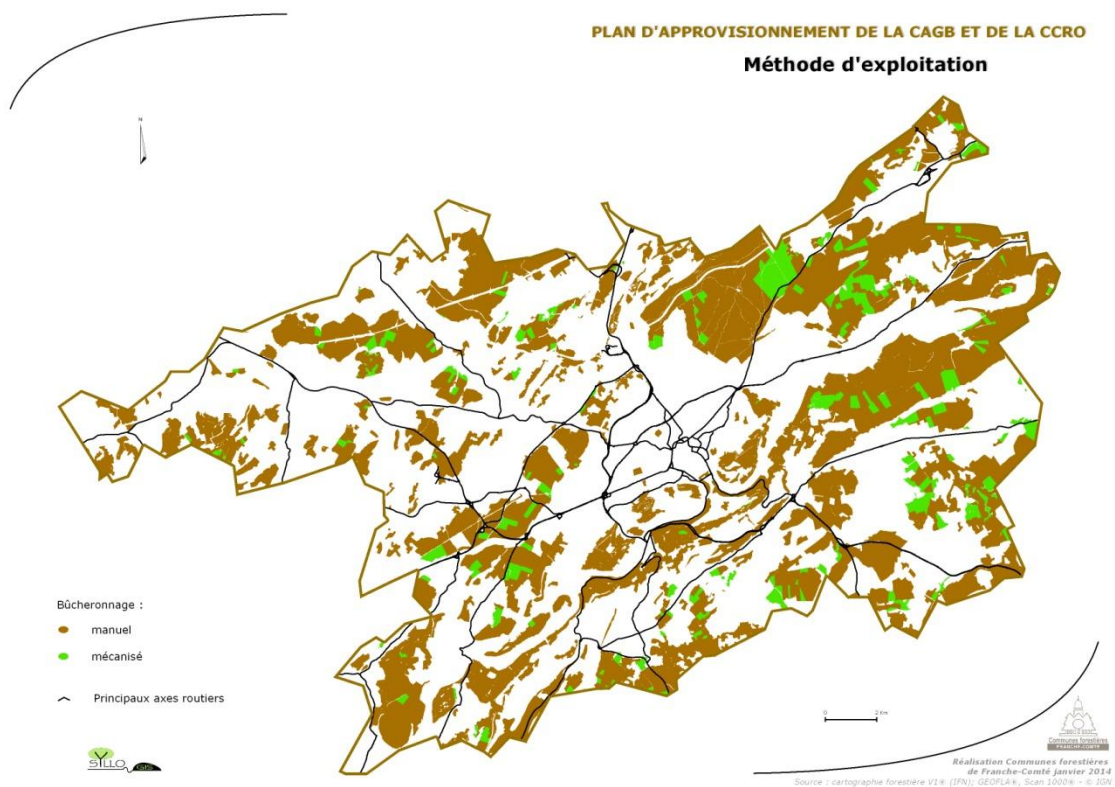
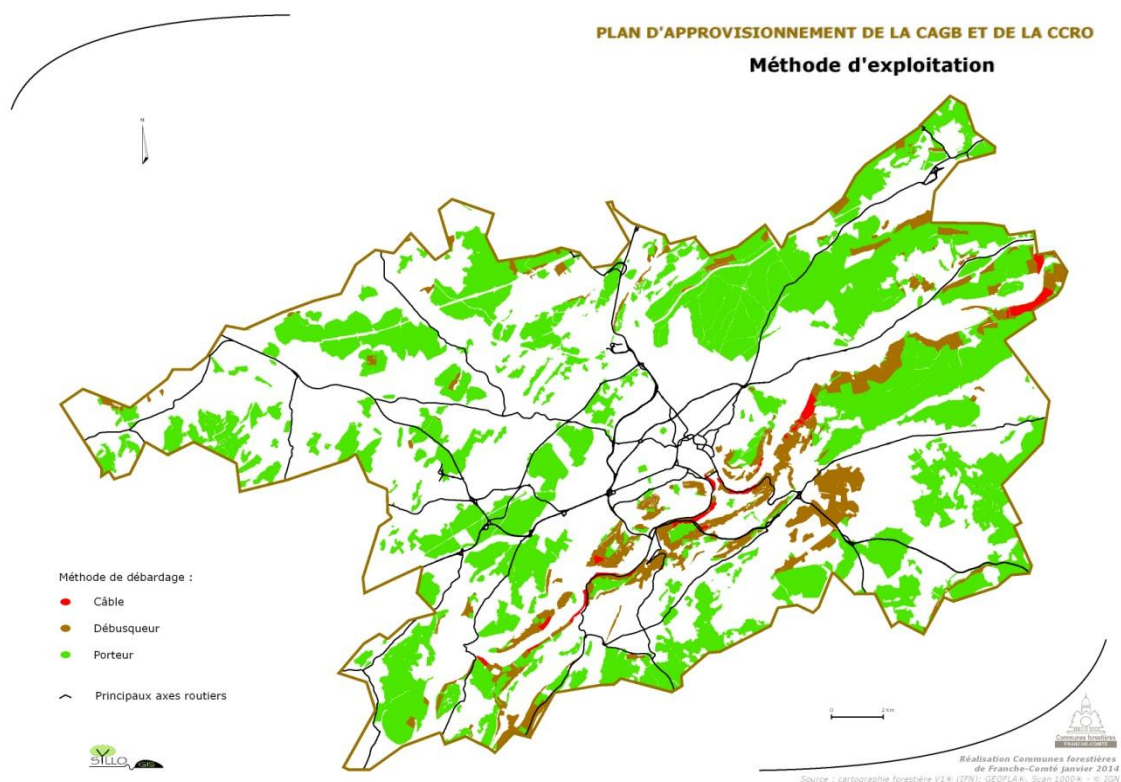


Figure 14 : Carte du potentiel de mécanisation

La sylviculture conduite sur le territoire, soit l'abondance des futaies feuillues, favorise le bûcheronnage manuel. Les fortes pentes ne sont pas le principal obstacle à la mécanisation des récoltes de bois.



**Figure 15 : Carte des méthodes de débardages envisageables**

Concernant le débardage, l'intervention des porteurs peut être envisagée sur la quasi-totalité du territoire, exception faite des versants le long du Doubs où parfois le câble serait même nécessaire, et quelques parcelles au Nord du territoire.

### 2.2.3 Coût d'exploitation de la ressource forestière

L'accessibilité de la ressource forestière est une notion complexe reposant sur différents facteurs :

- L'accessibilité physique des bois (pente, distance à la desserte)
- La rentabilité du chantier d'exploitation au vu des produits disponibles et de la l'accessibilité physique
- La contrainte foncière
- La décision du propriétaire de vendre ou non son bois

Il est possible d'approcher les deux premiers points en combinant les données disponibles (carte des pentes, réseau de desserte, nature des peuplements)



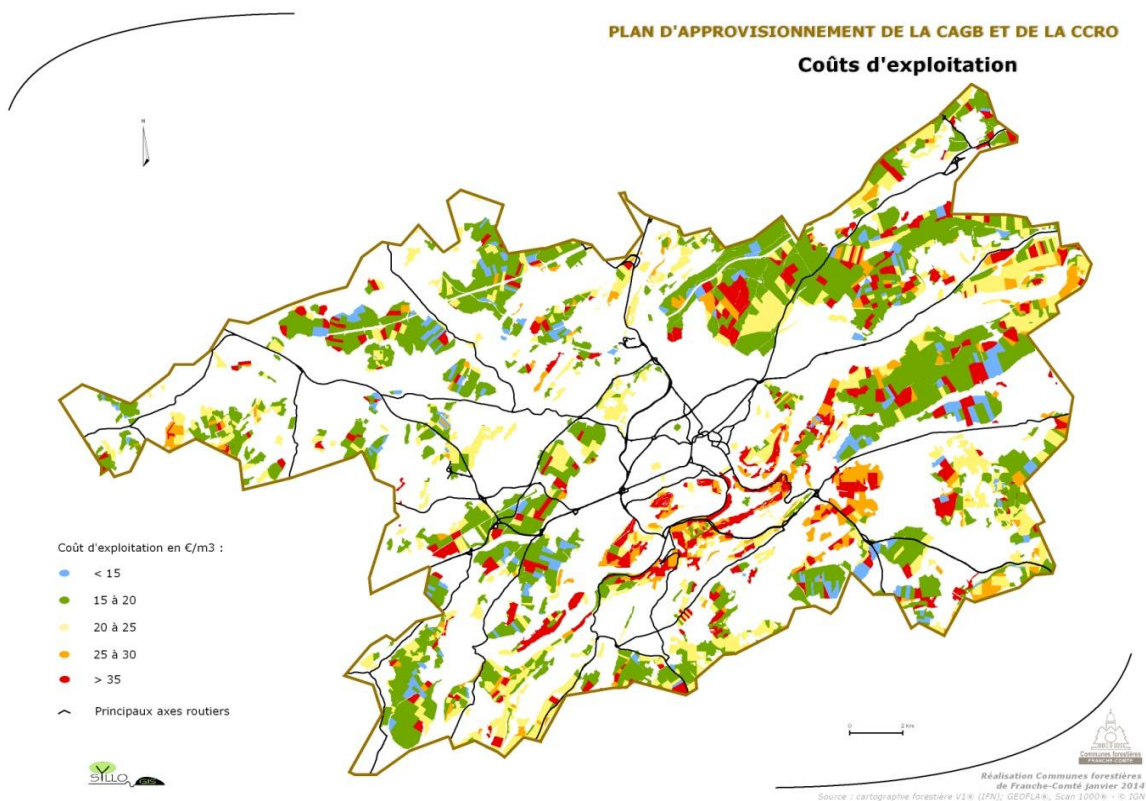


Figure 16 : carte des coûts d'exploitation de la ressource forestière

Classe de coût (€/m3)	Surface (en ha)	Surface (en %)
< 15	1 269	7%
15 à 20	9 283	47%
20 à 25	4 681	24%
25 à 30	1 631	8%
30 à 35	1 398	7%
35 à 40	410	2%
> à 40	917	5%

Figure 17 : Surface par classe de coût

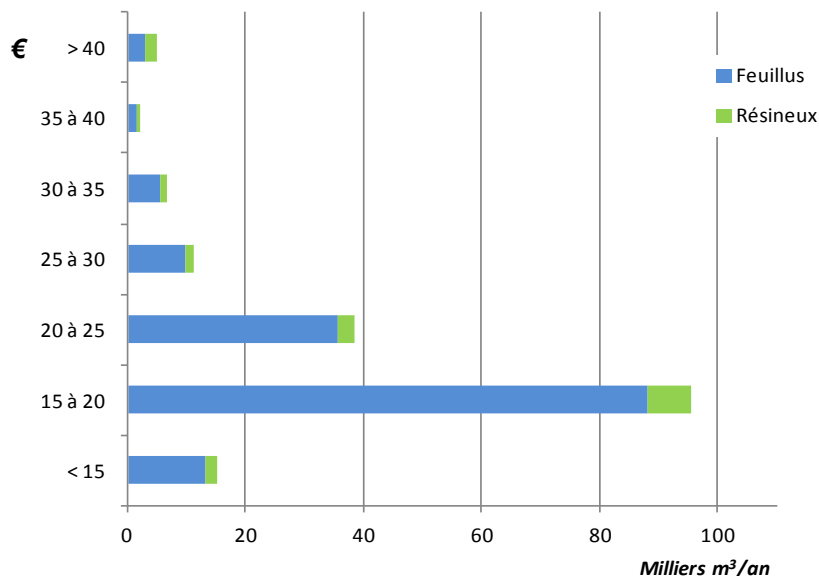


Figure 18 : Volumes disponibles par classe de coût

Une large majorité de la ressource est disponible pour un coût compris entre 15 et 20 €/m<sup>3</sup>. On observe également un second pallier avec la classe de coût 20-25 €/m<sup>3</sup>. 85% des volumes mobilisables peuvent l'être pour un coût inférieur à 25€/m<sup>3</sup>, c'est-à-dire qu'ils sont économiquement exploitable.

NB : il est important de rappeler que pour une exploitation de qualité nécessaire à la gestion durable des peuplements ainsi que la pérennité de l'ensemble de la filière, un prix minimum des opérations de bucheronnage et de débardage doit être considéré. Ceci doit permettre une rémunération suffisante des entrepreneurs de travaux forestiers.

Classe de coût (€/m3)	Feuillus		Résineux		
	volume	%	volume	%	
< à 15	13 220	8%	1 932	11%	Facile
15 à 20	87 977	56%	7 408	43%	Moyenne
20 à 25	35 483	23%	2 971	17%	Difficile
25 à 30	9 834	6%	1 340	8%	Très difficile
30 à 35	5 622	4%	1 107	6%	
35 à 40	1 439	1%	582	3%	
> à 40	2 998	2%	1 995	12%	
<b>TOTAL</b>	<b>156 573</b>		<b>17 334</b>		

Figure 19 : Accessibilité de la ressource

**87 %** de la disponibilité feuillue et **71 %** de la disponibilité résineuse sont situées dans des classes de coût économiquement accessibles dans les conditions actuelles.

**10 %** de la disponibilité feuillue et **14 %** de la disponibilité résineuse sont situées dans des classes de coûts peu accessibles dans les conditions actuelles. Ces volumes sont cependant sensibles à l'évolution de la demande et sont susceptibles d'être exploités à moyen terme.

**3%** de la disponibilité feuillue et **15 %** de la disponibilité résineuse sont situées dans des classes de coûts inaccessibles économiquement. Leur mobilisation ne peut s'envisager que grâce à un subventionnement (par exemple exploitation au câble de peuplements présentant un risque pour des infrastructures en aval).

## 2.2.4 Amélioration de la desserte forestière

L'amélioration des conditions de mobilisation de la ressource forestière permet à long terme d'accroître la disponibilité tout en maîtrisant les coûts.

La carte ci-dessous permet de mettre en évidence la densité de la desserte du territoire.

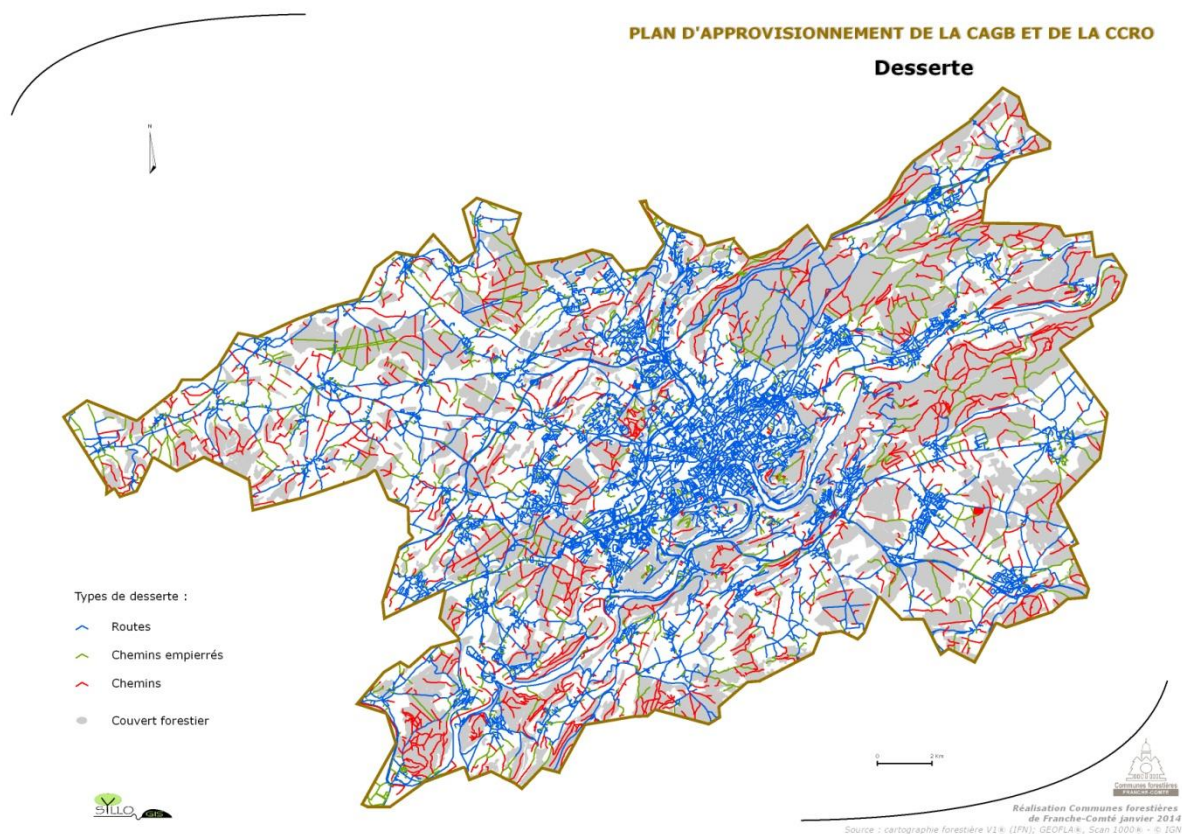


Figure 20 : carte de la desserte

Les manques de desserte se traduisent par un manque de routes dites « empierrées ». Ce réseau de desserte est indispensable pour permettre l'accès des grumiers aux places de dépôts. La modélisation n'a pas mis en avant de zones nécessitant une opération particulière au niveau de la desserte. Ceci dit l'existant peut être amélioré même il s'agit d'intervention au cas par cas par exemple en requalifiant localement des pistes à tracteur.

Il convient de garder à l'esprit que la mobilisation des bois est contrainte par deux autres freins importants :

- Le manque de place de dépôts adéquats
- La présence de points noirs (ponts, traversée de village) sur le réseau secondaire

## 2.3 Enjeux environnementaux

Le PAT permet d'intégrer, dans une perspective de mobilisation accrue des bois, les enjeux liés à la biodiversité. Prendre en compte ces facteurs ne revient pas à proscrire l'exploitation forestière.

Les enjeux environnementaux et les mesures de protection ont été pris en compte selon 3 modalités sur le territoire :

- **Enjeux forts (947 ha)** : zones à enjeux importants, principalement classées en APPB (Arrêtés Préfectoraux de Protection de Biotope) et / ou NATURA 2000. Les contraintes à l'exploitation peuvent être notables. Dans la modélisation, ces zones correspondent à une exploitation manuelle (entraînant un coût d'exploitation plus élevé). Ils concernent des surfaces faibles et notamment des zones peu accessibles le long du Doubs.

- **Enjeux moyens (4 273 ha):** les enjeux environnementaux de ces zones (ZNIEFF, NATURA 2000) nécessitent des précautions dans la gestion et l'exploitation forestière, sans pour autant entraîner forcément des surcoûts.
- **Sans enjeu (14 369 ha):** zones sans enjeux environnementaux reconnus par le comité technique et zones sans contrainte réglementaire. Sur ces zones, l'exploitation est modélisée de façon optimale en restant dans le cadre d'une exploitation réfléchie et durable selon la législation en vigueur afin de préserver la biodiversité ordinaire (minimums de rémanents laissés en forêt...)

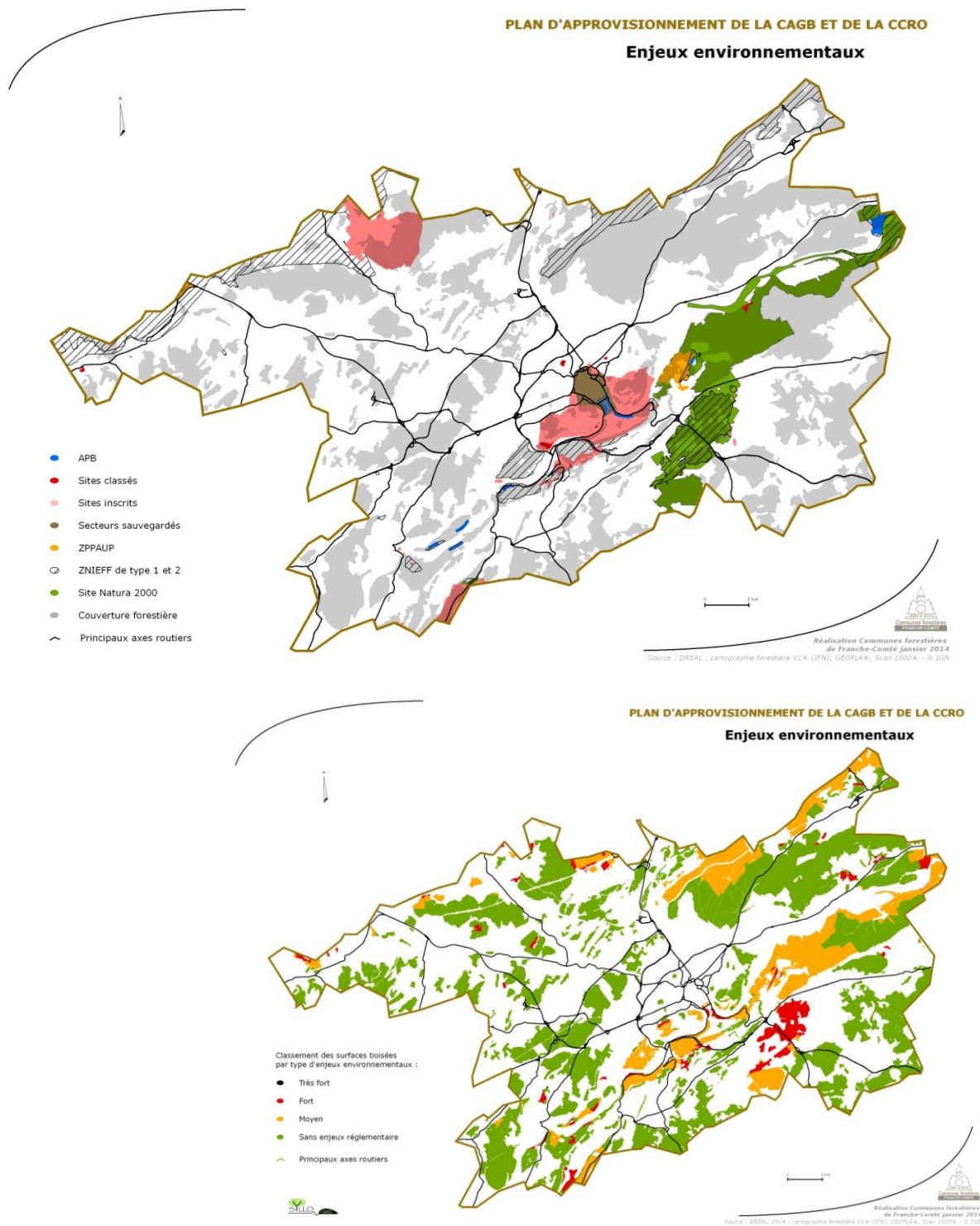


Figure 21 : Cartes des enjeux et classes d'enjeux environnementaux

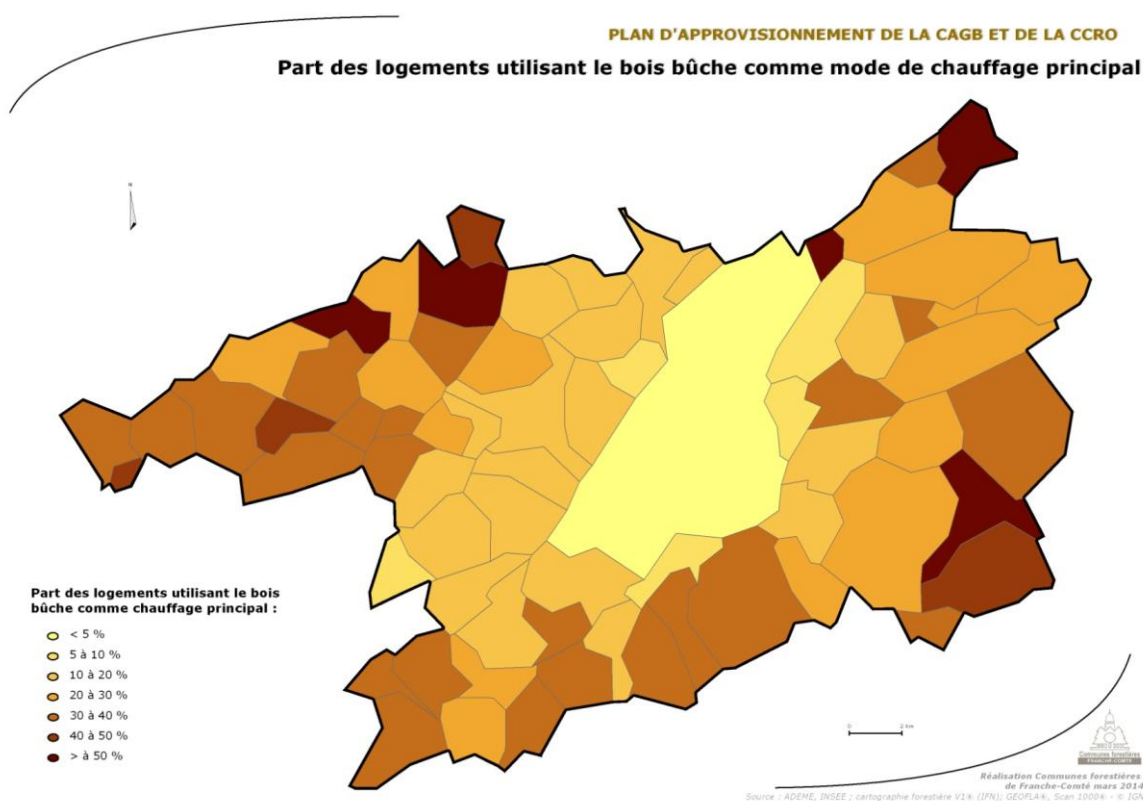


### 3 Le bois énergie

#### 3.1 Evaluation de la demande

##### 3.1.1 Le bois bûche

L'utilisation par les particuliers du bois comme combustible sous forme de bûche représente une part prédominante de la demande globale. Les besoins en bois bûche concerne les mêmes produits que le bois d'œuvre ou de trituration sur le feuillu. Il est donc important de quantifier la demande locale. Il semblerait que de plus en plus de propriétaires du territoire se chauffent au bois. Si cela est vrai depuis de nombreuses années en milieu rural, justifiant notamment la pratique de l'affouage, cette tendance semble également concerner les agglomérations et notamment les communes périurbaines. Cependant, il s'agit d'une tendance impossible à quantifier pour l'instant, et la part du bois reste minime par rapport aux autres énergies utilisées dans ces communes.



**Figure 22 : Carte de la part des logements utilisant le bois bûche comme mode de chauffage principal dans les communes du territoire**

Afin d'approcher au mieux le niveau de consommation en bois bûche un ratio, basé sur le nombre de foyers (approché grâce au données INSEE), a été appliqué aux chiffres de l'enquête régionale du CEREN (Centre d'Etudes et de Recherche Economique de l'Energie).

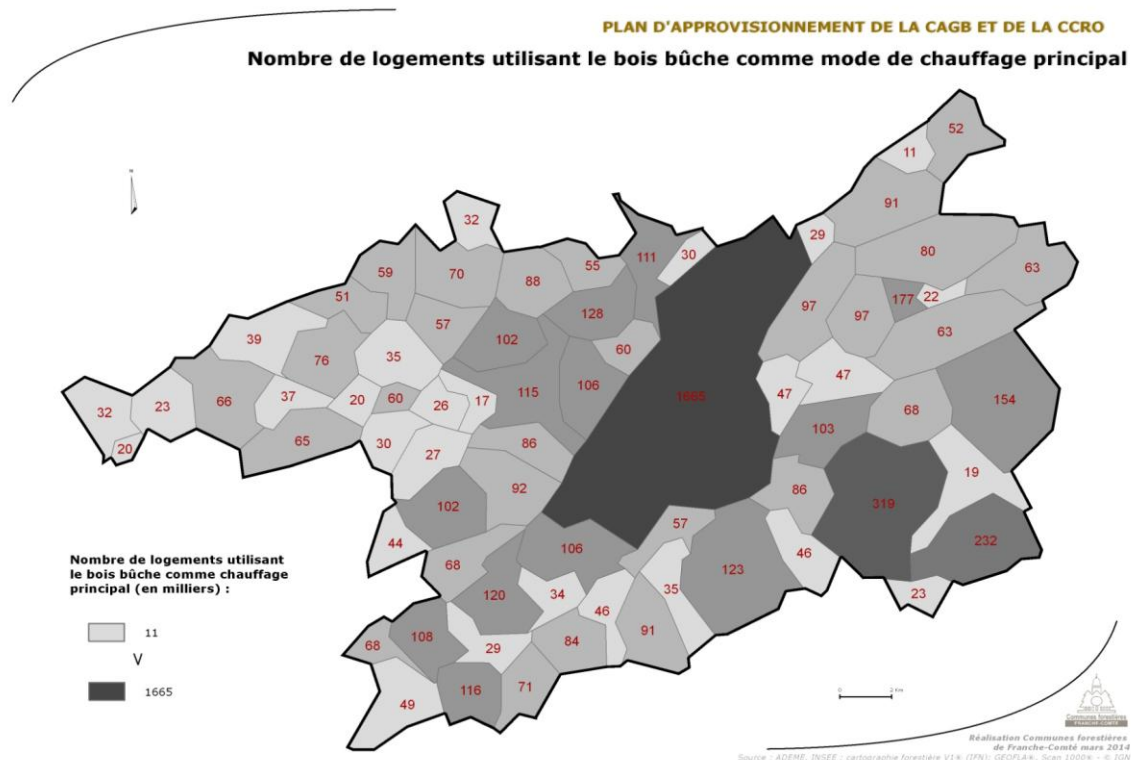
**FRANCHE-COMTE**

Logement et usage du bois	Appareil	Parc (en milliers)	Consommation Unitaire (en stères)	Consommation Totale (en 10 <sup>3</sup> stères)
<b>Maison Base</b>	Chaudière	32 ± 9 (29%)	21.5 ± 3.3 (15%)	694 ± 230 (33%)
	Foyers fermés	56 ± 12 (22%)	14.0 ± 1.9 (14%)	781 ± 209 (27%)
	Foyer ouvert	0 ± ( )	0.0 ± ( )	0 ± ( )
	<b>Ensemble</b>	<b>88 ± 8 (9%)</b>	<b>16.8 ± 2.2 (13%)</b>	<b>1 475 ± 247 (17%)</b>
<b>Maison Appoint</b>	Foyers fermés	51 ± 12 (23%)	5.0 ± 0.9 (19%)	255 ± 80 (31%)
	Foyer ouvert	8 ± 5 (60%)	4.5 ± 1.4 (30%)	34 ± 23 (68%)
	<b>Ensemble</b>	<b>59 ± 6 (11%)</b>	<b>4.9 ± 1.0 (21%)</b>	<b>289 ± 68 (24%)</b>
Appartement	Ensemble	13 ± 6 (45%)	5.7 ± 2.1 (37%)	76 ± 47 (61%)
<b>Ensemble</b>		<b>160 ± 11 (7%)</b>	<b>11.5 ± 1.5 (13%)</b>	<b>1 840 ± 271 (15%)</b>

Figure 23 : Enquête CEREN 2006, Franche-Comté

Selon l'enquête 2010 de l'INSEE, **6 757** résidences principales du territoire utilisent le bois comme combustible principal. En tenant compte également des résidences utilisant le bois en chauffage d'appoint, et en appliquant les moyennes annuelles, régionale et corrigée de consommation propres à chaque usage (cf. annexe technique), on peut estimer la demande en bois bûche émanant du territoire :

Année	Nombre de résidences principales utilisant le bois comme combustible principal			Conso unitaire maison base en stères	Conso maison base en stères	Estimation conso appoint	Conso totale	Augmentation brute en %	Facteur de correction	Conso totale estimée en stères
	2006	2008	2010	2006	2006	2006	2006	2006 - 2010	2006 - 2010	2010
Territoire	5134	6131	6757	16,8	86 251	17 250	103 501	32%	10%	125 871



re 24 : Nombre de logements utilisant le bois bûche en chauffage principal par commune

Figur

Dans un contexte urbain marqué, cette consommation brute ne représente pas la réalité de l'exploitation locale en bois de chauffage qui est bien inférieure. L'approvisionnement en bois bûche de la CAGB s'effectue en partie sur les territoires voisins. Ceci dit, cela met en avant de réels enjeux quant à mener une politique de performance énergétique des bâtiments et des équipements de chauffage.

Si le niveau de la consommation peut être approché à une échelle assez fine, cela s'avère beaucoup plus compliqué pour l'exploitation réelle de bois bûche. L'importance de l'autoconsommation ne permet pas d'estimer avec certitude les volumes coupés. Les données sur l'affouage et de commercialisation de l'ONF et des coopératives forestières indiquent une moyenne annuelle d'environ **48 200 stères**.

### 3.1.2 Consommation des chaufferies

Plusieurs chaufferies bois collectives sont en fonctionnement ou en cours d'étude à l'échelle du territoire. Il s'agit essentiellement de chaufferies publiques, de petites dimensions ou de gros projets urbains. Elles représentent 44 590 tonnes de plaquettes consommées à l'horizon 2015.

Maîtrise d'ouvrage	Actuel		A l'horizon 2015	
	Consommation (en tonne H 30%)	Puissance (en Mwh)	Consommation (en tonne H 30%)	Puissance (en Mwh)
Privé	90	0,125	90	0,125
Public	18 900	16,01	44 500	38,36
<b>Total</b>	<b>18 990</b>	<b>16,135</b>	<b>44 590</b>	<b>38,485</b>

Figure 25 : tableau récapitulatif des chaufferies à plaquettes forestières prises en compte dans le PAT

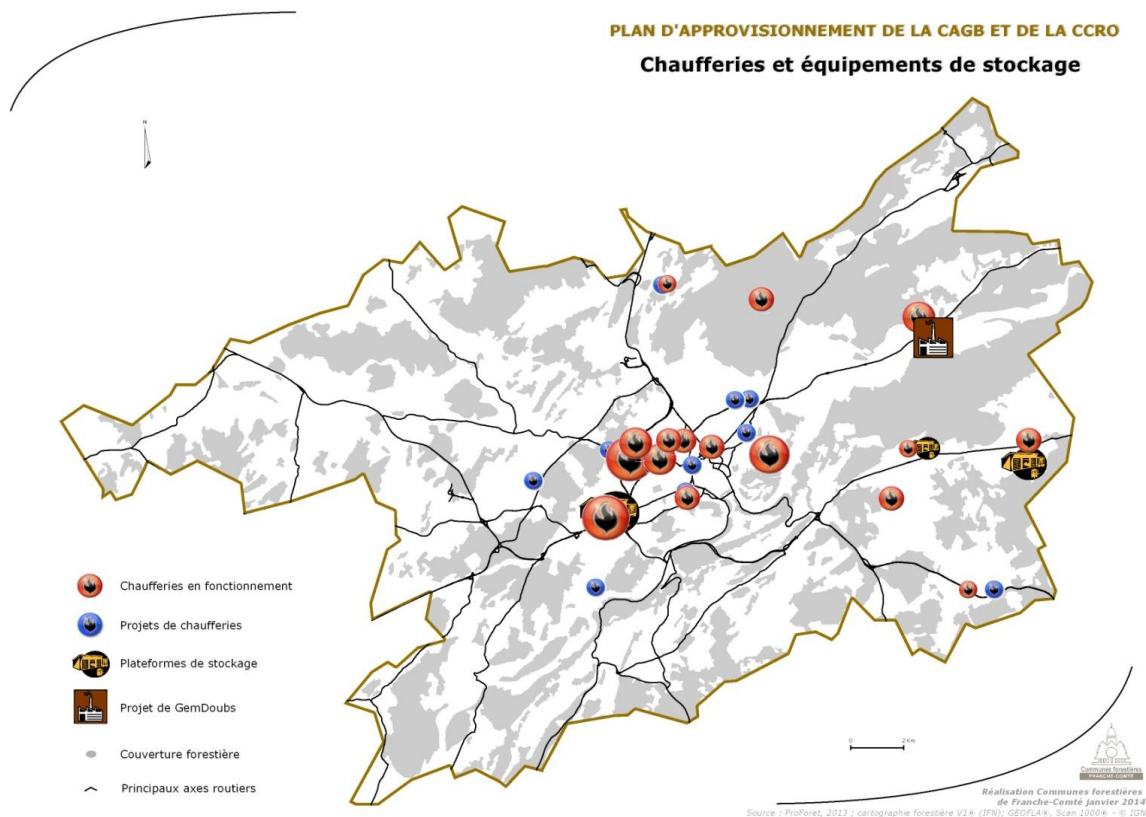


Figure 26 : Carte des chaufferies et des plateformes du territoire

Les chaufferies privées étant identifiées *via* les fournisseurs de combustibles donc en fonctionnement, les projets privés n'ont pas été pris en compte dans l'étude. De même, certains projets sous maîtrise d'ouvrage publique n'ayant pas encore fait l'objet d'étude d'opportunité ou de faisabilité, leur consommation n'a pu être prise en compte. Enfin, restent également à intégrer les besoins futurs du projet industriel de cogénération porté par la papeterie Gemdoub's à Novillars qui s'élèvent à 189 000 tonnes vertes par an (soit 151 200 t/an à H=30%) mais dont le rayon d'approvisionnement, d'échelle régionale(s), sort largement des limites du territoire.

NB : afin d'homogénéiser les unités utilisées, les besoins des chaufferies de fortes puissances, telles que la chaufferie de Planoise et son extension, ont été traduits en tonnes sèches (H=30%).

**A ce jour, la consommation à court terme des chaufferies bois susceptibles d'être installées sur le territoire correspond à une consommation annuelle de l'ordre de 44 590 T de plaquettes forestières (H=30%).**

### 3.1.3 Consommation de bois d'industrie

La consommation de bois industrie est estimée avec les volumes commercialisés en forêt publique et privée donnés par les partenaires (Coopératives forêt et bois de l'est, CoForêt, ONF). Il s'élève à **3 200 t/an (H=30%)**. Il s'agit de la moyenne annuelle observée sur les dix dernières années.

N'existant ni panneautier ni papetier utilisant la fibre de bois dans leur process sur le territoire (la papeterie Gemdoub's de Novillars utilisant uniquement du papier recyclé), le bois industrie est exporté. Cela dit, alimentant en partie la Compagnie française du panneau (Corbenay-70) et Swedspan (Lure-70), les volumes correspondant restent essentiellement en Franche-Comté.

### 3.1.4 Synthèse des consommations

Voici la synthèse des consommations en bois énergie sur le territoire

- Consommation (ou exploitation □) en bois bûche estimée : **65 460 t/an (H=30%)**
- Consommation potentielle en plaquettes forestières : **44 590 t/an (H=30%)**
- Consommation du projet de cogénération Gemdoub's : **151 200 t/an (H=30%)**
- Exploitation en bois d'industrie estimée : **3 200 t/an (H=30%)**

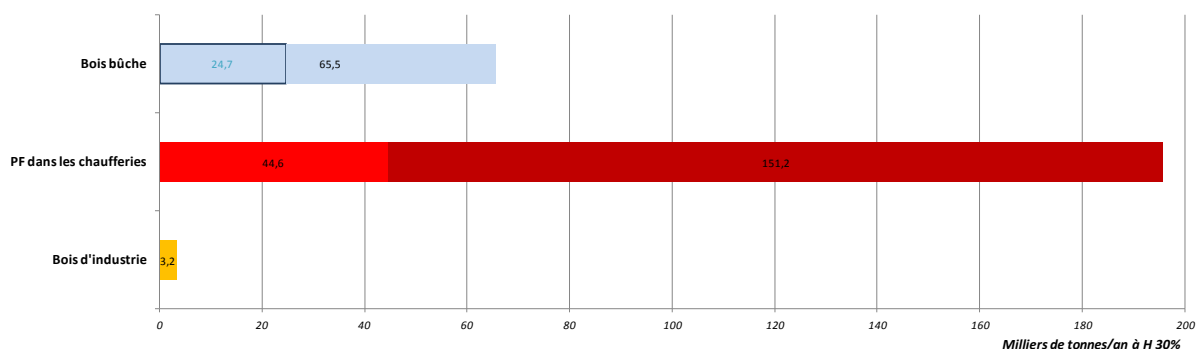


Figure 27 : répartition de la demande bois énergie émanant du territoire (tonnes/an)

Compte tenu de l'avancée du projet, la centrale de cogénération de Novillars a été prise en compte par le PAT. Ce projet aura une importante répercussion sur l'ensemble de la filière. Une vigilance particulière devra être portée sur la bonne intégration de ce projet d'envergure sur le territoire afin de prévenir et anticiper les potentiels conflits d'usage. Un équilibre devra être trouvé pour assurer une pérennité à la filière bois énergie ainsi qu'à l'activité de la papeterie.



Il convient ainsi de bien distinguer la demande locale en bois énergie (bûche et plaquette forestière) et les besoins des industriels. Une priorisation de la destination des produits est donc nécessaire. La ressource étant principalement communale, la réponse aux différents besoins repose donc en grande partie sur les décisions prises par les conseils municipaux du territoire.

⇒ Les demandes en bois énergie / industrie à horizon 2016 sont estimées à ~ 261 450 t/an (H=30%)

### 3.2 Ressources énérgisables

La majeure partie de la ressource est énérgisable, celle valorisable en bois d'œuvre correspond à seulement 1/3 du volume de bois du territoire.

Ci-dessous la répartition de la ressource en bois énérgie disponible en tonnes par an. Ces chiffres pourront être mis en parallèle des consommations du territoire.

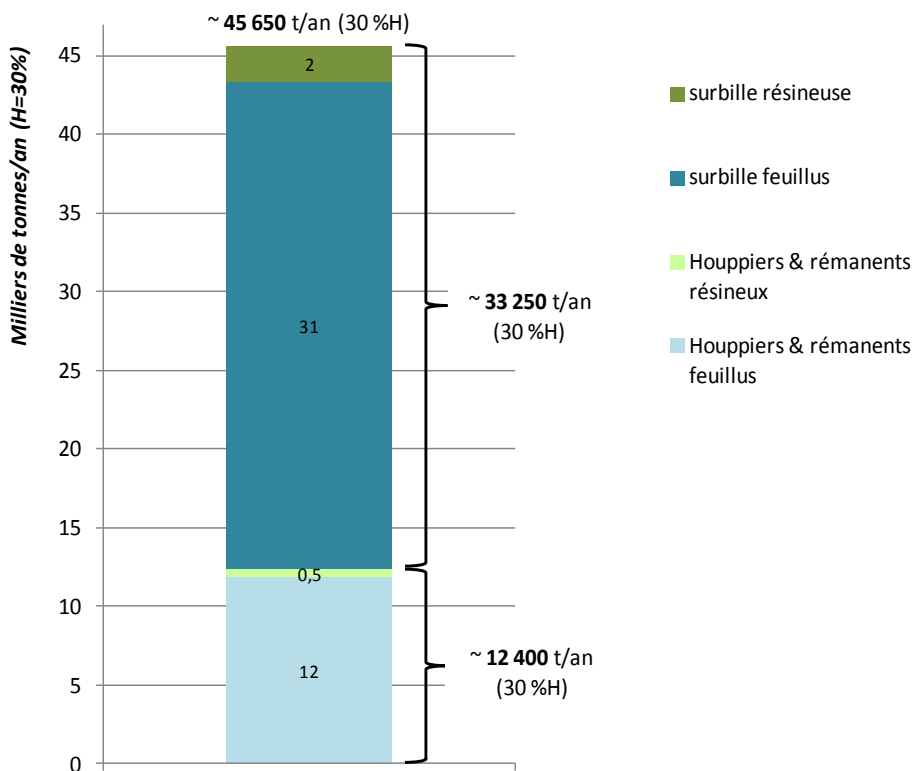


Figure 28 : répartition de la ressource bois-énergie disponible annuellement (m3/an)

**27 % de la ressource en bois industrie/énergie provient des houppiers et rémanents** résultant de la mobilisation du bois d'œuvre **et 73 % des billes et surbilles** qui peuvent être liées également à l'exploitation du bois d'œuvre, ou à des coupes de peuplements à vocation unique bois énergie tels que des coupes de taillis ou des premières éclaircies résineuses. L'usage raisonné et optimisé de la ressource implique une hiérarchie des usages et repose sur une complémentarité entre les différentes utilisations du bois : bois matériau, bois énergie, biomasse, chimie verte.

Il convient toutefois d'être prudent quant à l'utilisation des houppiers et rémanents. Leur exploitation a des conséquences non négligeables en terme environnemental. De plus, ce type de ressource ne convient pas à tous les types de chaufferies, notamment celles de petites puissances (inférieures à 1MW) qui pour fonctionner correctement ont besoin de combustible sec.

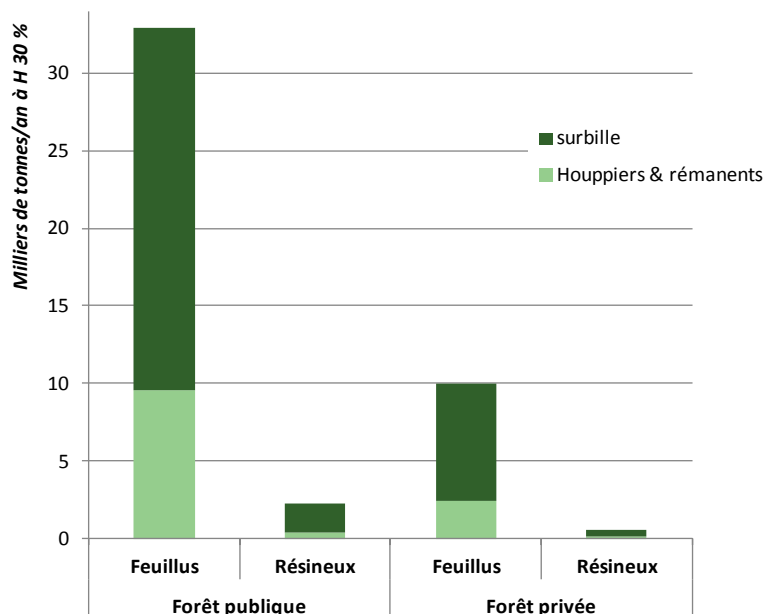


Figure 29 : volumes de bois énergie-bois d’industrie par type de produits, d’essences et de propriété

### 3.3 Synthèse spécifique des consommations et ressources forestières

Le profil territorial ressource/demande montre que la consommation locale est très largement supérieure à la ressource disponible. A celle-ci s’additionne les besoins industriels pour alimenter les papetiers, panneautiers et surtout la future cogénération. Le territoire est donc importateur de bois énergie.

Les besoins en bois bûche représentent près des 2/3 des besoins locaux. Ceci met en avant un enjeu fort quant à la performance énergétique des bâtiments et l’amélioration des rendements des équipements de chauffage au bois individuels.

Une priorisation des destinations des produits forestiers énergisables doit donc être établie en tenant compte des enjeux propres à chaque usage. La ressource émanant majoritairement des forêts communales, sa disponibilité dépend des décisions de chaque conseil municipal.

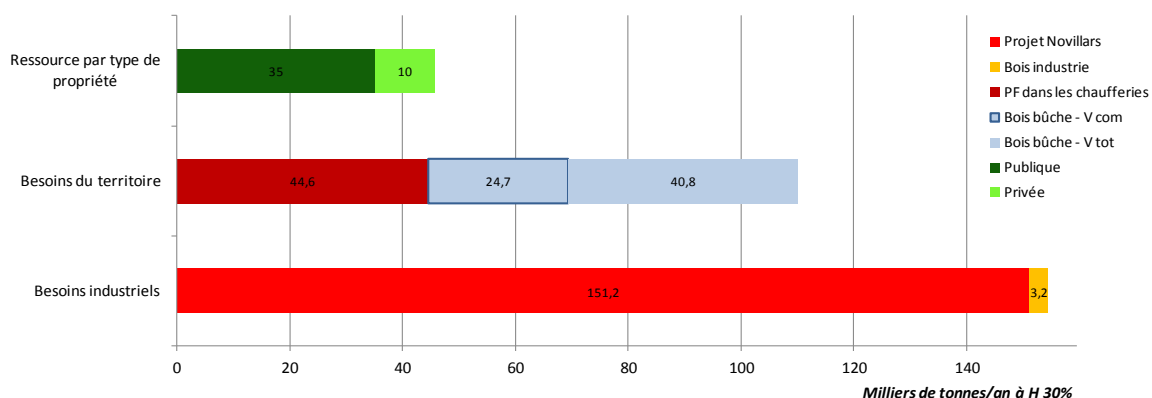


Figure 30 : Synthèse des ressources et consommations en bois énergie/bois d’industrie sur le territoire

## 4 Scénario de mobilisation de la plaquette forestière

Il est indispensable de pouvoir approcher précisément les coûts de mobilisation à l'échelle d'un territoire pour intégrer dans les études de faisabilité de chaufferies les coûts d'approvisionnement à partir de plaquettes forestières locales.

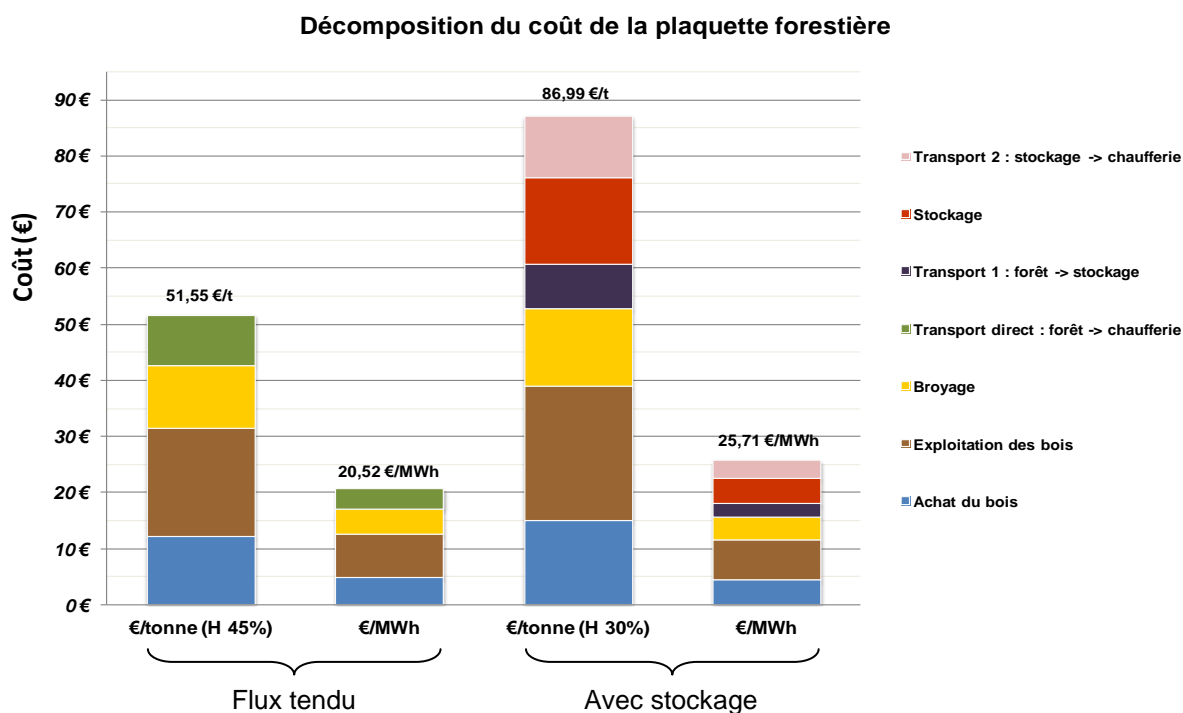
La modélisation complète de la chaîne d'approvisionnement ramenée à l'échelle de la parcelle ou d'un ensemble de parcelles forestières permet l'identification des secteurs où le prix de mobilisation est élevé et d'en faire ressortir les raisons (manque d'accès, pente trop élevée, volume sur pied trop faible). Elle permet ainsi de pré-cibler les lieux et les méthodes d'intervention qui permettraient de réduire le coût du combustible.

Le coût de mobilisation de la plaquette forestière, dans le cadre du PAT, intègre l'ensemble des maillons de la chaîne d'approvisionnement, soit : l'exploitation, le déchetage, le transport, Le stockage/séchage.

2 scénarii ont été testés pour le calcul des coûts de la plaquette forestière :

- **N° 1 : alimentation en flux tendu.** Ce scénario peut être envisagé pour l'approvisionnement des chaufferies de forte puissance (> 1 MW) et des projets de cogénération. En effet, ces installations permettent l'utilisation de plaquettes « humides » (45% d'humidité) qui ne nécessitent pas de séchage, donc pas de stockage intermédiaire. C'est le cas par exemple des chaufferies de Planoise.
- **N° 2 : avec stockage intermédiaire.** Ce deuxième scénario convient à l'approvisionnement des plus petites unités (chaufferies collectives publiques et privées d'une puissance inférieure à 1 MW). Le séchage sous hangar permet en effet de ramener l'humidité des plaquettes forestières à 30 %. Le coût de production de plaquettes forestières retenu pour l'alimentation des chaufferies bois collectives correspond à ce scénario.

Le graphique ci-après montre la décomposition du coût total correspondant aux deux scénarii en fonction des différents postes (achat du bois sur pied, exploitation, déchetage, stockage et transport de la forêt à la plateforme puis de la plateforme aux chaufferies).



## Prix du bois

Ce prix correspond à l'achat du bois sur pied. Il s'agit d'une valeur moyenne pour laquelle des variations peuvent exister en fonction du type de gisement de bois énergie (notamment entre les peuplements feuillus et les peuplements résineux). Ce prix matière moyen a été déterminé par le comité de technique, l'objectif étant notamment que les élus puissent se positionner quant à un effort politique pour la mobilisation du bois énergie sur leur territoire. Il ne s'agit pas du prix payé actuellement par les acheteurs aux propriétaires forestiers mais du prix « déclencheur » qui devrait motiver la vente de leur bois. Le prix est estimé à 12 € TTC / tonne (H = 45%), soit 4.8 € par MWh

NB : Il est important de souligner que le prix du bois sur pied présente une faible partie du prix total de la plaquette forestière rendu chaufferie, il est ainsi primordial de déterminer un prix déclencheur réaliste pour que le bois puisse être mobilisé.

Le calcul des coûts de broyage, stockage, transport et d'exploitation sont définis dans l'annexe technique.

Le coût de production ci-dessus est discuté avec les partenaires du PAT. Il n'est pas un engagement contractuel et peut varier selon la configuration de la chaufferie et les éventuelles mutualisations logistiques possibles. Par ailleurs, fruit de modélisation, il résulte d'une analyse de l'optimisation de l'exploitation qui ne prend pas en compte certaines particularités visibles uniquement sur le terrain, et par conséquent est inférieur à un coût réel.

**Le coût de mobilisation de la plaquette forestière** n'est évidemment pas le même sur l'ensemble du territoire. Celui-ci **varie principalement en fonction des conditions d'exploitation**. Les conditions d'exploitation sont établies sur des scénarii sylvicoles et logistiques durables. Ainsi, sur certains secteurs (présentant une forte pente, par exemple) le bûcheronnage manuel et le débusqueur vont s'imposer, donc augmenter les coûts d'exploitation et de fait le prix de la plaquette.

Si on décompose la ressource mobilisable par tranches de prix, on obtient le graphique, ci-après.

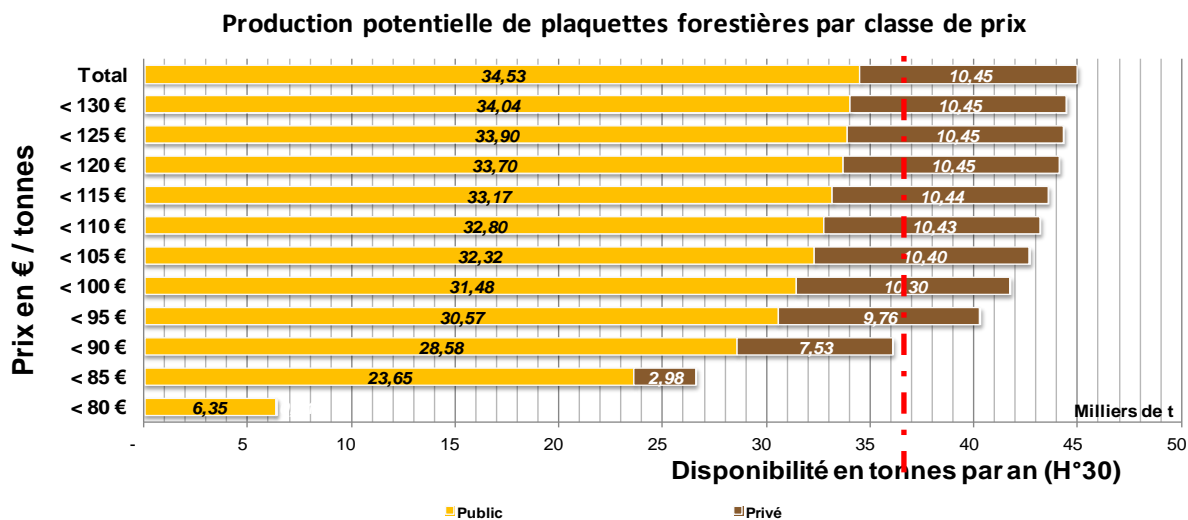


Figure 32 : Production potentielle de plaquettes forestières par classe de prix et par type de propriété

Ce graphique montre notamment que 80 % de la ressource (symbolisé par le trait pointillé rouge sur la figure 32) est mobilisable à un coût inférieur à 90 € TTC/tonne rendue chaufferie (à H=30% et prix d'achat du bois compris). Pour mobiliser 100% de la ressource, il faut être prêt à acheter des plaquettes forestières valant plus de 130 €/tonne.

## 5 Plateforme de stockage.

13 chaufferies du territoire ont une puissance inférieure à 1 MW et nécessitent par conséquent 3 630 tonnes de plaquettes sèches (H 30%). À ce jour, pour répondre à cette demande, trois plateformes de stockage sont installées dans le périmètre du PAT (cf. figure 26). Deux d'entre elles, d'une capacité cumulée de 330 tonnes sont dédiées aux besoins de chaufferies communales. La troisième, intercommunale, permet le séchage de 2 000 tonnes de plaquettes. Ainsi, la capacité de stockage du territoire est insuffisante pour répondre à la demande qui en émane. Le besoin réel en équipement de stockage s'élève à 1 300 tonnes, sans considérer les besoins des projets actuels et futurs.

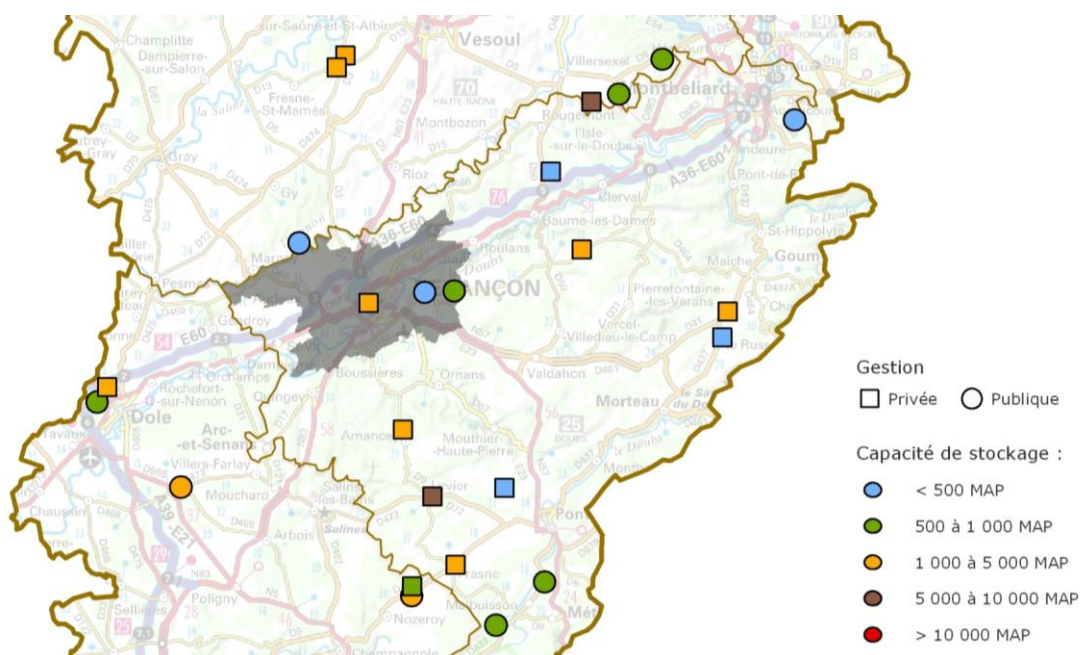


Figure 33 : Equipements de stockage à l'intérieur et à proximité du territoire

La carte ci-dessus montre qu'il n'y a pas de plateforme de stockage à proximité immédiate du territoire permettant de répondre à ses besoins. L'installation d'un équipement supplémentaire est donc à réfléchir.

Le graphique de la figure 31, détaillant les coûts de production, montre l'impact engendré par l'étape de stockage / séchage des plaquettes sur leur coût. Néanmoins, celle-ci est indispensable pour l'approvisionnement des petites unités et leur bon fonctionnement. La création d'une nouvelle plateforme de stockage va essentiellement dépendre de l'augmentation de la demande. Il faut en général approvisionner 2 500 à 3 000 tonnes de plaquettes forestières pour rentabiliser une plateforme.

Le modèle SyllGIS® permet de positionner un hangar de stockage de manière optimum (calcul théorique) et de tester sur l'ensemble du territoire la pertinence ou non d'implanter une plate-forme de stockage. Les critères pris en compte sont :

- la localisation des ressources forestières utilisables pour l'énergie (ou l'industrie) et leurs quantités ;
- la localisation des chaufferies et leurs consommations ;
- la localisation des plateformes existantes et leurs capacités ;
- le réseau routier.

Sur ce territoire PAT, au regard de la complexité de sa topographie et de sa dimension, la modélisation n'a pas fourni de résultat probant quant à une localisation optimale d'une plateforme supplémentaire. Celle-ci devra donc être raisonnée en fonction de la volonté politique, de la concrétisation des projets en cours de réflexion et des axes routiers.

Les coûts des bâtiments de stockage devront être maîtrisés afin de ne pas pénaliser le prix du combustible avec un tarif de stockage trop élevé. Ces coûts d'investissement doivent se situer entre 450 et 650 euros/m<sup>2</sup> (exemple 5000 m<sup>2</sup> de plateforme avec 500 m<sup>2</sup> de hangar, le coût d'investissement doit se situer entre 225 000 et 325 000 € HT sans l'achat du terrain).

**⇒ Les plateformes sont un poste de dépense important dans le prix final de la plaquette forestière. Il est important d'avoir des investissements raisonnables et raisonnés. Par ailleurs, pour aller au bout de la démarche de valorisation de la ressource forestière locale, une construction en bois locale pour le hangar est une solution.**

## 6 Bilan socio-économique

---

Le développement de la filière bois énergie implique :

- des emplois pérennes créés dans le domaine de l'exploitation forestière, du transport et de la logistique ;
- des emplois et des entreprises consolidés dans le secteur de la première transformation du bois ;
- la gestion et la valorisation du patrimoine forestier local ;
- une contribution à l'amélioration du changement climatique ;
- des revenus pour les propriétaires forestiers publics et privés c'est-à-dire une justification pour mettre en marché leurs produits et des capacités d'investissement pour augmenter et améliorer la mobilisation du bois ;
- des économies et la maîtrise de leur facture énergétique pour les propriétaires de chaufferies bois.

L'approvisionnement à l'horizon 2015, en plaquettes forestières, des chaufferies du territoire c'est 80,4 équivalents temps pleins locaux.

## 7 Conclusion

---

Forts de ces résultats, **les élus du territoire peuvent maintenant mieux étayer leurs choix et définir des ambitions à plus long terme.**

Le projet collectif de développement d'une filière locale suppose également **le partenariat avec les propriétaires forestiers publics et privés, les entreprises de transformation du bois** ainsi que **l'animation et la dynamisation de la gestion forestière et de la filière bois**, actions indispensables pour la mobilisation effective des ressources forestières identifiées par le PAT.

Le PAT est un outil apportant une aide et des éléments chiffrés pour ces prises de décisions et permet d'en simuler les effets. Le territoire peut ainsi s'appuyer sur le PAT pour acter sa politique forestière et mettre en œuvre son programme d'actions. Afin de promouvoir une filière bois durable sur leur territoire, les élus doivent se positionner afin de hiérarchiser au maximum les usages du bois :

1. valoriser le bois d'œuvre (charpente, menuiserie puis palettes)
2. approvisionner les citoyens en bois buche avec l'affouage
3. approvisionner les chaufferies collectives en circuit court
4. approvisionner les centres urbains de proximité (se référer à l'accord FNCOFOR-AMORCE)
5. approvisionner en bois d'industrie,
6. approvisionner les projets de cogénération.

## 8 Et après le PAT... ?

---

A l'issue du diagnostic du PAT, le territoire d'étude doit se poser des questions essentielles pour organiser sa politique territoriale de développement de la filière bois (bois énergie et bois d'œuvre) :

- 1) Comment mieux mobiliser la ressource forestière ?
- 2) Comment mieux valoriser les différents produits forestiers sur le territoire ?
- 3) Quelle stratégie de communication déployée autour de cette filière ?

Suite au PAT, plusieurs pistes de réflexions émergent. Les voici ci-dessous listées :

- Les résultats du PAT doivent être diffusés et expliqués aux élus locaux, comme aux différents acteurs forestiers.
- En forêt communale, la pratique de l'affouage représente des volumes importants que le PAT n'a pu quantifier précisément. Il pourrait être intéressant de comparer les quantités délivrées sur le territoire et les estimations d'usage du chauffage au bois bûche pour mieux estimer la part de bois exportée du territoire.
- Parallèlement, les installations de chauffage individuel au bois présentent des performances énergétiques très variables. L'organisation d'actions de sensibilisation des habitants contribuerait à faire évoluer le parc de cheminées et appareils de chauffage : l'amélioration des rendements permettrait d'optimiser le potentiel énergétique de la ressource et de réduire au maximum les émissions polluantes.



- La performance énergétique des bâtiments que ce soit *via* la construction ou la rénovation doit être encouragée. Pour cela, la mise en œuvre de solution intégrant le bois, dans la structure comme dans l'isolation, permet également la valorisation de la ressource forestière publique.
- Les communes, fréquemment propriétaires de forêt, sous-utilisent pourtant cette énergie pour le chauffage de leur patrimoine propre. Le travail d'appui technique réalisé par la Conseillère en énergie partagée du Grand Besançon fait émerger des projets de chaufferies bois utilisant la ressource locale : cette action est à poursuivre ou étendre.
- En forêt publique, la promotion du façonnage en sylviculture dynamique (conférences, débats, visites, etc.) permet de développer la vente de bois énergie tout en conservant la valeur ajoutée aux communes propriétaires.
- Enfin, en forêt privée, un travail d'animation foncière serait à engager pour limiter le morcellement et favoriser l'exploitation durable des parcelles ainsi redessinées.

Pour cela, un comité de pilotage composé des élus du territoire et des partenaires du PAT pourra être constitué. Il aura pour vocation de définir la politique du territoire en matière de filière forêt/bois ainsi qu'un programme d'actions opérationnelles afin d'atteindre les objectifs fixés par cette politique.

## 9 Lexique / Glossaire

---

**APPB** : Arrêté Préfectoral de Protection de Biotope

**Bois bûche** : bois fendu et stocké en stère

**BE** : Bois énergie

**Bois fort** : il comprend le volume de bois en ne considérant pas la partie finale de diamètre inférieur à 7 cm (limite bois fort)

**Bois d'œuvre (BO)** : bois de qualité ayant pour vocation d'être transformé en scierie

**Bois rond** : grumes de bois de qualité médiocre valorisé en bois énergie ou bois d'industrie

**Bois d'industrie (BI)** : bois destiné à la fabrication de pâte à papier et de panneaux de particules

**CEREN** : Centre d'Etudes et de Recherches Economiques sur l'Energie

**Débardage** : transport des arbres abattus de leur lieu de coupe vers une route ou une zone (ou place) de dépôt provisoire

**Données dendrométriques** : la dendrométrie est la science par laquelle le sylviculteur mesure certaines caractéristiques physiques quantifiables des arbres ou des peuplements : diamètre, hauteur, volume (cubage), épaisseur de l'écorce, âge...

**EAB** : Enquête Annuelle de Branche

**Futaie** : Peuplement forestier composé d'arbres issus de semis ou de plants

**Grumier** : camion servant au transport des bois depuis la place de dépôt jusqu'à la scierie

**Houppier** : partie sommitale de l'arbre constituée par l'ensemble des branches

**IFFC** : Institut de Formation Forestière Communal

**IFN** : Inventaire Forestier National

**Placettes** : échantillon d'une parcelle forestière où est analysé le peuplement afin d'obtenir diverses données extrapolables à l'échelle de la parcelle entière

**Plaquettes forestières (PF)** : morceaux de bois déchiquetés en provenance directe de la forêt

**Plaquettes industrielles** : morceaux de bois déchiquetés issus des déchets de bois (palettes) ou des « déchets » de scierie

**Plan Simple de Gestion (PSG)** : document de gestion simplifié pour la forêt privée (correspondant à l'aménagement forestier des forêts publiques) contenant un descriptif de la forêt. Il prévoit un programme de coupes et de travaux à réaliser pour une durée de 5 à 10 ans. Il est obligatoire pour les propriétés forestières supérieures à 25ha d'une seul tenant.

**Rémanents** : Rebutis d'exploitation forestière souvent laissés à l'abandon sur les parcelles

**Route à grumier** : route forestière avec revêtement empierré susceptible d'être emprunté par des grumiers

**SIG** : Système d'Information Géographique

**Stère** : unité de mesure correspondant au volume occupé par un lot de bûches de 1m de long, empilé de façon à constituer un parallélépipède de 1m de côté avec une sur mesure d'au moins 4% de la hauteur

**Surbille** : partie branchue de l'arbre située sous le houppier

**Taillis** : Peuplement forestier constitué de rejets de souche ou de drageons, dont la perpétuation est obtenue par des coupes de rajeunissement.

**ZNIEFF** : Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique

**ZPS** : Zone de Protection Spéciale

**ZSC** : Zone Spéciale de Conservation

## 10 Annexe technique

---

### Sommaire

<b>I. Principe .....</b>	<b>37</b>
<b>II. Evaluation de la demande actuelle et de la demande future .....</b>	<b>39</b>
<b>Les unités de mesure :.....</b>	<b>39</b>
<b>1. Localisation des chaufferies et évaluation de leur consommation .....</b>	<b>39</b>
<b>2. Evaluation de la consommation en bois bûche .....</b>	<b>40</b>
<b>3. Evaluation de la demande en bois d'industrie .....</b>	<b>41</b>
3.1. La filière papier/panneau.....	41
<b>III. Evaluation de la ressource .....</b>	<b>43</b>
<b>1. Méthode d'évaluation de la ressource forestière .....</b>	<b>43</b>
1.1. Points de méthodologie générale.....	43
1.2. Evaluation de la ressource forestière en forêt publique.....	44
1.3. Evaluation de la ressource forestière en forêt privée.....	46
1.4. Scénario de sylviculture .....	48
<b>IV. Modélisation de la chaîne d'approvisionnement et calcul des coûts de mobilisation.....</b>	<b>49</b>
<b>1. Coûts d'exploitation .....</b>	<b>49</b>
<b>2. Coûts de broyage.....</b>	<b>50</b>
<b>3. Coûts de transport.....</b>	<b>50</b>
<b>4. Coûts de stockage.....</b>	<b>51</b>
<b>5. Optimisation logistique .....</b>	<b>51</b>
<b>V. Schéma de la modélisation SyloGIS® .....</b>	<b>52</b>
<b>VI. Les paramètres de calcul .....</b>	<b>53</b>
<b>1. Règles de coupe et gestion forestière .....</b>	<b>53</b>
<b>2. Paramètres spécifiques au scénario flux tendu .....</b>	<b>54</b>
<b>3. Paramètres spécifiques au scénario avec un stockage intermédiaire .....</b>	<b>54</b>

## 1.1. Principe

La Fédération nationale des communes forestières utilise un modèle de simulation baptisé SyllO GIS® qui permet de traiter automatiquement des données altimétriques, thématiques ainsi que les données forestières produites par l'IFN. Le travail entrepris dans le cadre du programme "1000 chaufferies bois pour le milieu rural" a permis d'intégrer également les chaufferies existantes ou en projet, la consommation de bois bûche sur le territoire, les volumes de bois exploités en trituration, des données forestières recueillies dans le cadre de leurs missions par les gestionnaires des forêts publiques et privées.



Le PAT est réalisé grâce à une collaboration entre l'ensemble des partenaires techniques, notamment forestiers, de la filière bois énergie (ONF, CRPF, Coopératives, communes forestières, etc.). Rassemblés au sein du comité d'expertise, ces partenaires ont défini les hypothèses de travail et calibré les paramètres de calcul garantissant une mobilisation de la ressource en accord avec la gestion durable de la forêt.

Le schéma ci-dessous illustre la méthodologie générale de réalisation du PAT.

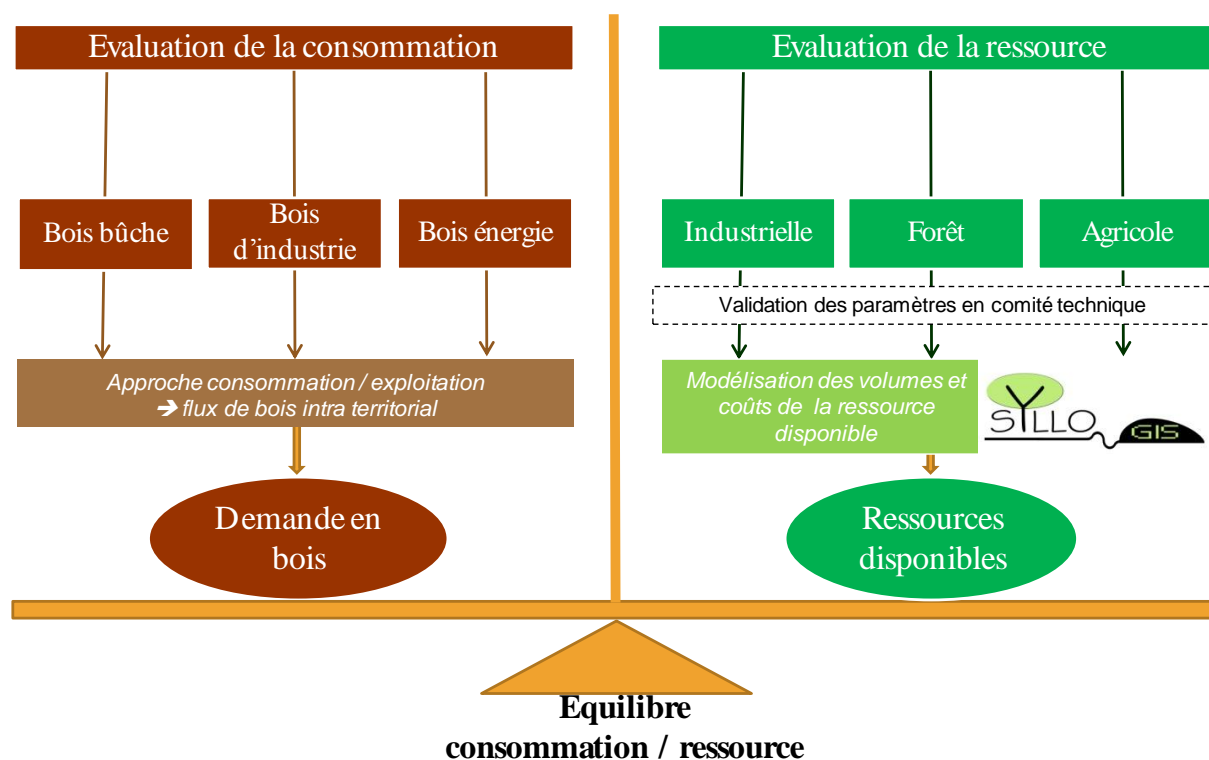


Figure 34 : méthodologie générale du PAT

Les 3 objectifs du plan d'approvisionnement territorial bois énergie et bois d'œuvre sont de :

- mettre en parallèle la demande en bois énergie et la ressource disponible ;
- améliorer la connaissance sur le niveau de structuration de la filière ;
- cibler et optimiser les équipements pour une mobilisation du bois accrue.

Pour cela le plan d'approvisionnement territorial détaille :

- la demande en bois industrie et énergie (bûche et plaquettes forestières) ;
- les ressources disponibles ;
- les solutions logistiques envisageables ;
- les coûts de mobilisation de la plaquette forestière en fonction des scénarii logistiques retenus ;

Périmètre du PAT :

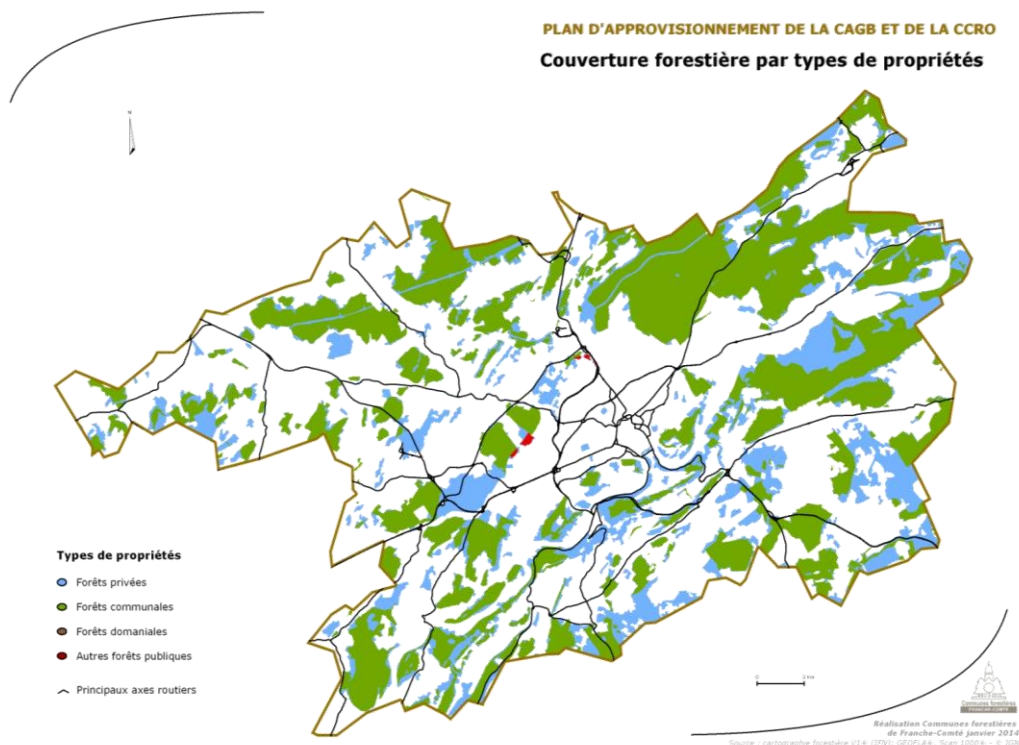


Figure 35 : périmètre du PAT

Les partenaires techniques du PAT :

La démarche PAT repose sur la mutualisation des données et connaissances des différents acteurs des filières forêts et bois énergie.

Les différents partenaires sont réunis au sein d'un comité technique qui discute des paramètres techniques et valide les résultats.

Les partenaires ayant participé à la démarche PAT sont :



Silvavenir



Le CRPF



L'IGN



Emmanuel Bonaimé



L'ONF



Forêt et Bois de l'Est

## 1.2. Evaluation de la demande actuelle et de la demande future

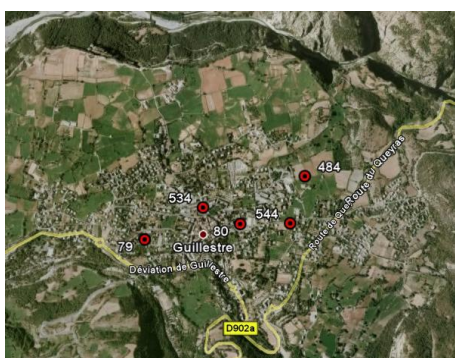
Les unités de mesure :

Quatre unités de mesure différentes sont utilisées pour quantifier les volumes de bois : le m<sup>3</sup>, la tonne, le stère, le MAP et le KWh.

Les données de conversion sont indiquées ci-dessous

	m <sup>3</sup>	MAP	tonne (à 30 %H)	stère
feuillus	1	2,7	0,89	1,4
résineux	1	2,7	0,65	1,4

### 1.1.1. Localisation des chaufferies et évaluation de leur consommation



Chaque chaufferie ou projet de chaufferie bois est d'abord géolocalisé au niveau du quartier.

Les renseignements concernant ces installations proviennent de l'association ProForêt, missionné par l'ADEME et la Région pour suivre le développement du parc de chaufferies régional.

Les données intégrées dans SyllGIS® sont les suivantes :

TERRITOIRE	Cattenom
CODE POSTA	Code postal de la commune
INSEE	Numéro INSEE de la commune
NOM_PROJET	Description du projet
ETAT	stade projet (projet, étude de faisabilité, construction, fonctionnement)
COMBUSTIBL	Type de combustible
PUISSANCE	Puissance de la chaufferie
EXPLOITANT	Délégataire de la chaufferie
PLATEFORME	Approvisionnement
CONSO_BOIS	Consommation en bois (tonnes/an)
HUMIDITE	Humidité du combustible
ID_MODEL	Identifiant des chaufferies pour les itinéraires

### 1.1.2. Evaluation de la consommation en bois bûche

Afin d'évaluer la consommation totale en bois énergie sur l'ensemble d'un territoire il est nécessaire de connaître non seulement la consommation des chaudières automatiques mais également d'avoir une estimation de la quantité de bois bûche consommée. En effet, la grande majorité du bois consommé par la production d'énergie l'est au niveau des particuliers, sous forme de bois bûche. Dans le bilan final de la disponibilité en bois forestier, ce chiffre sera à déduire du volume de bois total théoriquement disponible.

Connaître la consommation de bois bûche à l'échelle d'un territoire n'est pas chose simple. L'approche par la production exclut d'emblée l'autoconsommation, non négligeable sur le territoire. Le bois bûche transitant par des circuits économiques officiels ne représente qu'une faible part du volume réellement consommé.

- **Méthode générale**

La solution retenue est d'utiliser l'étude 2006 du CEREN réalisées pour le compte de l'ADEME. Cette étude présente entre autre le niveau d'équipement en appareils de chauffage au bois, les types d'appareil, leurs consommations respectives, etc. et cela par région. En appliquant ces statistiques régionales au cas du territoire considéré, il est possible d'afficher une consommation et/ ou exploitation théorique en bois bûche. En effet, les chaufferies au bois déchiqueté et granulés représentent une très faible part des appareils.

- **Cas du PAT CAGB**

#### FRANCHE-COMTE

Logement et usage du bois	Appareil	Parc (en milliers)	Consommation Unitaire (en stères)	Consommation Totale (en 10 <sup>3</sup> stères)
<b>Maison Base</b>	Chaudière	32 ± 9 (29%)	21.5 ± 3.3 (15%)	694 ± 230 (33%)
	Foyers fermés	56 ± 12 (22%)	14.0 ± 1.9 (14%)	781 ± 209 (27%)
	Foyer ouvert	0 ± ( )	0.0 ± ( )	0 ± ( )
	<b>Ensemble</b>	<b>88 ± 8 (9%)</b>	<b>16.8 ± 2.2 (13%)</b>	<b>1 475 ± 247 (17%)</b>
<b>Maison Appoint</b>	Foyers fermés	51 ± 12 (23%)	5.0 ± 0.9 (19%)	255 ± 80 (31%)
	Foyer ouvert	8 ± 5 (60%)	4.5 ± 1.4 (30%)	34 ± 23 (68%)
	<b>Ensemble</b>	<b>59 ± 6 (11%)</b>	<b>4.9 ± 1.0 (21%)</b>	<b>289 ± 68 (24%)</b>
Appartement	Ensemble	13 ± 6 (45%)	5.7 ± 2.1 (37%)	76 ± 47 (61%)
<b>Ensemble</b>		<b>160 ± 11 (7%)</b>	<b>11.5 ± 1.5 (13%)</b>	<b>1 840 ± 271 (15%)</b>

Figure 36 : Etude CEREN 2006

L'approche par la consommation locale en fonction du nombre de résidences principales utilisant le bois comme combustible principal, est utilisée. Le nombre de résidence est approché au niveau communal grâce aux données du recensement de l'INSEE. Les séries disponibles concernent les années 2006 (années de référence de l'enquête CEREN), 2008 et 2010. Il est donc possible d'émettre des hypothèses quand à l'évolution de la demande en bois bûche sur 4 ans.



	Données INSEE			Données de l'enquête CEREN				Calcul		
	Nombre de résidences principales utilisant le bois comme combustible principal			Conso unitaire maison base (en stères)	Conso maison base (en stères)	Estimation conso appoint	Conso totale (en stères)	Augmentation brute en %	Facteur de correction (granulé, amélioration thermique...)	Conso totale estimée en stères
Année	2006	2008	2010	2006	2006	2006	2006	2006 - 2010	2006 - 2010	2010
CAGB	5 134	6 131	6 757	17	86 251	17 250	103 501	32%	10%	<b>125 871</b>
Franche Comté	88 000			17	1 475 000	365 000	1 840 000	32%	10%	2 237 675

La consommation locale « brute » du territoire de la CAGB est ainsi estimée à **125 871** stères, soit **81 800** m3 ou **65 460** tonnes « sèches ».

Cette consommation brute ne représente toutefois pas la réalité de l'exploitation locale en bois de chauffage qui est bien inférieure. L'approvisionnement en bois bûche de la CAGB s'effectue en partie sur les territoires voisins.

### 1.1.3. Evaluation de la demande en bois d'industrie

#### 10.1.1 La filière papier/panneau

- **Méthode générale**

Le volume de bois actuellement mobilisé dans les forêts du territoire et destiné à une valorisation en filière industrielle (papier ou panneau) est estimé à partir des données de commercialisation.

- **Cas du PAT CAGB**

L'ONF a été en mesure de fournir les données de commercialisation relative au territoire de la CAGB (ci-dessous), consolidée par les données des états d'assiette. La distinction entre bois d'œuvre d'une part et bois industrie / chauffage d'autre part est donnée à dire d'expert.

Suite à une demande du comité technique la répartition entre bois de chauffage et industrie est estimée à 2/3 – 1/3.

	Moyenne Coupes et Chablis m3/an	Composition Coupes et Chablis (%)	Bois d'œuvre m3/an	Industrie ou chauffage m3/an
CHE 50+	4 574	8%	4574	
CHE 30-45	1 799	3%	1169	630
CHE 25-	89	0%		89
HET 40+	5 233	9%	4448	785
HET 30-35	236	0%	35	201
HET 25-	189	0%		189
PEU	74	0%	44	30
AF	13 836	24%	8302	5 535
SP 25+	5 085	9%	4830	254
SP 20-	1 828	3%		1 828
EPC 25+	845	1%	803	42
EPC 20-	558	1%		558
PIN SYL 25+	91	0%	86	5
PIN SYL 20-	13	0%		13
PIN MAR 25+	0	0%		
PIN MAR 20-	0	0%		
AR 25+	1 024	2%	973	51
AR 20-	310	1%		310
Taillis	834	1%		834
Houppiers Feuillus	19 158	34%		19 158
Houppiers Résineux	722	1%		722
Résineux non dénombrés	2	0%	0	2
<b>TOTAL</b>	<b>56 500</b>	<b>100%</b>	<b>25266</b>	<b>31234</b>

Figure 37 : données de commercialisation ONF

Les volumes de bois industrie commercialisés en forêts privées ont été approché en comité technique avec les coopératives intervenants sur le territoire : Forêt & bois de l'Est et COFORET.

## 1.3. Evaluation de la ressource

### 1.1.4. Méthode d'évaluation de la ressource forestière

#### 10.1.2 Points de méthodologie générale

- **Les chiffres de disponibilité**

L'objectif de la partie évaluation de la ressource du PAT consiste à approcher, de la manière la plus précise possible, la **disponibilité technico – économique**. Il s'agit de la ressource forestière mobilisable dans le cadre d'itinéraire de sylviculture durable au vu des conditions économiques actuelles.

Cette disponibilité est différente de la production biologique de la forêt qui correspond à l'accroissement en volume de celle – ci sur une durée déterminée. Selon les contextes, la disponibilité varie entre 50 et 110 % de la production biologique (cf. figure 4).

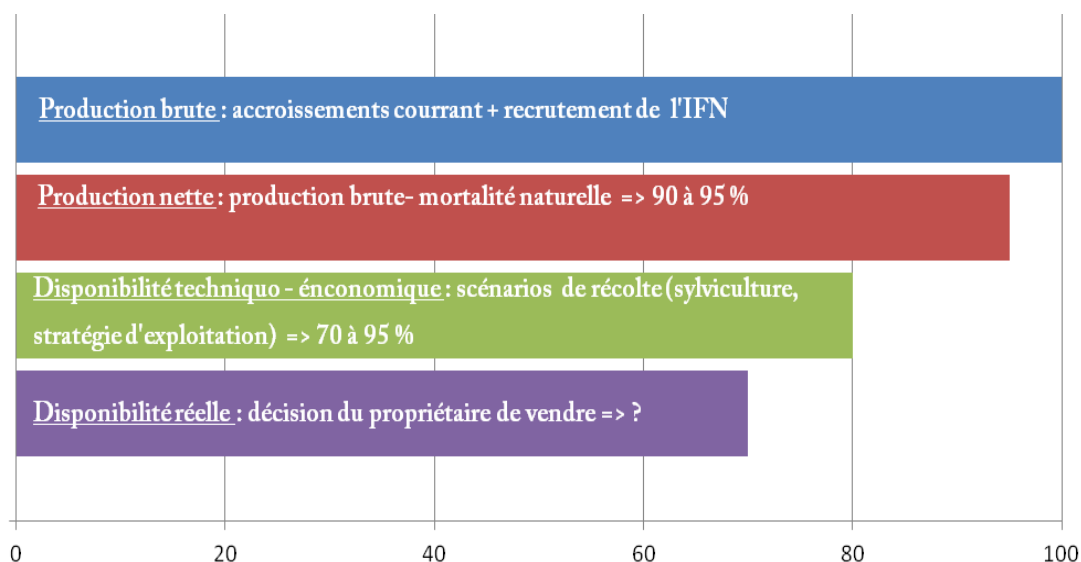


Figure 38 : Disponibilité et production biologique

- **La compartimentation des volumes**

Une fois la disponibilité évaluée, il est nécessaire de la compartimenter afin de mesurer quelle part est utilisable en bois d'œuvre et énergie. Pour cela un découpage par classe de qualité, est réalisé.

Celui – ci s'appuie sur les données des placettes IFN « nouvelles méthode » de la zone d'étude. Au travers de celle – ci un échantillon de plusieurs centaines d'arbres est qualifié par sa hauteur, son diamètre et ses qualités techniques. Une typologie des qualités en fonction des diamètres est construite pour les essences forestières principales du périmètre d'étude.

Les volumes / ha sont mesurés « bois fort » (découpe 7 cm de diamètre). Afin d'estimer le volume aérien, un coefficient d'expansion est renseigné par type de peuplements IFN (cf. annexe 3).

Par défaut la grume de pied est attribuée à un usage bois d'œuvre. Elle peut cependant avoir une vocation énergétique (bois bûche). C'est le comité technique qui décide le ratio de grumes attribué à un usage autre que bois d'œuvre.

La surbille est attribuée aux usages industriels et énergétiques.

La partie supérieure de l'arbre (menu bois et surbille de branche) est attribuée aux usages énergétiques.

La valorisation des bois de houppiers n'est pas automatique dans le modèle. Elle varie de 0 à 75 % en fonction de la sensibilité des sols et des méthodes d'exploitation.

La sensibilité bio – chimique est évaluée au regard des données écologiques des placettes IFN « nouvelles méthodes ».

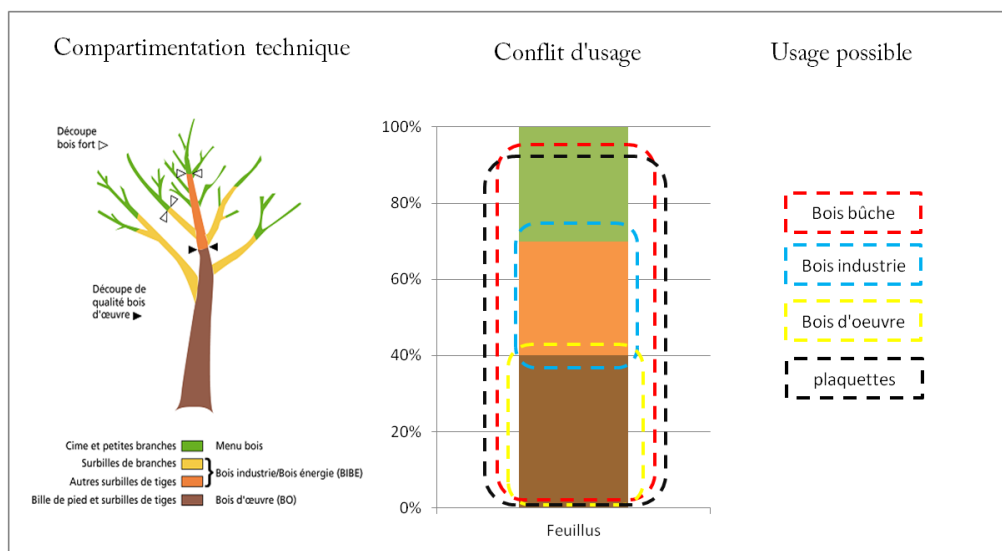


Figure 39 : compartimentation de l'arbre

### 10.1.3 Evaluation de la ressource forestière en forêt publique

- **Méthode générale**

- L'estimation de la ressource en forêt publique s'appuie sur les documents de gestion, les aménagements, dans lesquels sont détaillées les caractéristiques des peuplements par parcelle (volumes sur pied feuillus et résineux à l'hectare, diamètres, etc.). Les programmes de coupe permettent d'obtenir par forêt, les volumes présumés réalisables en moyenne par an, calculés sur les 5 prochaines années. Ceux – ci permettent de calibrer au mieux le modèle syllogis.
- Dans le cadre du PAT, les données issues des documents de gestion ont été analysées par Emmanuel Bonaimé, un expert forestier indépendant. Ce travail a permis d'extraire des volumes/ha par parcelle, ainsi que les diamètres moyens par essence par parcelle.

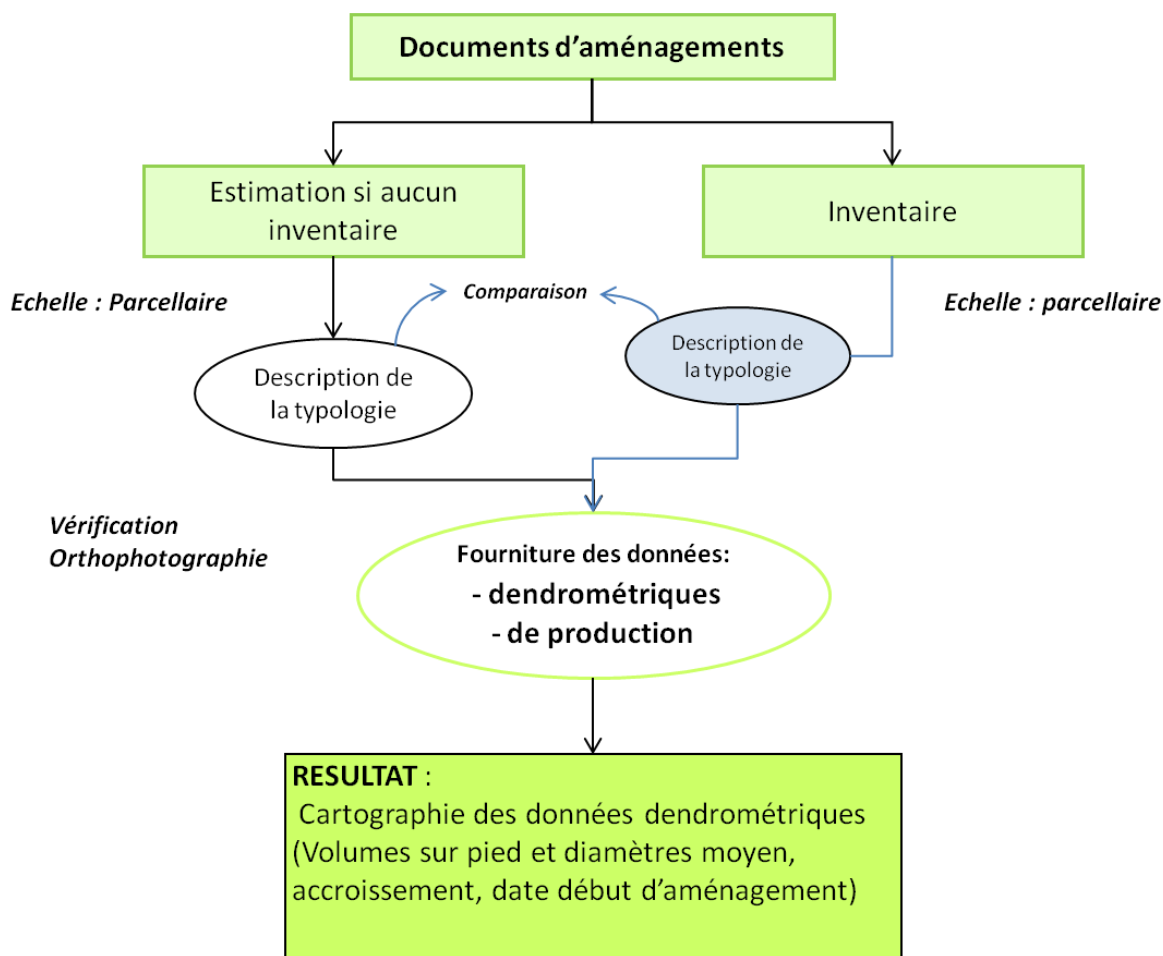


Figure 40 : méthode d'évaluation de la ressource forestière en forêt publique

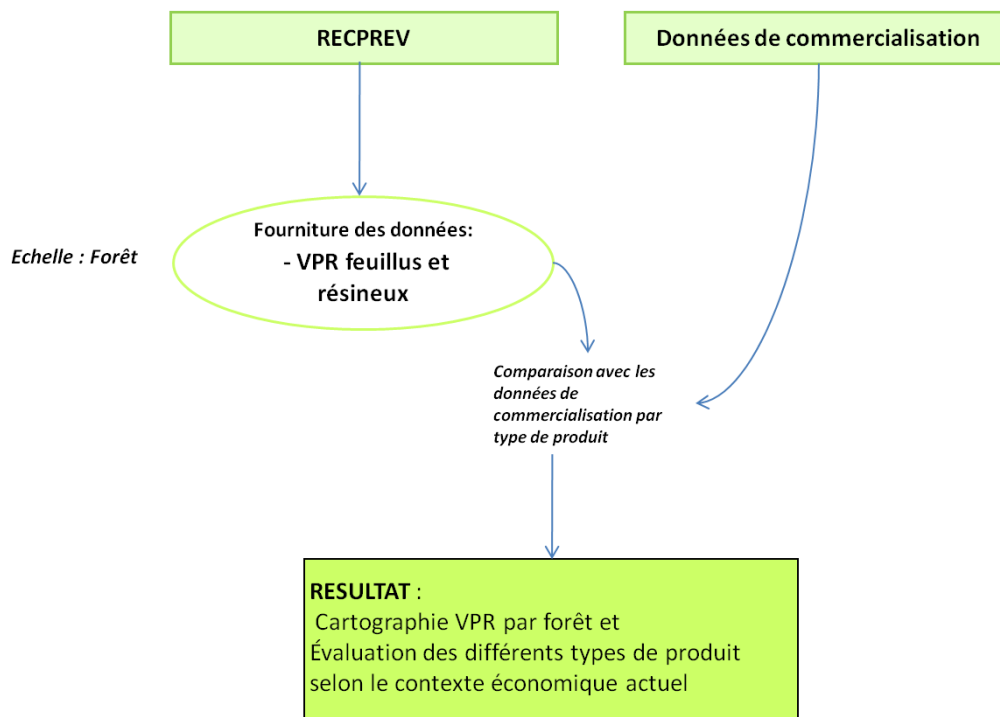


Figure 41 : méthode d'évaluation des VPR (Volumes Présumés Réalisables) par type de produit et par forêt

- **Cas du PAT CAGB.**

**La forêt publique analysée représente 14 100 ha.**

Le tableau renseigné par l'expert indépendant Emmanuel Bonaimé par parcelle est le suivant :

IIDT_UED	YVALI_UED	ANNEE_DEB	ANNEE_FIN	VOL_HA_E1	VOL_HA_En	DIAM_E1	DIAM_En	ACC_E1	ACC_En
----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	---------	---------	--------	--------

IIDT_UED	Identifiant de chaque unité élémentaire descriptive des peuplements
YVALI_UED	Année du relevé
ANNEE_DEB	Année du début de l'aménagement
ANNEE_FIN	Année de fin de l'aménagement
VOL_HA_E1	Volume sur pied de l'essence 1 à l'hectare
VOL_HA_En	Volume sur pied de l'essence n à l'hectare
DIAM_FE	Diamètre moyen de l'essence 1
DIAM_FE	Diamètre moyen de l'essence 2

⇒ L'ONF a fourni, sur l'ensemble des forêts, les volumes présumés réalisables (VPR) par forêt, calculé en moyenne par an sur les 5 prochaines années. L'ONF a également fourni les volumes commercialisés par type de produit des 5 dernières années sur l'ensemble du territoire.

*Le tableau renseigné par l'ONF sur les forêts aménagées :*

Code FRT	Composition du ppt	VPR total
----------	--------------------	-----------

Code FRT	Identifiant de chaque forêt
VPR_Fe	Volume présumé réalisable feuillus
VPR_Rx	Volume présumé réalisable résineux

#### 10.1.4 Evaluation de la ressource forestière en forêt privée

- **Méthode générale**

2 méthodes sont utilisées en forêt privée :

- Forêts disposant de PSG : dans ce cas, l'estimation de la ressource se fait à partir des données dendrométriques et des prévisions de coupes des PSG. Ce travail est réalisé par le CRPF après une demande d'accord des propriétaires concernés.
- Autres forêts privées : étant donné que les PSG ne couvrent pas, sauf exception, la totalité des forêts privées, des inventaires de terrain sont réalisés sur celles-ci afin d'obtenir des moyennes statistiques. Ces inventaires s'effectuent pour chaque type de peuplement IFN jugé important de par son potentiel de production de bois énergie. L'objectif est de recouvrir à minima 80% de la surface forestière privée (hors document de gestion). Les X types de peuplements concernés sont définis avec les partenaires techniques. Pour chacun d'entre eux, 25 placettes dendrométriques sont effectuées.

La méthodologie des inventaires de terrain se trouve en annexe 1.

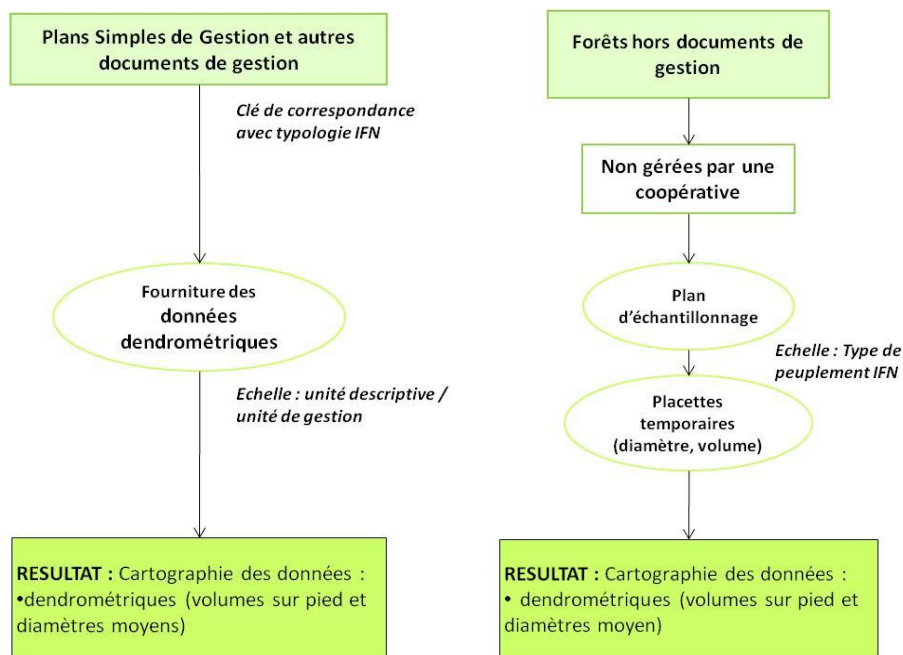


Figure 42 : méthode d'évaluation de la ressource forestière en forêt privée

• **Cas du PAT CAGB.**

L'ensemble du territoire compte **5 500 ha** de forêts privées.

- Forêts disposant de PSG :
  - 17 PSG** ont été intégrés sur le territoire (650 ha). Une partie a pu être analysée par le CRPF et Forêt et Bois de l'Est (accord des propriétaires). Une autre partie des PSG a été complétée avec les données issues des placettes et de l'IFN.
- Forêts privées hors PSG :
  - o La réalisation des inventaires a été effectuée par Sylvavenir
  - o 6 types de peuplements ont été inventoriés, 150 placettes réalisées. Cette méthode permet de compléter 84 % des forêts privées, ce qui représente **4 560 ha**.

Les données récoltées sur le terrain ont permis de renseigner par placette le tableau suivant :

ID	Code_TF_IFN	VOL_HA_E1	VOL_HA_En	DIAM_E1	DIAM_En
----	-------------	-----------	-----------	---------	---------

- ID Identifiant unique de chaque placette
- Code\_TF\_IFN Code des types de peuplement IFN
- VOL\_HA\_FE Volume sur pied feuillus à l'hectare
- VOL\_HA\_RX Volume sur pied résineux à l'hectare
- DIAM\_FE Diamètre moyen feuillus
- DIAM\_RX Diamètre moyen résineux



Le tableau ci-après permet de mettre en évidence les inventaires réalisés :

NOM_TF	Volume (ha) de feuillus	Volume (ha) de résineux	Diamètre feuillus	Diamètre résineux
FORET OUVERTE DE FEUILLUS	64	-	26	
FUTAIE ADULTE DE FEUILLUS INDIFFERENCIES	154	-	31	
FUTAIE MIXTE	101	2	29	56
MELANGE DE FUTAIE DE FEUILLUS INDIFFERENCIES ET TAILLIS	187	-	28	
MELANGE PAUVRE A MOYEN DE FUTAIE DE CHENES ET TAILLIS	100	1	31	50
TAILLIS DE FEUILLUS INDIFFERENCIES	130	-	25	

- Forêts privées minoritaires :
  - o Sur les forêts qui ne sont pas composées des types de peuplements inventoriés, nous avons utilisé les moyennes des volumes départementaux de l'IFN par type de peuplement. Cette méthode a été utilisée sur **940 ha**.

### 10.1.5 Scénario de sylviculture

L'estimation de la disponibilité repose sur un modèle de sylviculture simplifié, paramétré par type de peuplements IFN.

Il est difficile d'intégrer les nombreuses modalités de gestion habituellement pratiquées par les professionnels (rotation des coupes, nombre de tiges coupées, âge des coupes rases...), c'est pourquoi le schéma de Syllogis repose sur principe simple : chaque parcelle forestière est parcourue de manière aléatoire au moins une fois sur 20 ans.

Il s'agit donc d'estimer les volumes prélevables sur ce passage au regard de critère simple : volume minimal pour passer en coupe, taux de prélèvement et volume minimale à laisser après coupe (cf. figure 10). Les paramètres sont présentés dans la partie VI.

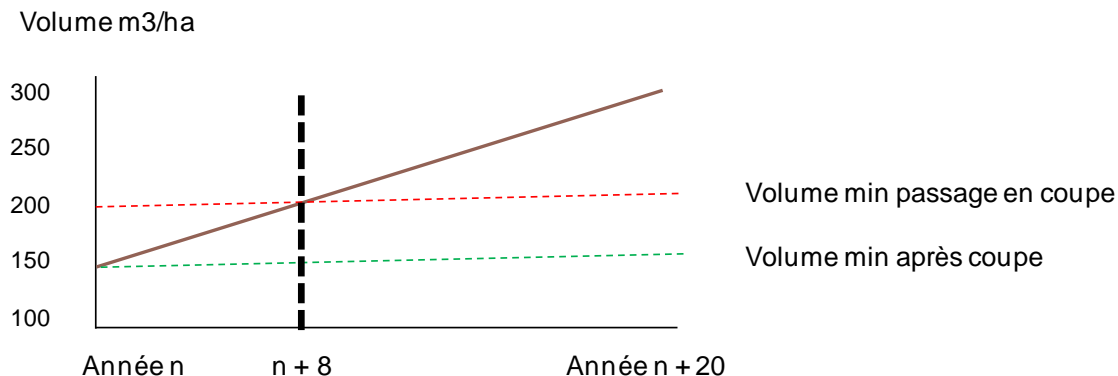


Figure 43 : modélisation du scénario de sylviculture

## 1.4. Modélisation de la chaîne d'approvisionnement et calcul des coûts de mobilisation

Il est indispensable de pouvoir approcher précisément les coûts de mobilisation à l'échelle d'un territoire pour intégrer dans les études de faisabilité de chaufferies les coûts d'approvisionnement à partir de plaquettes forestières locales.

La modélisation complète de la chaîne d'approvisionnement ramenée à l'échelle de la parcelle ou d'un ensemble de parcelles forestières permet l'identification des secteurs où le prix de mobilisation est élevé et d'en faire ressortir les raisons (manque d'accès, pente trop élevée, volume sur pied trop faible). Elle permet ainsi de pré-cibler les lieux et les méthodes d'intervention qui permettraient de réduire le coût du combustible.

Le coût de mobilisation de la plaquette forestière, dans le cadre du PAT, intègre l'ensemble des maillons de la chaîne d'approvisionnement, soit : l'exploitation, le déchetage, le transport, Le stockage/séchage.

Le modèle comprend une application SIG capable de traiter automatiquement les données spatiales nécessaires. Le résultat de ce traitement est ensuite intégré dans la deuxième partie du modèle de simulation et qui fonctionne comme un système. Les données de base (entrants) sont introduites dans le modèle (système) qui fournit des résultats (extrants). Les différents modules se comportent comme des sous-systèmes qui s'enchaînent les uns après les autres dans un processus global. Ils conservent néanmoins leur indépendance et peuvent être exécutés de manière autonome.

### 1.1.5. Coûts d'exploitation

SylloGIS® modélise les différentes phases de l'exploitation forestière :

- Méthode de bucheronnage en fonction de la pente, de la nature des peuplements (diamètre, essence). Deux options sont possibles : manuelles (bûcheron) ou mécanisées (abbateuse) ;
- Calcul du coût de bucheronnage en fonction du volume et du diamètre de l'arbre moyen, de la méthode ;
- Méthode de débardage en fonction de la pente de la nature des peuplements et des enjeux environnementaux (sensibilité des sols). Trois options sont possibles : débusqueur, porteur ou câble aérien ;
- Calcul des itinéraires de débardage entre le centroïde des polygones forestier et les places de dépôt : transport en forêt jusqu'à la piste la plus proche + transport sur piste jusqu'à la place de dépôt attribuée. L'attribution des places de dépôts se fait en fonction de la pente, de la desserte et des cours d'eau ;
- Calcul du coût de débardage en fonction de la méthode et de la distance.

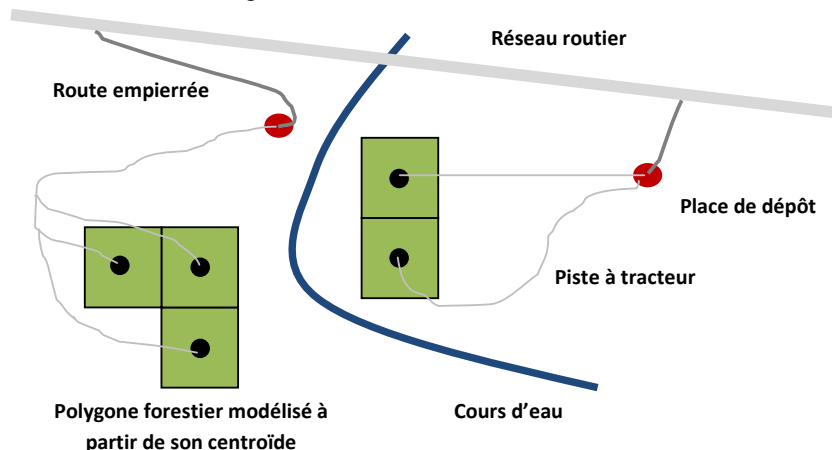


Figure 44 : modélisation de la stratégie d'exploitation

### 1.1.6. Coûts de broyage

Dans le calcul, les coûts de broyage sont liés au matériel utilisé (porté, tractée, moteur autonome, semi-remorque, automotrice ou broyeur fixe) ainsi qu'au lieu de déchetage (sur parcelle, sur place de dépôt, sur place de stockage, chaufferie).

Les coûts de broyage sont renseignés à dire d'expert lors du comité technique.

### 1.1.7. Coûts de transport

La desserte (routes et chemins) est le résultat de l'assemblage entre la BD TOPO® de l'IGN, les bases de données "desserte" métiers (Schéma de desserte et/ ou données ONF), et de la numérisation, à partir de la BD ORTHO® de l'IGN, de chemins manquants. Cette couche est utilisée pour le calcul d'itinéraires entre les places de dépôt et les chaufferies, dans le cas d'un scénario en flux tendu, ou entre les places de dépôt et la plate-forme de stockage puis les chaufferies dans le cas du scénario avec un stockage intermédiaire. Les itinéraires tiennent compte des points noirs interdisant l'accès aux grumiers, à la condition qu'aucun type de camion ne puisse transporter du bois.

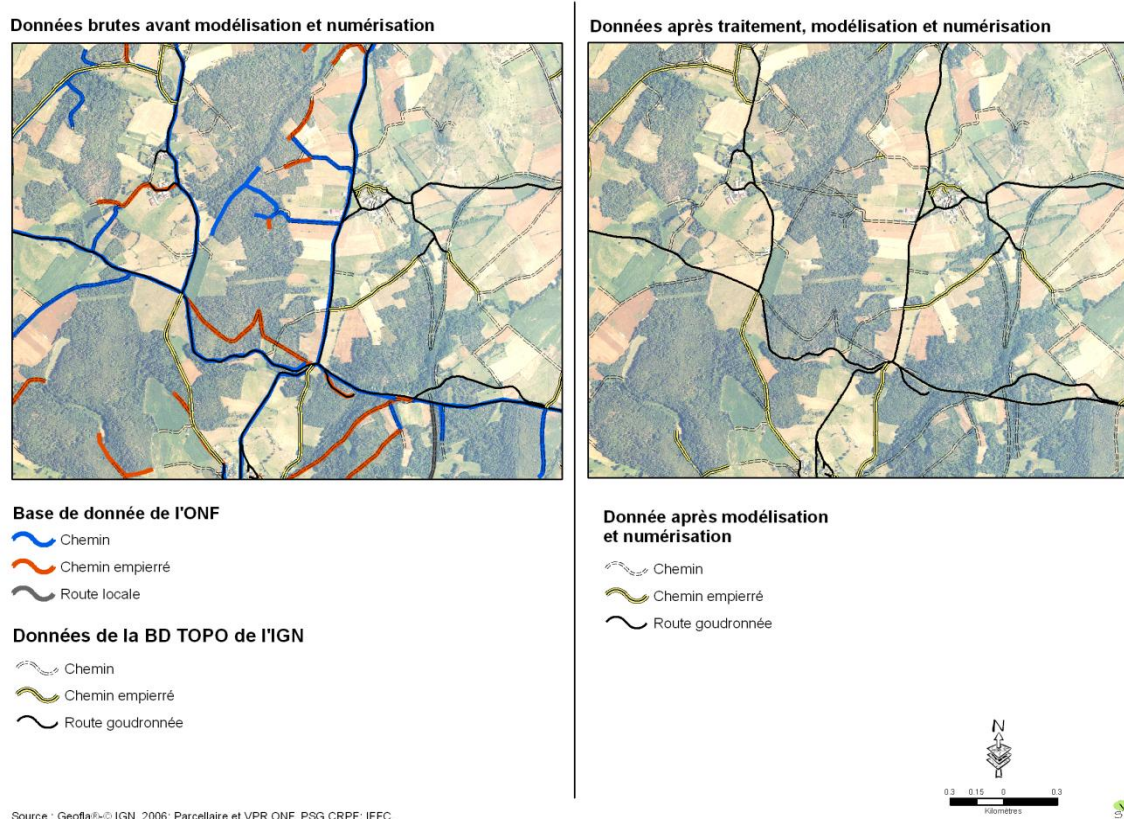


Figure 45 : Illustration du travail réalisé sur la desserte forestière

Les coûts de transport sont liés aux distances / temps de transports calculés, de la capacité de chargement des engins utilisés et des caractéristiques du réseau routier emprunté.

### 1.1.8. Coûts de stockage

Le coût de stockage a été calculé sur la base des exemples concrets de hangars de stockage sur la zone d'étude et dans d'autres régions et dont les caractéristiques correspondent aux besoins du territoire (volumes à stocker, surface). Ces coûts sont discutés en comité technique.

### 1.1.9. Optimisation logistique

#### 10.1.5.1 Localisation optimisée de la plate-forme de stockage

Le modèle SyllGIS® permet de positionner un hangar de stockage de manière optimum (calcul théorique) et de tester sur l'ensemble du territoire la pertinence ou non d'implanter une plate-forme de stockage. Les critères pris en compte sont :

- la localisation des ressources forestières utilisables pour l'énergie (ou l'industrie) et leurs quantités ;
- la localisation des chaufferies et leurs consommations ;
- la localisation des plateformes existantes et leurs capacités ;
- le réseau routier.

#### 10.1.5.2 Les enjeux environnementaux ont été identifiés grâce au travail collectif du comité technique

Enjeux environnementaux intégrés dans le PAT et classés en quatre niveaux :

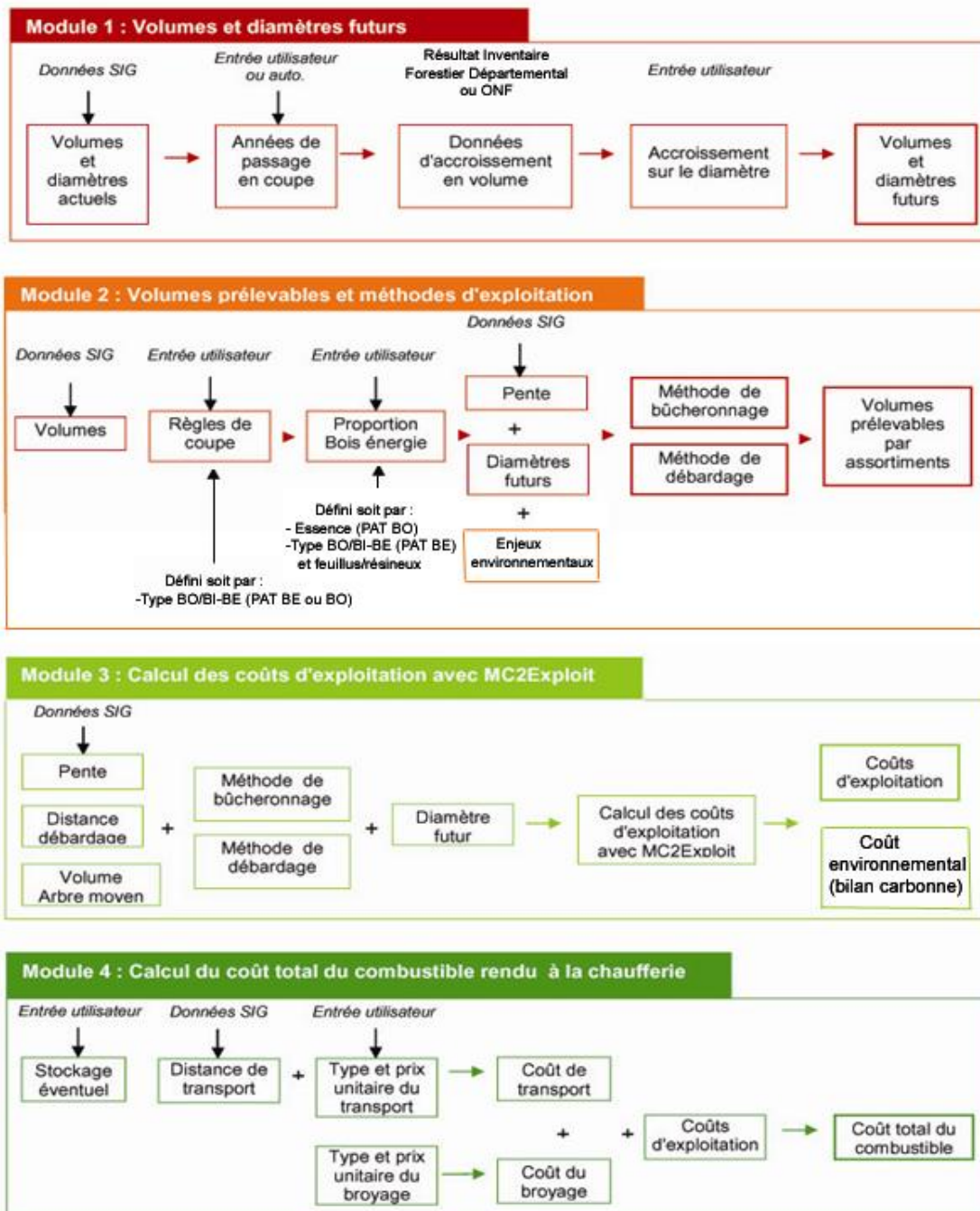
- Enjeux très forts : Réserve Biologique Intégrale (RBI) ; territoire non concerné. Les périmètres immédiats de captage d'eau sont également intégrés dans les enjeux très forts. Néanmoins étant donné leurs caractères ponctuels, il est difficile de les intégrer dans le travail de modélisation.
- Enjeux forts : zones à enjeux importants, principalement classées en APPB et ou NATURA 2000. Les contraintes à l'exploitation peuvent être notables. Dans la modélisation ces zones sont exploitées de manière manuelle (entraînant un coût d'exploitation plus élevé).
- Enjeux moyens : Les enjeux environnementaux de ces zones (ZNIEFF, NATURA 2000) nécessitent des précautions dans la gestion et l'exploitation forestière, sans pour autant entraîner forcément des surcoûts. .
- Sans enjeu : zones sans enjeux environnementaux reconnus par le comité technique et zones sans contrainte réglementaire. Sur ces zones, l'exploitation est modélisée de façon optimale en restant dans le cadre d'une exploitation réfléchie et durable.

#### 10.1.5.3 La desserte forestière

Le modèle SyllGIS® définit les zones où la desserte semble insuffisante en fonction de 5 critères :

- La densité de route à grumier au 100ha, avec un objectif de 3 km de route dans les forêts de plus de 20% de pente et 1 km de route dans les forêts de moins de 20% de pente.
- la pente ;
- Les types de peuplements selon l'importance du bois d'œuvre ;
- Volume sur pied minimum ;
- l'absence d'enjeux environnementaux forts.
- Pente inférieur à 50%

## 1.5. Schéma de la modélisation SyllGIS®



## 1.6. Les paramètres de calcul

Les paramètres ci-dessous ont été discutés lors des comités d'expertises. Ils concernent la gestion forestière locale, les règles de coupe et les paramètres spécifiques aux scénarii choisis.

Ces paramètres permettent, à partir des volumes sur pied, des diamètres et des types de peuplement fournis par les gestionnaires forestiers, mais aussi de l'ensemble des données qui caractérisent le territoire (place de dépôt, réseau de desserte, pente etc.) de localiser et d'évaluer des volumes de bois utilisable pour l'énergie (ou l'industrie) mobilisables, puis d'évaluer les coûts de mobilisation correspondants.

### 1.1.10. Règles de coupe et gestion forestière

- Période analysée : **2013-2032**
- Prix du bois sur pied : **12 €/t (H=45%) ou 13,52 €/t (H=30%)**
- Proportion de plaquettes forestières mobilisable par rapport au volume sur pied total :

La plupart des peuplements fournissent conjointement du bois d'œuvre (bille de pied) et du bois utilisable pour l'énergie ou l'industrie (petits bois ou surbille et menus bois et branches). En se basant sur les données de qualité des bois de l'IFN et sur l'expertise du comité technique, des proportions de bois d'œuvre et de bois d'industrie / énergie ont été définies par type de peuplement IFN.

De même des règles de sylviculture ont été fixées aux niveaux des types de peuplements.

Autres paramètres utilisateurs :

- Diamètre de bois d'œuvre résineux minimum autorisé pour la coupe :
  - 25 cm pour les résineux
- Diamètre de bois d'œuvre feuillus minimum autorisé pour la coupe :
  - 30 cm pour les feuillus
- Accroissement moyen annuel sur le diamètre en % du diamètre actuel :
  - 1,5 % pour les feuillus
  - 2 % pour les résineux
- Paramètres d'exploitation :

Pente maximale pour abattage mécanisé	30%
Diamètre maximal feuillu pour abattage mécanisé	25 cm
Diamètre maximal résineux pour abattage mécanisé	65 cm
Pente maximale pour porteur	30 %
Diamètre maximal feuillu pour porteur	65 cm
Diamètre maximal résineux pour porteur	65 cm
Pente maximale pour débusqueur	50 %

### **1.1.11. Paramètres spécifiques au scénario flux tendu**

#### *10.1.5.4 Paramètres généraux*

- Calcul en intégrant un lieu de stockage : Non
- Taux d'humidité de la plaquette forestière : 45%

#### *10.1.5.5 Paramètres de broyage*

Le déchiquetage est effectué sur les places de dépôt, en forêt, avec une machine de déchiquetage tractée munie d'un moteur autonome. Le coût de broyage est de 5 €/map.

#### *10.1.5.6 Paramètres de transport*

Le transport direct des places de dépôt aux chaufferies s'effectue au moyen d'un camion conteneur. Capacité de chargement 35 MAP, temps de chargement/déchargement 1/2 heure, tarif horaire 77 €. Un forfait minimum de 60 minutes est mis en place au cas où les distances temps seraient trop faibles.

### **1.1.12. Paramètres spécifiques au scénario avec un stockage intermédiaire**

#### *10.1.5.7 Paramètres généraux*

- Calcul en intégrant un lieu de stockage : Oui
- Coût de stockage: 4 €/MAP
- Taux d'humidité de la plaquette forestière : 30%

#### *10.1.5.8 Paramètres de broyage*

Le déchiquetage est effectué sur la plate-forme de stockage avec une machine de déchiquetage tractée munie d'un moteur autonome. Le coût de broyage est de 4 €/MAP.

#### *10.1.5.9 Paramètres de transport*

Le transport entre les places de dépôt du bois, en forêt, et la plate-forme de stockage s'effectue au moyen d'un grumier. Le transport entre le lieu de stockage et les chaufferies s'effectue au moyen d'un camion conteneur. Capacité de chargement 35 MAP, temps de chargement/déchargement 1/2 heure, tarif horaire 77 €. Le camion est chargé sur la plate-forme de stockage par un chargeur 8 tonnes. Un forfait minimum de 60 minutes est mis en place au cas où les distances temps seraient trop faibles.



## Annexe 1 : Méthodologie des inventaires de terrain réalisés dans le cadre des PAT

Méthode employée dans le cadre des PAT : les données dendrométriques fournies par sous-parcelle sur les Plans Simples de Gestion sont extraites et traitées statistiquement afin d'être extrapolées aux types IFN correspondants sur les forêts sans PSG. Il en est de même pour les aménagements en forêt publiques lorsqu'ils disposent de données dendrométriques.

Pour les X types IFN représentés par moins de 25 UED et jugés les plus importants de par leur potentiel de production de bois énergie, un inventaire statistique est effectué à raison de 25 placettes par type de peuplement. L'objectif est de recouvrir à minima 80% de la surface forestière privée (hors document de gestion) ou publique (hors aménagement numérisés).

Les X types de peuplements concernés sont définis avec les partenaires techniques.

La taille de l'échantillon est donnée par la formule  $n = t^2 C_v^2 / e^2$ , où  $C_v$  est le coefficient de variation exprimée en %,  $e$  l'erreur acceptable en %,  $t$  la valeur critique de la distribution de Student (=2). En prenant comme valeur acceptable une erreur relative de 20 % (soit une fiabilité de 80 %) il faut réaliser 25 placettes par type de peuplement.

### Travail attendu lors de la phase de terrain :

- Réalisation d'un plan d'échantillonnage :
  - o Il s'agit d'une grille de 50m x 50m d'où sont aléatoirement tirés des points (25 par type de peuplement).
  - o Il est possible de prévoir la grille de façon à avoir 30 points par type : ceci permet d'avoir des points de secours au cas où certaines placettes seraient situées en dehors de la zone ou dans des conditions inaccessibles (propriété clôturée ou placette de la forêt privée se retrouvant en limite avec la forêt communale par exemple). Dans ce cas, les points 26 à 30 sont inventoriés uniquement si nécessaire.
  - o Une autre possibilité est de « déplacer » une placette prévue dans le plan d'échantillonnage de 50m lorsqu'un tel cas est rencontré.
  
- Inventaire par placettes temporaires selon ce plan d'échantillonnage :
  - o sur chaque placette relevé de G (ha) et de la composition en perches PB, BM et GB feuillus et résineux. Il s'agit donc d'un tour relascopique détaillé pour chaque placette.
  - o Distinctions supplémentaires :
    - o taillis : lorsque cela est jugé nécessaire compte tenu du contexte et selon avis du comité technique, le taillis peut être inventorié de façon séparé.
    - o Résineux rouges et blancs
    - o Par essence, 20 essences maximum (essences majoritaires sur le territoire). cette méthode n'est employé que dans le cadre de la réalisation de PAT Bois d'oeuvre.
    - o Classes de diamètre :

	Diametre
Perches	de 7,5 à 17,5 cm
PB	17,5 à 27,5 cm
BM	27,5 à 42,5 cm
GB	42,5 cm et plus

- Les informations à recenser sont donc les suivantes :

G feuillus				G résineux				G perches	
G PB Fe	G BM Fe	G GB Fe	G Fe TOTAL	G PB Re	G BM Re	G GB Re	G Re TOTAL	G perches Fe	G perches Re

D'autres informations peuvent éventuellement être notées si elles sont jugées importantes pour l'analyse (arbres secs etc.). Les résineux sont subdivisés en 7 essences majoritaires : Mélèze, Epicéa, Sapin, Pin Noir, Pin Sylvestre, Pin à Crochet, Pin Cembro.

- Au niveau de chaque placette, à partir du diamètre moyen de chaque classe de diamètre, application d'une moyenne pondérée pour connaître le diamètre de l'arbre moyen. Calcul volume/ha à partir de G/ha et du coefficient de forme (on déterminera un coefficient de forme par type de peuplement). Ce coefficient de forme est de type f.H

Coefficient f.H	
f.H Fe	f.H Re

**Renseignement de la base de données "matrice\_BD\_PAT\_INV\_FPR" (forêt privée) ou "matrice\_BD\_PAT\_INV\_ONF" (forêt publique) comportant 6 champs :**

- N\_PLACETTE (Numéro unique attribué à chaque placette) ;
- MT\_REG\_FPR (Code de la métatypologie forêt privée ou forêt publique) ;
- VOL\_HA\_Ess1 (Volumes à l'hectare de l'essence 1) ;
- VOL\_HA\_Essn (Volumes à l'hectare de l'essence n) ;
- DIAM\_Ess1 (Diamètre moyen de l'essence 1) ;
- DIAM\_Essn (Diamètre moyen de l'essence n).