

2777

2277 B<sup>2</sup>

DOCUMENTATION
FORET MÉDIT:
ARRIVÉ <i>CB</i>
LE
N° <i>2777. B</i>

NOTE SUR LA RECUPERATION DE BIOMASSE A PARTIR DU "SCORPION"

1) BIOMASSE DISPONIBLE

Les 2 secteurs prévus pour l'intervention du Scorpion se situent dans les Basses Cévennes à pin maritime (Gard) et le massif des Maures (Var). Les données de l'Inventaire Forestier National ne permettent pas de connaître avec précision les surfaces couvertes par les différentes formations arbustives. On peut toutefois noter que dans les Cévennes les landes et maquis sili- ceux méditerranéens occupent 9000 ha; dans les Maures, ils occupent 42 550 ha. se répartissant de la manière suivante :

- cistaies 38%
- maquis bas à bruyères 6%
- maquis élevé à bruyère arborescente 56%

Il est préférable d'utiliser dans les estimations de biomasse les unités de poids plutôt que les unités de volume. Ces dernières sont plus faci- les à appréhender dans la pratique courante : il suffit de remplir jusqu'à ras bord un conteneur dont on connaît le volume exact. Mais dès que l'on veut con- naître le pouvoir calorifique du produit on est amené à rechercher sa densité apparente (rapport du poids au volume apparent du broyat). Prélever des échan- tillons représentatifs est alors une opération complexe : les copeaux sont hé- térogènes car souvent triés balistiquement en fonction de leur poids, le foi- sonnement est très sensible aux manipulations, le volume est influencé par les effets de paroi du récipient et le poids difficile à apprécier de façon préci- se avec une balance portative. Les premières mesures de densité apparente ef- fectuées dans le Var confirment cet ensemble de difficultés : le résultat obte- nu sur un échantillon de 50 litres est de 0,36 t/m<sup>3</sup>, alors que l'aspect gros- sier du produit, notamment pour ce qui concerne les brindilles non déchiquetées, laisse supposer que la densité apparente est plus faible que celle fournie par les broyeurs de branches traditionnels (type ERJO), elle-même généralement com- prise entre 0,25 et 0,30 t/m<sup>3</sup>. Mieux vaut donc, chaque fois que cela est pos- sible, peser dès la récolte les quantités récupérées, par exemple en pesant di- rectement une benne pleine tous les hectares ou toutes des dix bennes.

QUANTITE DE BROUSSAILLES DANS DIFFERENTS TYPES DE VEGETATION SUR SOLS ACIDES

(en tonnes de matière fraîche par ha)

		Poids	
<u>Maquis haut à</u>			
- bruyère arborescente, arbousier	{ hauteur 50 à 70 cm (Var)	10 à 15	
		" 70 à 100 cm "	15 à 40
		" 100 à 150 cm "	30 à 45
		" 150 à 250 cm "	40 à 60
- bruyère à balais, arbousier	{ à découvert	" 47	
		sous couvert arboré "	43
- bruyère arborescente, arbousier, viorne tin		(Corse) 50	
<u>Maquis bas à</u>			
- bruyère arborescente, arbousier, filaria à feuilles larges		" 18	
- bruyère à balais, callune ;	11 ans	(Var) 30	
- callune	{ hauteur 50 cm	" 15	
		" 60 cm	" 19
		" 70 cm	" 20
		" 80 cm	" 22
<u>Cistaie à</u>			
- Ciste de Montpellier et ciste à feuilles de sauge	{ claire	(Corse) 8 à 14	
		sous couvert, hauteur	
		80 à 100 cm	(Var) 10 à 20
		dense	(Corse) 20 à 24
		à découvert, hauteur	
		30 à 50 cm	(Var) 15 à 40
	à découvert, 11 ans	" 32	

Les biomasses disponibles dans les différents types de végétation sont extrêmement variables comme le montre le tableau I dressé à partir des résultats de mesures effectuées par plusieurs auteurs au cours de ces dernières années. Une valeur moyenne de 20 tonnes de matière fraîche par hectare paraît tout à fait raisonnable. Néanmoins le broyeur ne pourra pas récupérer les arbrisseaux à port bas ou étalé (thym, ...), les parties basses des arbustes à port élevé (chicots) ainsi que ceux situés à proximité des arbres à conserver ou dans les parties difficilement accessibles (bouquets d'arbres serrés, rochers, ...). Il est donc prudent de ramener la biomasse récoltable à une valeur moyenne de 15 tonnes de matière fraîche par hectare, sachant que cette valeur peut varier au moins du simple au double, en plus ou en moins, selon la nature de la végétation.

2) POUVOIR CALORIFIQUE

L'humidité des végétaux varie avec la saison, les espèces végétales et la partie des plantes considérée. Néanmoins, un assez grand nombre de mesures effectuées

juste après la récolte au cours des années passées ont la plupart du temps fourni des résultats compris entre 45 et 55% (humidité rapportée au poids brut). On peut donc retenir une valeur moyenne de 50%.

Le pouvoir calorifique inférieur (P C I) anhydre de l'ensemble des parties aériennes des plantes méditerranéennes se situe, quant à lui, aux alentours de 4 500 thermies/tonne comme le montre le tableau 2 tiré d'une communication de G. HEIM du C.N.R.S. de MONTPELLIER. En effet le pouvoir calorifique supérieur (P.C.S) est voisin de 20 kilojoules par gramme de matière sèche, soit 4 800 thermies/tonne de matière sèche.

TABLEAU 2

	Ensemble des parties aériennes	Pousses nouvelles (feuillées)	Feuilles	Tiges lignifiées	Inflorescences
<i>Acer monspessulanum</i> L.		19,7		19,0	
<i>Cistus monspeliensis</i> L.		22,7	19,9	18,9	
<i>Clematis flammula</i> L.		19,0			
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.		19,1 - 20,0			
<i>Juniperus oxycedrus</i> L.		21,5			
<i>Lavandula stoechas</i> L.		21,0			
<i>Lonicera estruca</i> Santi		19,0			
<i>Lonicera implexa</i> Aiton		19,0	18,8 - 19,7	18,9	
<i>Phillyrea angustifolia</i> L.		21,7			
<i>Pinus halepensis</i> Mill.		21,9	22,4 - 22,6	21,5	20,4
<i>Pistacia lentiscus</i> L.			20,5 - 20,6		19,9
<i>Pistacia terebinthus</i> L.		19,6			20,1
<i>Prunus spinosa</i> L.		19,5			
<i>Quercus coccifera</i> L.		18,7	19,5 - 20,2		19,6
<i>Quercus Ilex</i> L.	18,7	20,0 - 20,6	19,6 - 20,7	17,9-19,3	
<i>Rosmarinus officinalis</i> L.		22,9	22,8		
<i>Ruscus aculeatus</i> L.	21,5	19,2 - 21,3			
<i>Smilax aspera</i> L.			20,6	20,0	
<i>Viburnum tinus</i> L.		20,9	20,4 - 21,3	18,8-19,4	21,3 - 22,7
Moyenne	20,1	20,4	20,7	19,4	20,4

POUVOIR CALORIFIQUE SUPERIEUR DE DIFFERENTES ESPECES MEDITERRANEENNES  
(en kJ par gramme de matière sèche)

Or, on admet généralement que le P C I et le P C S sont liés par la relation  $P C I = P C S - 300$ . Le P C I anhydre moyen peut donc être pris égal à 4500 th/t.

A 50% d'humidité, le P C I devient égal à  $4500 \cdot \frac{100-50}{100} - 6 \times 50 = 1950$  th/t. Il est prévu d'utiliser le broyat à l'état vert dans les chaudières. En supposant toutefois qu'un séchage rapide est effectué de façon à ramener le combustible à 30% d'humidité, le P C I augmente pour atteindre la valeur :

$$4\ 500 \cdot \frac{100-30}{100} - 6 \times 30 = 2\ 970 \text{ th/t.}$$

Pour arriver à ce degré de siccité, le combustible a perdu 286 kg d'eau par tonne de matériau frais. Le P C I, ramené à la "tonne de départ" est donc :

$$2\ 970 \times (1 - 0,286) = 2\ 120 \text{ th/t.}$$

Avec un temps de séchage plus long on pourrait atteindre la valeur maximale de 2 200 th/t. Cette option n'est a priori pas souhaitable car le faible gain obtenu sur le P C I serait largement annulé, d'une part, par les frais provoqués par l'immobilisation de la matière et les ruptures de charges inévitables, d'autre part, par les pertes de matière sèche dues aux fermentations se développant pendant le stockage en tas.

Il est donc raisonnable d'adopter une valeur moyenne de 2 000 th/t. comme pouvoir calorifique moyen des broussailles.

### 3) PRIX DE REVIENT DU BROYAT

Les 3 hypothèses de rendement retenues pour le broyeur "Scorpion" sont A = 3000 m<sup>2</sup>/jour, B = 5000 m<sup>2</sup>/jour et C = 10 000 m<sup>2</sup>/jour. Le prix de revient de la journée de fonctionnement est estimé à 4 025 F., chiffre assez voisin du coût réel et qu'il n'est de toute façon pas possible de mieux préciser pour l'instant.

Sur la base de 15 tonnes de biomasse par hectare, le prix de revient du broyat bord de piste s'élève donc à :

$$A = 895 \text{ F./t, } B = 537 \text{ F./t } \text{ et } C = 268 \text{ F./t.}$$

Le coût du transport à 60 km est évalué à 25 F./m<sup>3</sup>, soit environ 100 F./tonne; ce coût paraît quelque peu sous-estimé car de nombreux facteurs viennent alourdir les charges habituelles parmi lesquelles on peut citer :

- l'éloignement entre le lieu de stationnement des véhicules et le chantier de récolte;
- les vitesses lentes inévitables sur les routes des régions accidentées;

.../...

- la difficulté d'accéder au chantier sur les pistes forestières et l'impossibilité d'employer de gros porteurs;
- l'immobilisation des véhicules ou de conteneurs pendant la récolte;
- la possibilité d'avoir un véhicule partiellement chargé en fin de journée.

L'interrogation d'entreprises pratiquant actuellement ce type de transport montre qu'un coût de 150 F./tonne est plus proche de la réalité.

Par ailleurs, l'hétérogénéité des copeaux produits par l'appareil est très élevée : on note une forte proportion d'éclats atteignant, voire dépassant 20 cm de longueur. Ces "queues de déchiquetage" sont pour l'instant rédhibitoires pour une utilisation dans les chaudières traditionnelles, notamment celles qui sont déjà installées. Si on peut espérer que ce problème soit résolu dans l'avenir, il paraît nécessaire de prévoir pour le moment un deuxième broyage, à poste fixe. Le coût de cet affinage peut être grossièrement estimé, pour de très grandes quantités, à environ 80 F./t.

Au total, dans les 3 hypothèses, le prix de revient du broyat rendu chaudière est de A = 1 125 F./t, B = 767 F./t. et C = 498 F./t.

#### 4) PRIX DE REVIENT DE LA THERMIE "MAQUIS"

Compte tenu des résultats précédents, et en supposant que les copeaux sont brûlés dans une chaudière dont le rendement est de 75%, le prix de revient de la thermie "utile" est, selon les hypothèses, A = 0,75 F./th, B = 0,51 F./th et C = 0,33 F./th.

Pour juger de l'opportunité de substituer les broussailles au fioul, on ne peut raisonner que sur des exemples. Prenons un cas réel favorable, celui d'un serriste chauffant ses installations au fioul domestique (F.O.D.). Supposons qu'il en utilise actuellement 100 m<sup>3</sup> par an au prix de 2 800 F./m<sup>3</sup> avec un P.C.I. de 8 500 th/m<sup>3</sup> et un rendement de chaudière de 85%. Ses besoins en énergie utile sont donc de 722 500 th/an, soit 482 t. de broyat par an. S'il doit renouveler sa chaudière à l'identique il dépensera environ 300 000 F. S'il la remplace par une chaudière à bois à alimentation automatique, il dépensera près de 600 000 F. avec tous les équipements annexes indispensables (silos, systèmes d'amenée, etc.). On peut penser que, compte tenu de l'incertitude régnant sur le prix des différents combustibles, il n'optera pour la deuxième solution que s'il peut amortir très rapidement son matériel. S'il décide d'amortir le surcoût en 3 ans, c'est-à-dire de ne faire des économies qu'à partir de la 4ème année, le

.../...

prix maximum de la tonne auquel il peut consentir - en supposant pour simplifier qu'il n'ait pas de frais financiers et que la dérive des prix soit la même pour tous les produits - est de :

$$\frac{100 \times 2\,800 - \frac{300\,000}{3}}{482} = 373 \text{ F./t.}$$

Dans cet exemple, on constate qu'aucune des hypothèses ne permet de fournir le combustible à un prix compétitif.

##### 5) PRIX DE REVIENT DU DÉBROUSSAILLEMENT AVEC RECUPERATION

Si l'utilisation du Scorpion ne semble pas permettre de réaliser une opération rentable, elle peut toutefois diminuer le coût du débroussaillage par la revente des produits.

En effet, en supposant que le broyat est cédé au prix déterminé dans l'exemple précédent et en se plaçant dans l'hypothèse d'un rendement de 10 000 m<sup>3</sup> par jour, le coût du débroussaillage est de 498-373 = 125 F./tonne, soit 1875 F./ha.

A cela il faut ajouter une somme d'environ 3 000 F./ha pour couvrir les travaux de finition : élagage des arbres, dégagement de leur pied, broyage ou incinération des rémanents, etc. On doit enfin ne pas oublier les frais généraux et le bénéfice de l'entreprise possédant le matériel, que l'on peut globalement estimer à (4000 + 3000) x 0,25 = 1750 F./ha.

Le coût du débroussaillage avec récupération s'élève donc, dans l'hypothèse la plus favorable, à 1875 + 3000 + 1750 = 6625 F./ha., soit un niveau sensiblement équivalent à celui d'un débroussaillage traditionnel avec chenillard et girobroyeur.

##### 6) CONCLUSION

Les conclusions des remarques précédentes ne laissent pas envisager de façon prometteuse l'utilisation du "Scorpion". Elles sont toutefois loin de condamner définitivement la possibilité de récolte de biomasse des forêts méditerranéennes à des fins énergétiques. Il faut simplement en déduire que les avantages financiers d'une telle opération ne sont pas établis à l'heure actuelle et qu'une expérimentation en vraie grandeur, avec le prototype existant, est nécessaire pour préciser toutes les données du problème et aboutir à des conclusions solides. Quelques semaines à quelques mois paraissent suffire pour arriver à un tel résultat.

Sans anticiper sur les conclusions d'une telle expérimentation, on peut penser que seules les situations les plus favorables aboutiront à un solde positif; il est probable que la récupération ne pourra se faire que dans les zones de maquis denses, voire de taillis, parfois en limite des zones habituellement débroussaillées. Il est en outre important de ne pas perdre de vue le bilan énergétique de l'opération. En effet, un calcul simple montre dès à présent que, sans compter la part due à l'affinage et au transport, la seule dépense d'énergie lors de la récolte représente selon les hypothèses 10 à 30% de l'énergie utile contenue dans les copeaux.

Daniel ALEXANDRIAN  
Ingénieur civil des Forêts.