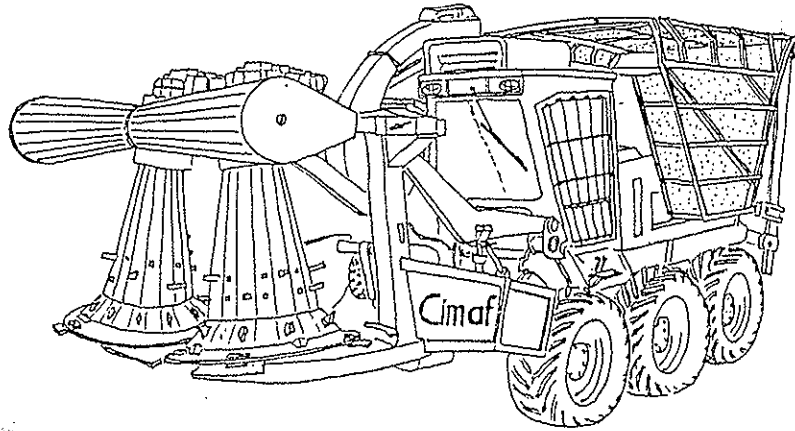


958B .

Etude commandée et financée par le Fonds Régional de Maîtrise de l'Energie (FRME) .
dans le cadre de la convention n° 15 - 84 du 02 mai 1984 .



VALORISATION ENERGETIQUE DE LA BIOMASSE DES MAQUIS

- A - Etude expérimentale de la mobilisation de la ressource par le prototype récolteur "SCORPION 02" en forêt domaniale de Coti-Chiavari (Corse-du-Sud) . (déc.1984).
- B - Aspects plus généraux : pouvoir calorifique de la biomasse des maquis corses, impact écologique de leur exploitation . (janvier 1985) .

Etude réalisée par

M. Louis AMANDIER

phyto-écologue, ingénieur-conseil
en aménagement agro-sylvo-pastoral
expert forestier agréé

**VALORISATION ENERGETIQUE DE LA BIOMASSE
DU MAQUIS EN CORSE**

- S O M M A I R E -

page

INTRODUCTION

3

A . P R E M I E R E P A R T I ELA MOBILISATION DE LA RESSOURCEASPECTS TECHNICO - ECONOMIQUES

I. DESCRIPTION SOMMAIRE DU PROTOTYPE	8
II. DESCRIPTION SOMMAIRE DU CHANTIER DE COTI	8
III. DEROULEMENT DE LA CAMPAGNE	9
IV. ETUDE DES PERFORMANCES DU "SCORPION 02"	9
1. Méthode d'étude	9
2. Définition du temps de travail effectif	10
3. Variation du rendement en fonction de la quantité de biomasse à récolter	11
4. Influence de la pente sur le rendement	13
5. Influence de la densité des arbres à préserver	13
6. Aperçu des performances du "scorpion 02" en gyrobroyage	14
7. Conclusion : champ d'application et performances du "scorpion 02"	15
V. CARACTERISTIQUES DU BROyat RECOLTE PAR LE "SCORPION 02"	16
1. Méthode d'étude : échantillonnage	16
2. Caractéristiques granulométriques	16
3. Humidité et teneur en cendres	17
4. Pouvoir calorifique du broyat de maquis	17
5. Conservation du broyat	19
6. Masse volumique du broyat	19
VI. CARACTERISTIQUES ENERGETIQUES DE LA BIOMASSE DES MAQUIS DE COTI - CHIAVARI	20
VII. APPRECIATION ECONOMIQUE DE LA RECOLTE DE BIOMASSE - COMPARAISON AU GYROBROYAGE	21
VIII. ASPECTS TECHNICO - ECONOMIQUES DE LA MOBILISATION DE LA BIOMASSE DES MAQUIS	21
IX. RECOLTE DE BIOMASSE ET MISE EN VALEUR AGRO - SYLVO - PASTORALE DU TERRITOIRE	24
X. CONCLUSION DE LA PREMIERE PARTIE	26

B . <u>DEUXIEME PARTIE</u>	<u>ASPECTS GENERAUX</u>	
I. CONTRIBUTION A LA CONNAISSANCE DE LA VALEUR ENERGETIQUE DES MAQUIS EN CORSE		27
1. Introduction		27
2. Collecte des échantillons		27
3. Résultats d'analyses		27
4. De l'espèce à la formation végétale essai de synthèse		29
5. Commentaires		
II. IMPACT ECOLOGIQUE DES RECOLTES DE BIOMASSE		33
1. Introduction		33
2. Détermination des prélèvements sur l'écosystème		33
3. Evaluation des réserves des sols		36
4. Comparaison entre l'offre et la demande en minéraux		40
5. Conséquences pratiques		40
6. Impact comparé des autres techniques		41
III. CONCLUSION		42
C . <u>BIBLIOGRAPHIE</u>		43

VALORISATION ENERGETIQUE DE LA BIOMASSE DU MAQUIS EN CORSE

INTRODUCTION

Au début de l'année 1983, l'Assemblée Régionale Corse prenait l'initiative de provoquer une large concertation de techniciens, de socio-professionnels, d'élus, d'associations, etc. pour débattre du problème crucial de l'Energie pour la Corse de demain. Ces Assises Régionales de l'Energie ont réalisé un état des consommations ainsi qu'un inventaire des ressources insulaires et des principales filières de valorisation, document destiné à fournir la matière d'un grand débat politique - au sens large du terme - devant aboutir à l'élaboration d'un **plan énergétique régional**, véritable outil de développement pour la Corse.

Ces travaux montrent qu'à côté d'abondantes ressources hydrauliques, solaires et éoliennes, la Corse dispose d'un énorme "gisement" en **biomasse** d'origine forestière, de plus de 140 000 TEP (tonnes équivalent pétrole) produites chaque année. Bien que cette ressource ne soit pas partout mobilisable dans des conditions acceptables de rentabilité, l'importance de ce chiffre ne peut laisser les responsables indifférents, quels que soient les partis pris d'ordre idéologique.

Contrairement à ce que pourraient laisser entendre les mots, la **biomasse** n'est pas une énergie nouvelle ; c'est même probablement la plus ancienne que l'homme ait domestiquée, et c'est celle qui est encore la plus utilisée dans les pays non industrialisés. Dans nos pays, l'emploi de **bois de chauffage** était très répandu ; il a considérablement régressé au cours des trente dernières années, au profit d'énergies concurrentes bon marché, telles que le mazout ou le gaz. Les "chocs pétroliers" successifs ont provoqué une augmentation considérable du coût de ces énergies et ont montré la fragilité d'une économie trop dépendante de ses importations. Le bois qui n'était plus guère utilisé que dans les campagnes attardées ou dans les cheminées d'agrément des résidences secondaires, connaît un regain de faveur. Son coût se rapproche de celui des autres énergies, et il présente l'avantage d'être une ressource nationale, indépendante des vicissitudes du cours du dollar ; c'est une énergie **renouvelable** - sous réserve de précautions élémentaires de gestion - qui durera autant que celle du soleil qui est à son origine par le processus de la photosynthèse.

Actuellement en Corse, le bois de chauffage est généralement récolté dans les taillis de Chêne vert par abattage à la tronçonneuse et façonnage en bûches. Seuls les bois "forts", d'un diamètre supérieur à sept centimètres sont correctement valorisés ; les branches et les feuillages sont abandonnés sur les parcelles.

Cette exploitation traditionnelle, très coûteuse en main d'œuvre, n'est heureusement pas la seule filière possible ; d'ailleurs, le gisement de biomasse dépasse très largement la seule forêt de Chêne vert. Après l'abandon culturel du début de ce siècle, la forêt a bien tenté de conquérir les espaces vacants, mais elle a été, en beaucoup de régions, contrariée par les incendies - d'origine pastorale généralement - qui ont maintenu la couverture végétale au stade des ligneux bas du **maquis**. Ces formations très étendues représentent une biomasse considérable - plus de la moitié des TEP citées plus haut - qui ne peut être mobilisée par récolte manuelle. Les bois sont trop petits, ou bien trop dispersés au sein de branchages, de lianes, d'épineux, etc.

Depuis quelques mois une société industrielle de l'est de la France : la CIMAF (construction et innovation de machines agricoles et forestières) a mis au point un prototype d'engin récolteur-broyeur-transporteur de biomasse, le **SCORPION 02** . Par ailleurs les constructeurs de chaudières fabriquent actuellement des matériels capables de brûler un combustible hétérogène et relativement humide . Ces chaudières à alimentation automatique sont bien adaptées aux chauffages collectifs de moyenne ou grande dimension .

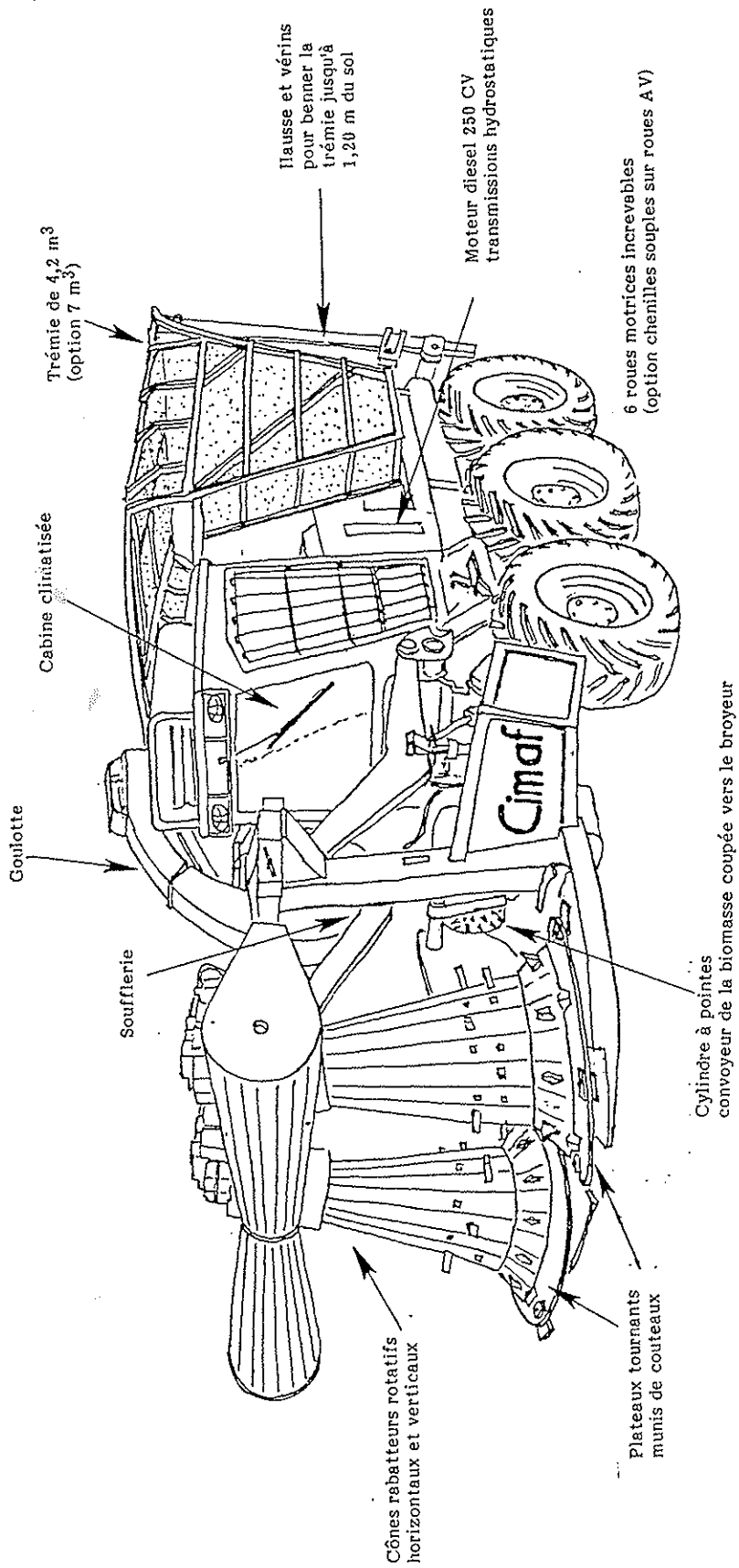
Conscientes de l'importance de l'enjeu économique, les Instances Nationales au travers de l'AFME (agence française pour la maîtrise de l'énergie) associées à la Région Corse au sein d'un **Fonds Régional de Maîtrise de l'Energie**, ont décidé de financer une campagne d'essai du prototype "scorpion" en Corse .

Une convention fut passée avec la CIMAF et un terrain d'expérience fut choisi en forêt domaniale de Coti-Chiavari, en rive sud du golfe d'Ajaccio . L'ONF (office national des forêts) et la DDA (direction départementale de l'agriculture) de Corse-du-Sud ont prêté leur concours technique pour assurer un suivi permanent de l'engin durant la campagne . Un expert forestier indépendant, M. Louis AMANDIER, a été désigné pour rédiger un rapport de synthèse sur la mobilisation de la ressource par le "scorpion" .

Le lecteur trouvera tous les détails de la campagne relatés dans le **compte-rendu d'expérimentation du scorpion 02**, rédigé par le service forestier de la DDA de Corse-du-Sud .

La première partie de ce rapport reprend les grandes lignes de ce compte-rendu, en prenant du recul par rapport aux circonstances conjoncturelles du déroulement du chantier ; elle comprend également une étude du produit récolté par le "scorpion", et de ses caractéristiques en tant que combustible .

La seconde partie aborde des aspects plus généraux : caractérisation de la biomasse des maquis, impact de sa mobilisation sur les écosystèmes, intérêt pour l'aménagement du territoire .



LE PROTOTYPE " SCORPION 02 " EQUIPE DE LA TETE DE RECOLTE DE BIOMASSE

6

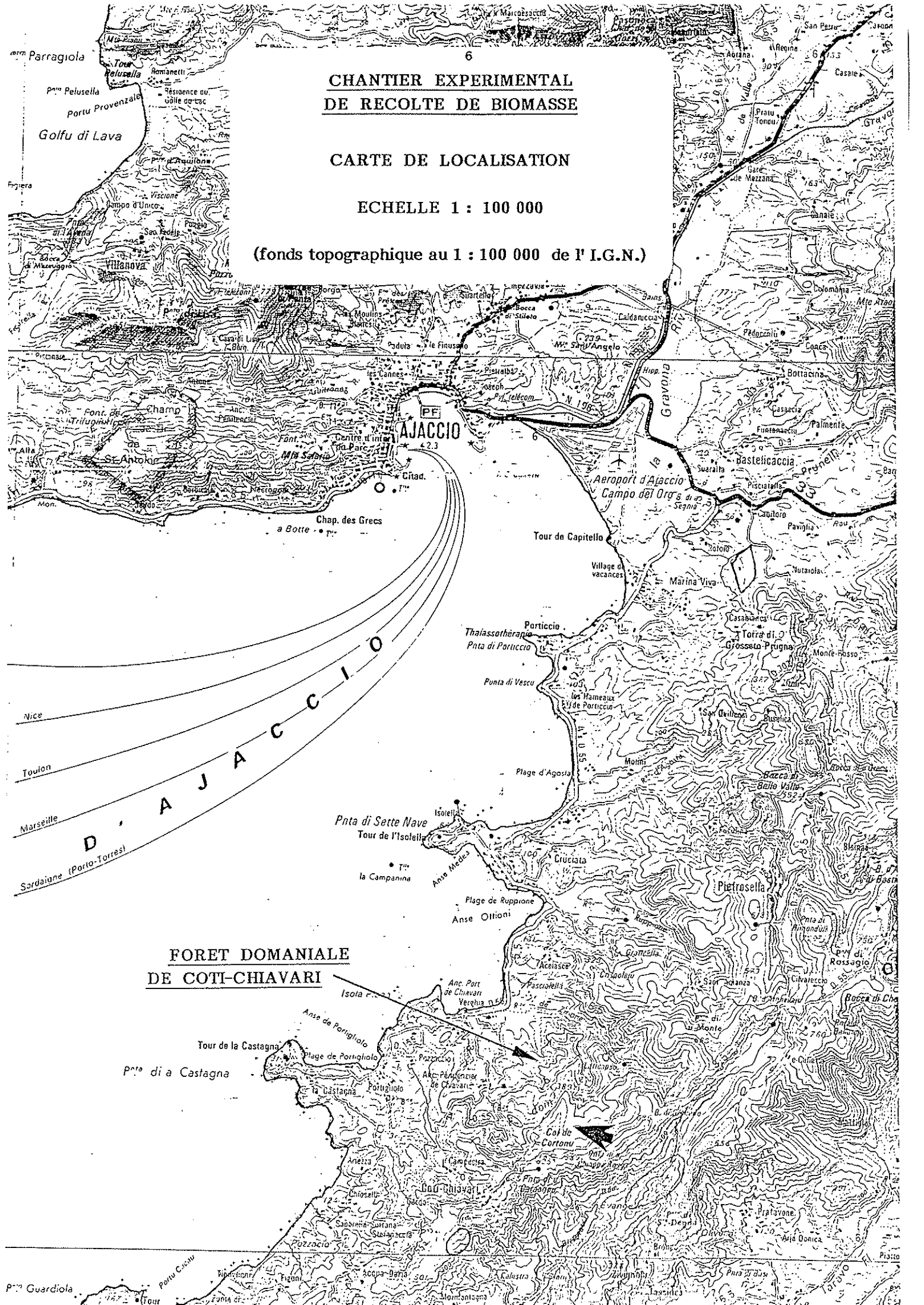
**CHANTIER EXPERIMENTAL
DE RECOLTE DE BIOMASSE**

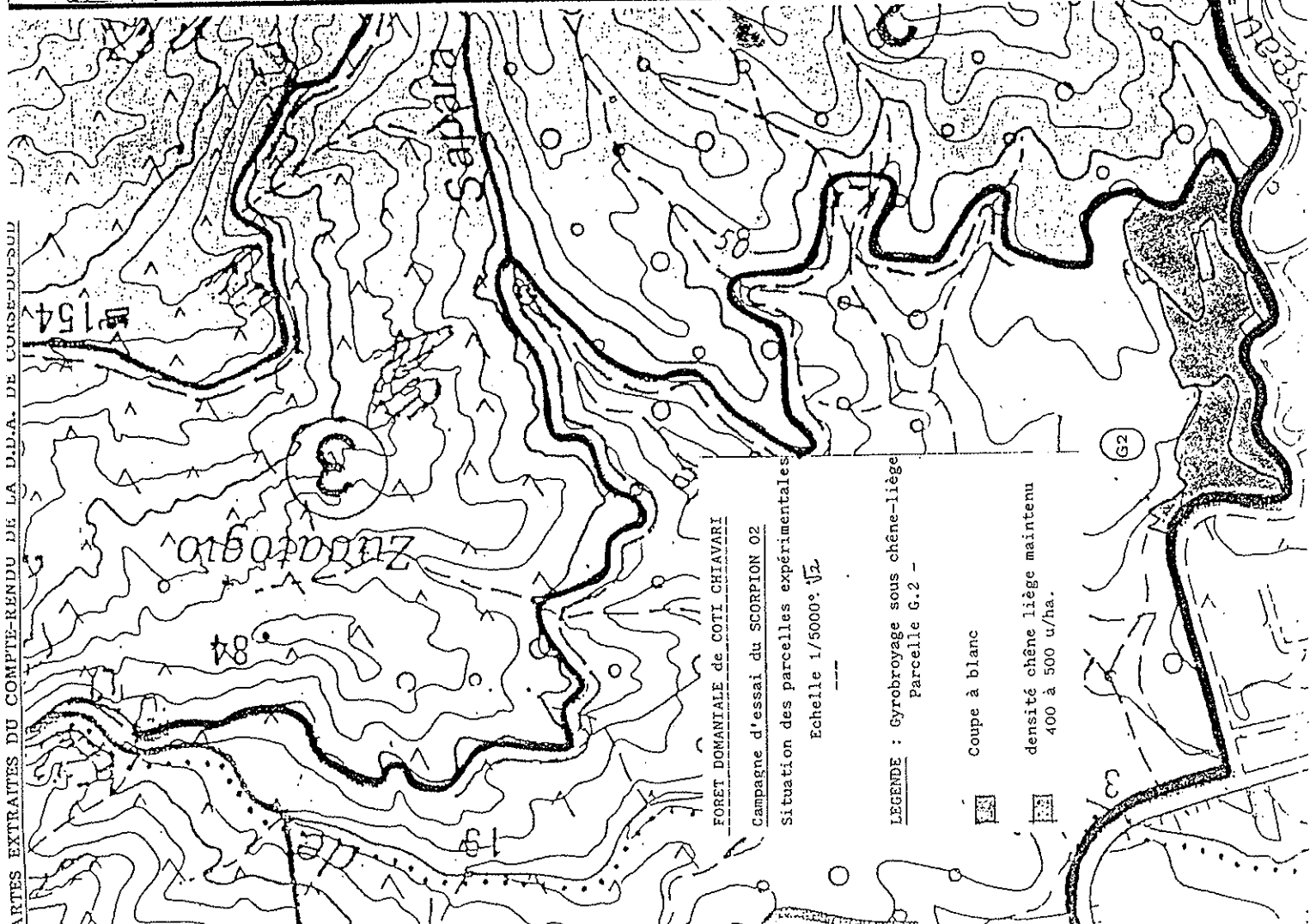
CARTE DE LOCALISATION

ECHELLE 1 : 100 000

(fonds topographique au 1 : 100 000 de l'I.G.N.)

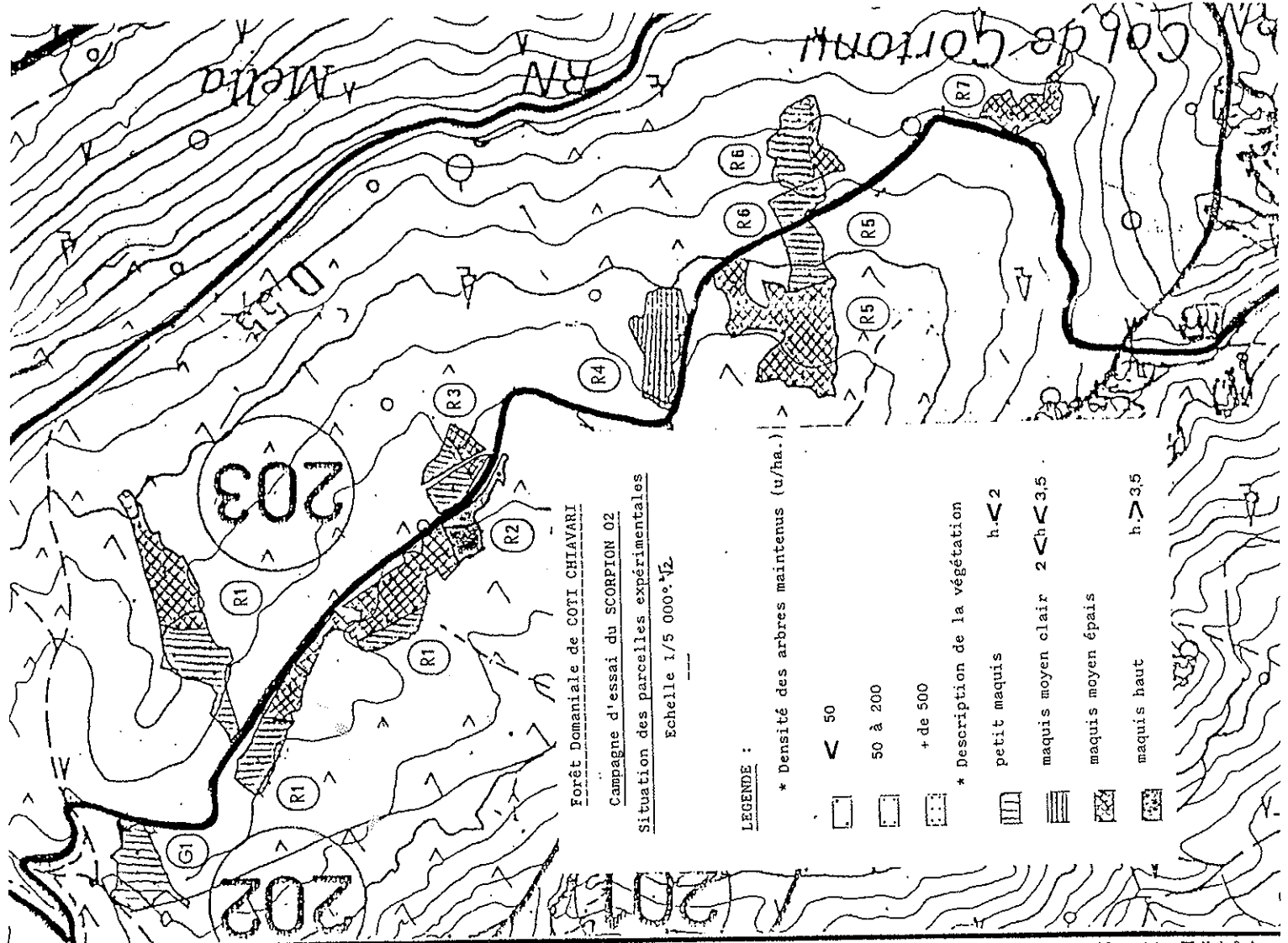
**FORET DOMANIALE
DE COTTI-CHIAVARI**





FORÊT DOMANIALE de COTI CHIAVARI
 Campagne d'essai du SCORPION 02
 Situation des parcelles expérimentales
 Echelle 1/5000^e 1/2

LEGENDE :
 Gyrobroyage sous chêne-liège
 Parcelle G.2 -
 Coupe à blanc
 densité chêne liège maintenu
 400 à 500 u/ha.



Forêt Domaniale de COTI CHIAVARI
 Campagne d'essai du SCORPION 02
 Situation des parcelles expérimentales
 Echelle 1/5 000^e 1/2

LEGENDE :
 * Densité des arbres maintenus (u/ha.)
 < 50
 50 à 200
 + de 500
 * Description de la végétation
 petit maquis h < 2
 maquis moyen clair 2 < h < 3,5
 maquis moyen épais
 maquis haut h > 3,5

I. DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ENGIN "SCORPION 02"

Le "scorpion" est une centrale hydrostatique de forte puissance (240 CV) munie de trois paires de roues motrices équipées de pneumatiques increvables. L'engin peut manœuvrer sur des pentes allant jusqu'à 50 % et sa maniabilité est très grande : transmissions hydrostatiques, possibilité de tourner sur sa longueur, bonne visibilité pour le chauffeur ... Des chenilles souples de type "débardage" peuvent équiper les deux premiers essieux pour améliorer la portance sur sol mouilleux.

Ce porteur polyvalent peut recevoir en position frontale toute une gamme d'outils forestiers. Parmi ceux-ci citons un gyrobroyeur lourd à axe vertical très performant, et surtout - et c'est là une "première mondiale" - une **tête récolteuse de biomasse** capable de couper et de broyer des troncs de plus de 20 cm de diamètre. Cette tête est composée de deux disques équipés de couteaux tournant à grande vitesse, surmontés de deux cônes rotatifs ; ces cônes rabattent la végétation vers un tambour qui l'introduit dans une coupeuse qui produit les copeaux ; ceux-ci sont alors convoyés par une soufflerie dans une trémie de 4,2 m³ située au dessus du porteur. La trémie peut déverser son chargement jusqu'à 4 m de hauteur. Cette trémie de faible encombrement permet à l'engin d'évoluer en sous-bois ; il existe d'autres modèles plus contenant adaptés à d'autres types de chantiers.

Les caractéristiques données ci-après sont celles du prototype qui a travaillé en Corse ; il est vraisemblable que les engins de pré-série qui seront fabriqués ultérieurement seront quelque peu modifiés pour tenir compte des critiques et des points faibles décelés sur le prototype. Citons notamment un allègement assez conséquent du poids qui est d'ores et déjà envisagé.

Caractéristiques techniques	"scorpion 02" porteur seul	"scorpion 02" + gyrobroyeur	"scorpion 02" + tête récolteuse
largeur	2,15 m	2,15 m	2,35 m
longueur	4,30 m	6,50 m	7,00 m
hauteur	2,70 m	2,70 m	3,00 m
poids	7,5 tonnes	9,0 tonnes	13,0 tonnes
pente maxi en travail effectif		35 %	45 %

Abstraction faite de ces informations techniques objectives, l'engin produit chez l'observateur une forte impression de robustesse et de fiabilité, comparable à celle ressentie devant les gros engins de terrassement.

II. DESCRIPTION SOMMAIRE DU CHANTIER EXPERIMENTAL

Le chantier est situé en forêt domaniale de Coti-Chiavari à une quarantaine de km au sud d'Ajaccio, à 450 m d'altitude environ, sur un vaste replat granitique globalement exposé au nord ; les groupements végétaux appartiennent aux étages de végétation mésoméditerranéens moyen (Chêne-liège, Lentisque) et supérieur (Chêne vert, Arbousier), selon le degré d'ensoleillement. Il s'agit de maquis de Bruyère arborescente et d'Arbousier, parsemés par endroit de Chêne vert et de Pin mésogéen, ainsi que d'un peuplement assez homogène de Pins.

Les parcelles d'expérience ont été choisies pour offrir le meilleur échantillon des principales contraintes rencontrées dans la récolte de biomasse : volume de végétation, densité des arbres à préserver, pente, etc.

Les parcelles sont situées le long d'une piste forestière, pour faciliter l'accès des engins et des observateurs . Bien que toutes les combinaisons de contraintes n'aient pu se rencontrer sur ce petit espace, ce site a présenté beaucoup d'avantages pratiques : maîtrise foncière grâce à la collaboration de l'ONF, proximité d'Ajaccio, végétation très représentative du maquis corse susceptible d'être valorisé en biomasse-énergie, possibilité de travailler dans des peuplements résineux constitués, etc.

Ci-contre : carte de situation, cartographie des parcelles et fiche descriptive extraites du **compte-rendu** de la DDA .

III . DEROULEMENT DE LA CAMPAGNE

L'essai s'est déroulé sur deux périodes entre lesquelles certaines modifications ont été apportées au prototype : mise en place de chenilles souples sur les deux premiers trains de roues, adaptation de béquilles pour faciliter le démontage de la tête de récupération, changement de certains diviseurs de débit défectueux ...

Première période : du 6 au 26 janvier 1984

parcelles 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 ; conditions météo plutôt défavorables (pluie).
superficie traitée : 2 14 17 m² en 29 h 12 mn de travail effectif : 733 m²/h

Deuxième période (après modifications) : du 10 avril au 5 mai 1984

parcelles 1 bis - 1 ter - 5 bis - 6 bis - 7 ; conditions assez bonnes
superficie traitée : 3 96 82 m² en 50 h 27 mn de travail effectif : 787 m²/h

NB. Si l'on tient compte des temps de transport jusqu'au tas de vidange, enregistrés durant la première période seulement, la superficie moyenne traitée en une heure devient sensiblement identique sur les deux périodes soit environ 790 m² pour ce type de chantier .

IV . ETUDE DES PERFORMANCES DU " SCORPION 02 "

1 . Méthode d'étude

Sur les parcelles préalablement décrites, l'engin a évolué en récoltant la biomasse . Durant la première période, une fois la trémie remplie, il transportait le broyat jusqu'à un camion en bord de piste ou bien allait benner sur un tas en bord de piste . Durant la seconde période, le "scorpion" vidangeait sa benne pratiquement sur place, simulant ainsi le remplissage d'un engin transporteur forestier qui le suivrait sur le front de coupe .

Les techniciens de la DDA et de l'ONF se sont relayés en permanence pour observer l'engin et pour noter toutes les activités du chantier ; chaque opération élémentaire était soigneusement chronométrée . Les techniciens ont noté le nombre de bennes récoltées sur chaque parcelle, et mesuré a posteriori les superficies correspondantes . Les temps d'arrêt étaient également chronométrés et justifiés .

Les quelques camions qui ont été chargés de broyat sur le chantier sont descendus à Ajaccio pour être pesés au pont-bascule, ceci pour appréhender la masse volumique du produit .

2 . Définition du temps de travail effectif

Sur 8 h de travail du chauffeur et de l'engin, il n'y a pas 8 h de récolte de biomasse . Il convient de déduire les temps d'arrêt obligatoires et les temps de déplacement de l'engin à vide ou à plein .

2.1 - Arrêts obligatoires

Plein de carburant

Le réservoir du "scorpion 02" contient 170 l de gazole, mais la capacité utile n'excède pas 130 l, soit pour une consommation de 27 l/h, une autonomie de 4 h 15 mn, équivalent d'une bonne demi-journée . 15 à 20 mn sont nécessaires pour faire le plein .

Entretien courant

Il s'agit du graissage, du nettoyage, du remplacement de certaines pièces d'usure . Le temps d'environ une demi-heure par jour pourrait être réduit par une meilleure accessibilité des organes les plus fréquemment visités .

Incidents courants

L'étude précise de la DDA donne une moyenne d'une demi-heure par jour consacrée au débouillage de la soufflerie, aux branches coincées dans les flexibles hydrauliques, à la remise en route des couteaux après un choc sur une pierre, etc. Sur le modèle de pré-série, ces problèmes seront en grande partie résolus : soufflerie différemment conçue, flexibles moins nombreux et mieux protégés . . .

Conclusion

Bien que la plupart de ces temps d'arrêt soient compressibles par une meilleure conception ou finition de l'engin, il n'est guère probable que celui-ci puisse travailler plus de 7 h/jour . Cette performance exprime cependant un degré de fiabilité jusque là inégalé sur la plupart des engins de débroussaillage .

2.2 - Temps de déplacement hors coupe

Sur un grand nombre de mesures, les techniciens ont établi la relation :

$$\log t = 1,095 \log d - 3,279$$

t = temps de déplacement en h ; d = distance parcourue ; coef. de corrélation = 0,77

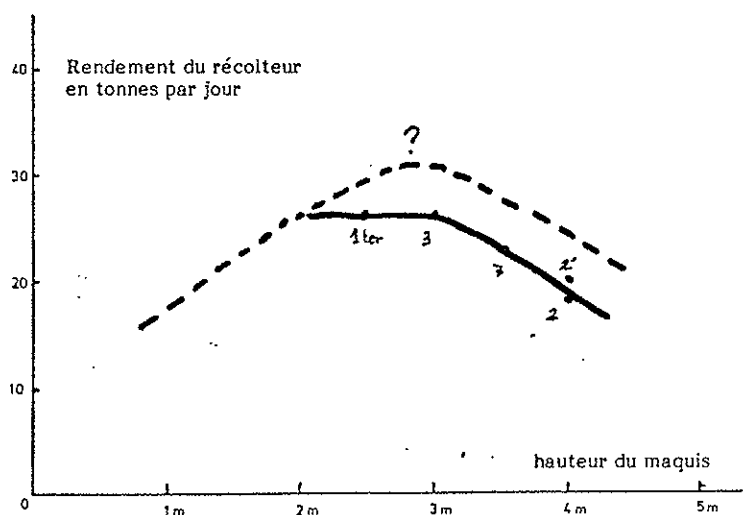
La réduction du temps de déplacement permet d'augmenter le nombre de bennes récoltées par jour, toutefois, même dans l'hypothèse de la vidange immédiate dans un porteur forestier qui suivrait le "scorpion" sur la front de coupe, un temps d'environ 2 mn restera nécessaire pour bien positionner la trémie au-dessus de la benne réceptrice .

2.3 - Temps de récolte et temps de travail effectif

Pour appréhender les rendements journaliers (sur 7 heures), il convient donc de rajouter au temps de récolte stricto sensu, environ 6 % pour incidents courants, plus deux minutes par cycle pour le déplacement court . Toutes les mesures données dans les tableaux ci-après seront ainsi corrigées pour devenir comparables entre elles .

3 . Variation du rendement en fonction de la quantité de biomasse à récolter

Le tableau ci-contre montre l'influence de ce paramètre sur des parcelles choisies pour l'homogénéité des autres contraintes : pente faible, peu d'arbres à contourner . Remarquons que la baisse de rendement en MAP est en partie compensée par une densité plus grande du produit, liée à la plus grande proportion de bois dans les hauts maquis .



- Courbe en trait plein = résultat des observations (Cf. tableau)
- Courbe en pointillé = simulation théorique .

La partie ascendante de la courbe montre que dans les petits maquis le rendement décroît, car l'engin ne peut travailler au maximum de la capacité de la tête récolteuse . C'est alors la vitesse d'avancement maximale permise par la topographie et par le microrelief qui limite le rendement .

Le palier sur la courbe en plein traduit la saturation de la tête récolteuse . L'engin diminue sa vitesse pour maintenir la tête au maximum de sa capacité, de l'ordre de 26 t/jour pour le prototype étudié .

La partie descendante montre une baisse de rendement provoqués par le "bourrage" de la soufflerie ainsi que par des manœuvres "improductives" de l'engin, pour se positionner face à des gros troncs à "avalier", ou bien pour éviter des arbres à préserver .

La saturation de la tête de récolte est causée, non pas par une insuffisance du broyeur lui-même mais par une mauvaise conception de la soufflerie ; le constructeur y a remédié après la campagne d'essais . Le rendement pourrait alors atteindre et même dépasser les 30 t/jour .

Ces courbes mériteraient d'être confrontées à d'autres résultats d'essais, en vraie grandeur, du "scorpion" amélioré .

Le constructeur nous a communiqué un chiffre de 45 t/jour obtenu en Provence durant l'été 1984, après amélioration de l'engin et rationalisation de la technique de récolte .

Référ. parcelles	hauteur du maquis	tonnes /ha (1)	durée broyage (1)	durée arrêts (1)	durée cycle (2)	cycles /heure	nombre MAR/j (3)	den- sité (1)	tonnes /jour	ha /jour	heures /ha
1 ter	2,5 m	23,7 t	11 mn 58 s	7,5 %	14 mn 22 s	4,18	122,9	216	26,5	1,12	6 h 16 mn
3	3,0 m	43,2 t	15 mn 02 s	6,0 %	17 mn 26 s	3,44	101,1	258	26,1	0,60	11 h 35 mn
7	3,5 m	61,0 t	19 mn 58 s	10,0 %	23 mn 28 s	2,56	75,2	300	22,6	0,37	18 h 54 mn
2	4,0 m	72,9 t	30 mn 20 s	8,0 %	34 mn 16 s	1,75	51,4	358	18,4	0,25	27 h 44 mn
2'	simulation	"avec chenilles souples" : x 90 %			30 mn 50 s	1,95	57,0	358	20,4	0,28	25 h 01 mn

(1) données extraites du rapport DDA (2) = broyage + % arrêt + 90 s pour déplacement bref (3) mètre cube apparent

Variation du rendement du récolteur "scorpion" en fonction de l'importance de la biomasse à récolter
(en conditions topographiques favorables, peu d'arbres à contourner)

4 . Influence de la pente du terrain sur le rendement

L'influence de ce paramètre topographique a été étudiée sur la parcelle n° 7, la seule à présenter un gradient convenable .

PENTE	5 à 15 %	15 à 20 %	20 à 30 %
nombre de mesures	6	6	2
temps de broyage moyen	18 mn 25 s	20 mn 37 s	20 mn 41 s
durée corrigée du cycle	21 mn 45 s	24 mn 11 s	24 mn 15 s
nombre de cycles par jour	19,3	17,4	17,3
rendement en tonnes/jour	24,3 t	21,9 t	21,8 t

Si la topographie est régulière : absence de microrelief, et si les arbres à préserver sont peu nombreux, la pente influe assez peu sur le rendement jusqu'à 30 % ; au delà, les manœuvres nécessitant un positionnement en dévers ne sont pas très sûres, d'où l'obligation de travailler uniquement en descente .

La pente intervient surtout pour aggraver les autres contraintes, en rendant plus longues ou plus difficiles toutes les manœuvres nécessitées par les obstacles de toute nature : arbres à préserver, talus, rochers . . .

En conclusion, bien que l'engin puisse encore récolter à 30 % de pente, et même un peu au delà, la baisse du rendement devrait inciter à ne pas travailler dans ces conditions-limites, ceci pour des raisons plus économiques que techniques .

5 . Influence de la densité des arbres à préserver

DENSITE	50/ha	100/ha	500 à 800/ha
parcelles	1 ter	5 bis	4
durée du cycle	16 mn 19 s	20 mn 27 s	33 mn 27 s
nombre de cycles/jour	25,7	20,5	12,5
rendement en tonnes/jour	23,3 t	22,2 t	13,1 t

Il semble qu'au delà de 200 arbres/ha, le rendement diminue beaucoup ; le cheminement rationnel par bandes est fortement perturbé, au point de devenir un "grapillement" - si l'on désire laisser la parcelle bien nettoyée, comme c'est le cas dans notre essai . Une récolte partielle, sans chercher à s'approcher trop près des arbres semble alors la seule envisageable économiquement .

6 . Aperçu des performances du "scorpion 02" en gyrobroyage

La tête de récolte du "scorpion" peut être - en très peu de temps - déposée et remplacée par un gyrobroyeur lourd à axe vertical . Cet outil particulièrement robuste a été testé en vraie grandeur, sur plusieurs chantiers en Corse, adapté sur un précédent prototype, le "scorpion 01" . Ce gyrobroyeur peut être soulevé très haut par des vérins pour détruire les grosses touffes de Lentisque, Arbousier, etc. Les "couteaux" particulièrement lourds et massifs craignent assez peu les pierres de surface ; tout au plus s'usent-ils sur les plus durs granites .

Dans sa gamme de puissance, le "scorpion 02" équipé en gyrobroyeur, n'a pour concurrent potentiel que l'Hydro-Ax 720, un gros engin américain de 185 CV, moins maniable, inadapté aux pentes, et, de surcroît, 40 % plus cher !

Le "scorpion 02" gyrobroyeur travaille avec une vitesse étonnante - par comparaison avec les autres matériels existants, de puissance plus faible, tels que "mule mécanique", "Argelass", etc. Sa maniabilité est remarquable puisqu'il peut tourner pratiquement sur place , ce qui est très utile en sous-bois . Sous suberaie par exemple, il laisse les parcelles pratiquement "propres", réduisant au minimum les finitions manuelles . Equipé du gyrobroyeur, le "scorpion 02" peut travailler sur des pentes allant jusqu'à 45 % .

<u>Essai de Coti-Chiavari</u>	<u>parcelle G 1</u>	<u>parcelle G 2</u>
penne du terrain	faible	moyenne à forte (jusqu'à 45 %)
type de maquis	moyen Bruyère 2 m	moyen + grosses touffes d'Arbousier
densité des arbres	pas d'arbres	$\frac{1}{2}$ parcelle : pas d'arbres $\frac{1}{2}$ parcelle : suberaie claire
surface gyrobroyée	4408 m ²	27475 m ²
durée du travail	1 h 11 mn	14 h 48 mn
rendement /jour	2,6 ha	1,3 ha
coût unitaire (4900 F/jour)	1885 F/ha	3770 F/ha

Remarquons que les prix unitaires calculés ici sont compris entre la moitié et les deux tiers de ceux qui sont couramment pratiqués en gyrobroyage . Grâce à ses performances - et à sa grande fiabilité - le "scorpion" gyrobroyeur se montrera redoutable pour le maquis, et pour ... ses concurrents !

Son champ d'application est très étendu puisqu'il peut attaquer des maquis de plus de 4 m de hauteur, sur des pentes allant jusqu'à 45 %, éventuellement sous couvert forestier assez clair . Il n'est guère limité que par le franchissement de talus, de murettes ou de rochers . . .

Le gyrobroyage peut intervenir en complément de la récolte de biomasse pour achever de nettoyer des parcelles : tranche de pente de 30 à 45 %, tour des arbres en première finition . . .

**7 . Conclusion : champ d'application
et performances du "scorpion 02"**

	<u>"scorpion 02"</u> <u>récolteur de biomasse</u>	<u>"scorpion 02"</u> <u>gyrobroyeur</u>
diamètre coupé	< 20 cm	< 20 cm
hauteur du maquis	pas de limitation	pas de limitation
densité des arbres à préserver	< 200/ha (1)	< 700/ha (2)
pente du terrain	0 à 30 %	0 à 45 %
tolérance à la pierrosité de surface	faible (3) ?	bonne
tolérance au micro-relief	assez faible ?	assez bonne
performance en maquis moyen (2 m)	1,12 ha/jour (parcelle 1 ter)	2,6 ha/jour (x 2,3) (parcelle G 1)
biomasse récoltée (1 ter)	26,5 t/jour	néant
consommation de carburant	27 l/heure 170 l/ha	15 l/heure 40 l/ha
coût de l'investissement	1 500 000 F	1 100 000 F
coût journalier (4)	6500 F	4900 F
coût horaire /8 h	813 F	613 F

(1) seuil économique plus que technique, sinon < 500-700/ha .

(2) davantage si la répartition est régulière, boisement en lignes par exemple.

(3) la tête de récolte est munie d'un dispositif spécial pour éliminer, avant l'entrée dans le broyeur, les pierres éventuellement ramassées ; toutefois cette contrainte de pierrosité n'a pu être sérieusement échantillonnée sur le chantier expérimental de Coti-Chiavari .

(4) prix de prestations d'entreprise, incluant frais généraux et bénéfice, calculé par les techniciens du Service Forestier de la DDA2A d'après le barème des charges d'emploi de la FNTP (fédération nationale des travaux publics) .

V. CARACTERISTIQUES DU BROyat RECOLTE PAR LE SCORPION 02

Il est fait mention de **broyat** plutôt que de **copeaux** ou de **plaquettes** pour exprimer toute l'hétérogénéité d'un produit composé de débris de bois, d'écorces et de feuilles ; en effet, c'est par l'abondance de ces feuilles issues d'une végétation méditerranéenne sempervirente que le produit se distingue des "**plaquettes forestières**" récoltées dans les régions non méditerranéennes, en période de repos végétatif d'une végétation caducifoliée .

1. Méthode d'étude - échantillonnage

La technique de l' **échantillonnage systématique** a été choisie pour conférer la meilleure représentativité possible à un nombre d'échantillons réduit au minimum en raison du coût très élevé des analyses .

Sur le tas de broyat sommairement aplani, un décamètre-ruban est tendu ; tous les 20 cm est prélevée une poignée de volume constant pour remplir un sac - échantillon, à raison de 25 poignées pour une longueur de 5 mètres .

Deux échantillons sont prélevés successivement sur chaque tas étudié . L'un est envoyé vers le laboratoire de Marseille chargé d'exécuter les analyses physiques, l'autre vers le laboratoire de la SOMIVAC à Bastia pour les analyses chimiques .

2. Caractéristiques granulométriques

Chaque échantillon récolté à cette fin a été trié manuellement dans une cuvette, en catégories de dimensions échelonnées de 5 cm en 5 cm ; chaque fraction était immédiatement pesée .

% pondéral (sur brut)	< 5 cm*	> 5 cm*	>10 cm	>15 cm	>20 cm
Maquis moyen de Bruyère (parcelle 1)	87,88 %	12,12 %	4,60 %	0,92 %	0
Haut maquis d' Arbousier (2)	87,61 %	12,39 %	4,16 %	1,00 %	1,15 %
Moyen maquis de Bruyère + pins (3)	87,92 %	12,08 %	2,42 %	0,91 %	0
Moyen maquis en sous-bois de pins (4)	89,62 %	10,38 %	2,81 %	0	0
Soit en moyenne	88,00 %	12,00 %	3,50 %	1,00 %	0,20 %

* à la catégorie débris < 5 cm, ont été ajoutées les brindilles très fines ($\varnothing < 5$ mm), de dimension supérieure, généralement < 10 cm .

NB. Les débris > 15 cm sont rares, aussi convient-il devant le petit nombre des échantillons, de ne pas accorder une trop grande confiance aux chiffres notés dans les deux dernières colonnes du tableau .

En conclusion, le broyat récolté par le "scorpion 02" présente, malgré l'hétérogénéité de sa composition, de bonnes caractéristiques granulométriques ; 88 % du poids brut sont formés de débris < 5 cm, et les "queues de déchiquetage" sont très rares . Ce broyat devrait se prêter assez facilement à l'alimentation automatique de chaudières par vis sans fin . Ceci a d'ailleurs été vérifié lors de la démonstration de chaudière "agrobust" à Coti le 7-02-84 .

3. Humidité et teneur en cendres

Les échantillons ont été prélevés à l'intérieur du tas, quelques heures seulement après la récolte . Ils ont été aussitôt enfermés dans des sacs plastiques étanches ; de la buée se formait alors sur les parois intérieures des sacs . La prise en compte ou non, de cette eau mobile par l'un ou l'autre des deux laboratoires pourrait expliquer les quelques variations observées pour la mesure d'humidité effectuée "en double" . Dans le tableau ci-dessous, les chiffres donnés représentent la moyenne des deux mesures, pour chaque paire d'échantillons .

Type de maquis	E /brut	H /sec	Cendr/sec	Cendr/brut
Maquis moyen de Bruyère (parcelle 1)	36,1 %	56,5 %	2,13 %	1,36 %
Haut maquis d' Arbousier (2)	40,5 %	68,1 %	1,79 %	1,06 %
Moyen maquis de Bruyère + pins (3°)	40,1 %	66,9 %	1,45 %	0,87 %
Moyen maquis en sous-bois de pins (4)	42,7 %	74,5 %	2,55 %	1,46 %
Moyen maquis après un mois de tas (1)	37,2 %	59,2 %	1,52 %	0,95 %
Moyenne arrondie	40 %	66,6 %	1,9 %	1,1 %

Remarquons que les échantillons ont été prélevés en hiver, période où les végétaux connaissent un ralentissement sinon un arrêt de leur activité physiologique . Après la "montée de sève" du printemps, l'humidité doit très probablement augmenter ; toutefois c'est bien en hiver que les chaudières seront alimentées . . . La mesure paraît donc assez significative .

Compte tenu de l'abondance des pluies à l'époque de la récolte, et de l'hygrométrie atmosphérique très élevée, la physiologie des végétaux récoltés n'a pu, en aucun cas, subir l'effet d'un facteur limitant hydrique .

Cette forte humidité a sans doute contribué à empêcher tout séchage à l'air des tas de broyat : exemple du tas n°1 dont l'humidité a très peu varié au bout d'un mois de séjour sur la parcelle, hors abri .

4 . Pouvoir calorifique du broyat de maquis

Le pouvoir calorifique d'un combustible s'exprime en kilo-calories par kg (kcal/kg) ou bien en kilo-joules par kg (kJ/kg) ; 1 cal = 4,185 J . Il est mesuré à l'aide d'une bombe calorimétrique dans un laboratoire spécialisé .

Ces laboratoires mesurent le **pouvoir calorifique inférieur (PCI)** qui tient compte des pertes thermiques entraînées par l'eau de pyrolyse qui s'échappe en phase vapeur - cas le plus fréquent dans les utilisations classiques des combustibles ; ils donnent également le **pouvoir calorifique supérieur (PCS)** qui tient compte de la récupération de l'énergie de l'eau par condensation . Le PCS présente surtout un intérêt fondamental pour le chercheur qui étudie les bilans énergétiques des écosystèmes . Pour l'usager c'est donc le PCI qui définit la quantité de chaleur qu'il tirera d'un combustible pyrolysé dans un appareil de chauffage .

PCI et PCS varient en fonction de l'humidité selon les formules suivantes, selon que la teneur en eau est exprimée par rapport au poids brut (E) ou au poids sec, anhydre (H) .

$$P_e = P_o \times \frac{100 - E}{100} - 6 E$$

$$P_h = \frac{P_o - 6 H}{100 + H} \times 100$$

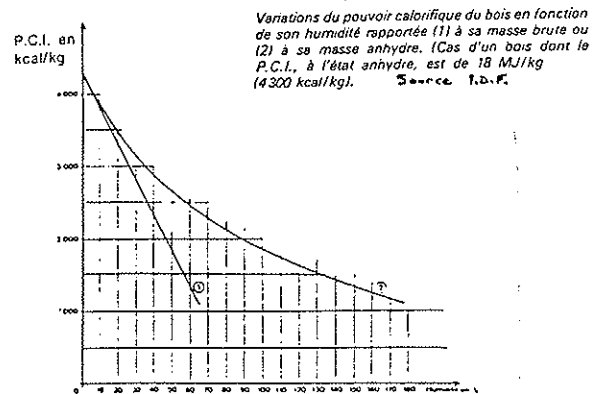
P_o = pouvoir calorifique du combustible anhydre

P_e = idem à l'état E (en kcal/kg)

P_h = idem à l'état H

E = humidité /brut

H = humidité /anhydre



Type de maquis	PCI/sec kJ/kg	PCI/brut kJ/kg	PCI/sec kcal/kg	PCI/brut kcal/kg
Maquis moyen de Bruyère (parcelle 1)	20063	12350	4794	2955
Haut maquis d' Arbousier (2)	18480	10360	4416	2478
Moyen maquis de Bruyère + pins	19191	10191	4586	2438
Moyen maquis en sous-bois de pins (4)	18915	10225	4520	2443
Moyen maquis après un mois de tas (1)	20309	11098	4853	2652
Moyenne des échantillons	19392	10845	4634	2593
Moyenne arrondie	19390	10850	4630	2590

Le chiffre de 4630 kcal/kg (PCI/sec) est compris entre 4400 donné pour les bois de feuillus, et 4700 donné pour les bois de résineux (ALEXANDRIAN et BINGGELI, 1984).

Remarquons que les techniques d'analyses comprennent une deshydratation des échantillons à l'étuve à 105-110 °C, qui doit éliminer toutes les essences volatiles - abondantes dans les végétations méditerranéennes - et qui, par conséquent, entraîne une sous-évaluation systématique des pouvoirs calorifiques, dans une proportion que nous ne pouvons actuellement déterminer.

Si l'on considère que le broyat ne sera pas brûlé immédiatement, et qu'il sera stocké en tas sous abri, une baisse de l'humidité E de 40 à 30 % entraînerait une augmentation du PCI, calculable à l'aide des formules citées plus haut.

	Humidité/brut E = 40 %	Humidité/brut E = 30 %
Pouvoir calorifique inférieur	10840 kJ/kg	12820 kJ/kg
du broyat de maquis (PCI/brut)	2590 kcal/kg	3060 kcal/kg

5. Conservation du broyat

Le broyat mis en tas subit, dans les jours qui suivent la récolte, une fermentation rapide, un "coup de chaleur" lié à la dégradation biologique des divers sucres ou jus sucrés exprimés ou exsudés après le broyage.

Le tas que nous avons observé ne fermentait plus au bout d'un mois de séjour hors abri, sur la parcelle ; sa température était alors celle du milieu ambiant. La fermentation est attestée par une couleur grisâtre, une odeur mentholée, et surtout, par la présence de mycélium de champignons qui aggrave les éléments du broyat.

Le tas échantillonné (parcelle 1 : moyen maquis de Bruyère arborescente) n'a pas présenté au bout d'un mois de dépôt, de variation significative du PCI.

Toutefois ces quelques observations sont trop insuffisantes pour tirer un enseignement de portée générale. Les conditions météo qui ont prévalu durant le mois ont certainement joué un rôle prépondérant : pluies fréquentes et abondantes qui ont bien humecté le tas ; températures assez fraîches... Le second échantillon a bien été prélevé en profondeur du tas, mais il n'est pas exclu que la pluie ait pu y pénétrer.

6. Masse volumique du broyat

Ce paramètre très important permet de convertir en tonnes les mètres cube apparent (MAP) de broyat. Il a été mesuré de deux manières : - premièrement, en conditions "réelles" à l'aide du camion qui a transporté le broyat et qui a été pesé au pont-basculé à Ajaccio.

$$\text{masse volumique} = \frac{\text{poids d'un camion plein de broyat} - \text{poids du camion vide}}{\text{nombre de bennes pleines de scorpion} \times 4,2 \text{ m}^3}$$

(La benne portée par le scorpion contient 4,2 m³).

- deuxièmement, de façon plus expéditive : pesée d'un volume connu de broyat dans une caisse en carton... Les deux méthodes ont donné des résultats tout à fait concordants.

Les mesures n'ont pu être réalisées lors de la seconde période de l'essai de Coti-Chiavari car il s'est mis à pleuvoir juste avant le jour prévu pour prélever les échantillons, ce qui a tout compromis.

La masse volumique dépend beaucoup de la nature des végétaux récoltés, de la proportion de bois et de feuilles, de brindilles ..., du tassement permis par l'élasticité de ces brindilles, de l'humidité, etc. Ainsi, la Bruyère arborescente qui comporte beaucoup de brindilles assez rigides, donne-t-elle un broyat moins dense que l'Arbousier qui est moins finement ramifié. Les épineux tels que Ronce ou Calycotome dont les éléments ne peuvent aisément glisser les uns sur les autres, sont certainement très difficiles à tasser ; leur broyat doit être très léger. Un vieux maquis riche en troncs de bois donne un broyat plus dense qu'un maquis plus jeune riche en feuilles et en brindilles ...

La densité peut donc varier dans de grandes proportions, entre quelque 150 kg/MAP pour des ronces, jusqu'à 400 kg/MAP pour du bois dur déchiqueté. Les chiffres cités ci-après ne doivent donc pas être extrapolés à des types de végétations différents. Il conviendra alors de procéder à de nouvelles mesures, au demeurant assez faciles à réaliser ;

Type de maquis	E %	Masse volumique mesurée
Maquis petit à moyen (1) de Bruyère : 23 t/ha	36 %	216 kg/MAP arrondi à 220 kg
Maquis moyen (3) de Bruyère : 45 t/ha	38 %	258 kg/MAP arrondi à 260 kg
Haut maquis (2) d' Arbousier : 73 t/ha	40 %	357 kg/MAP arrondi à 360 kg

VI. CARACTERISTIQUES ENERGETIQUES DE LA BIOMASSE DES MAQUIS DE COTI-CHIAVARI

Les mesures effectuées permettent de connaître de façon précise, bien mieux qu'avec toute autre méthode d'échantillonnage la quantité de biomasse épiquée des formations végétales étudiées. A la biomasse effectivement récoltée par le scorpion, il convient d'ajouter environ 10 % pour tenir compte des débordements hors trémie et surtout des souches laissées sur les parcelles. Le tableau ci-après rassemble les principales données et permet d'évaluer la valeur énergétique de ces maquis en **tonnes équivalent pétrole (TEP)** : 1 TEP = 10000 thermies = 10 000 000 kcal.

Type de maquis	nombre de MAP/ha	masse volumique	biomasse en t/ha	PCI/brut kcal/kg	valeur en TEP
Maquis petit à moyen de Bruyère	107	220	23,5	2700	6,3
Maquis moyen en sous-bois de Pins	76	250	18,9	2600	4,9
Maquis moyen de Bruyère et Arbousier	177	260	46,1	2600	12,0
Haut maquis d' Arbousier et de Bruyère + Chênes	205	360	73,5	2500	18,4

VII. APPRECIATION ECONOMIQUE DE LA RECOLTE DE BIOMASSE - COMPARAISON AU GYROBROYAGE

Le tableau et le graphe ci-contre expriment diverses hypothèses de travail "calées" sur les observations du chantier de Coti-Chiavari, sur l'étude détaillée des charges d'emploi, effectuée par la DDA-2A par application du barème de la FNTF, ainsi que sur notre expérience en matière de débroussaillage.

Pour le coût d'utilisation du récolteur "scorpion", nous avons estimé que certaines charges étaient proportionnelles au rendement et à la distance parcourue ; le palier sur la courbe montre qu'une baisse de rendement est compensée par des déplacements improductifs plus importants. . .

Pour le gyrobroyage, nous avons estimé le coût d'un volume broyé équivalent au volume récolté par jour . Ainsi le coût calculé de 4900 F correspond au broyage de 2,5 ha de maquis moyen à 20 t/ha environ, soit 50 t par jour . L'ascendance de la courbe exprime que pour les très hauts maquis le rendement du gyrobroyage décroît fortement - beaucoup plus que celui de la récolte - car l'engin doit souvent s'arrêter pour broyer de haut en bas les grandes touffes de la végétation .

Certes ces courbes sont hypothétiques, mais elles permettent d'éta-
yer le raisonnement, même si les chiffres doivent être considérés avec prudence .

Ainsi, d'après cette simulation, le débroussaillage d'une parcelle peut être entièrement financé par la valorisation énergétique de la biomasse et même produire un certain bénéfice lorsque le rendement du récolteur dépasse 45 tonnes par jour . En deçà, le débroussaillage doit être "subventionné", mais il revient moins cher que le gyrobroyage tant que l'engin récolte plus de 22 tonnes par jour . En deçà encore, il est plus avantageux de gyrobroyer simplement .

VIII. ASPECTS TECHNICO-ECONOMIQUES DE LA MOBILISATION DE LA BIOMASSE DES MAQUIS

La récolte de biomasse n'est que le premier maillon d'une chaîne, d'une filière de valorisation énergétique qui comprend :

- la récolte elle-même sur le chantier
- le transport au bord d'une piste carrossable en camion
- le transport jusqu'au site d'utilisation par route et/ou rail
- le stockage sur le carreau de la chaudière
- l'utilisation finale par combustion
- l'évacuation des cendres et autres imbrûlés .

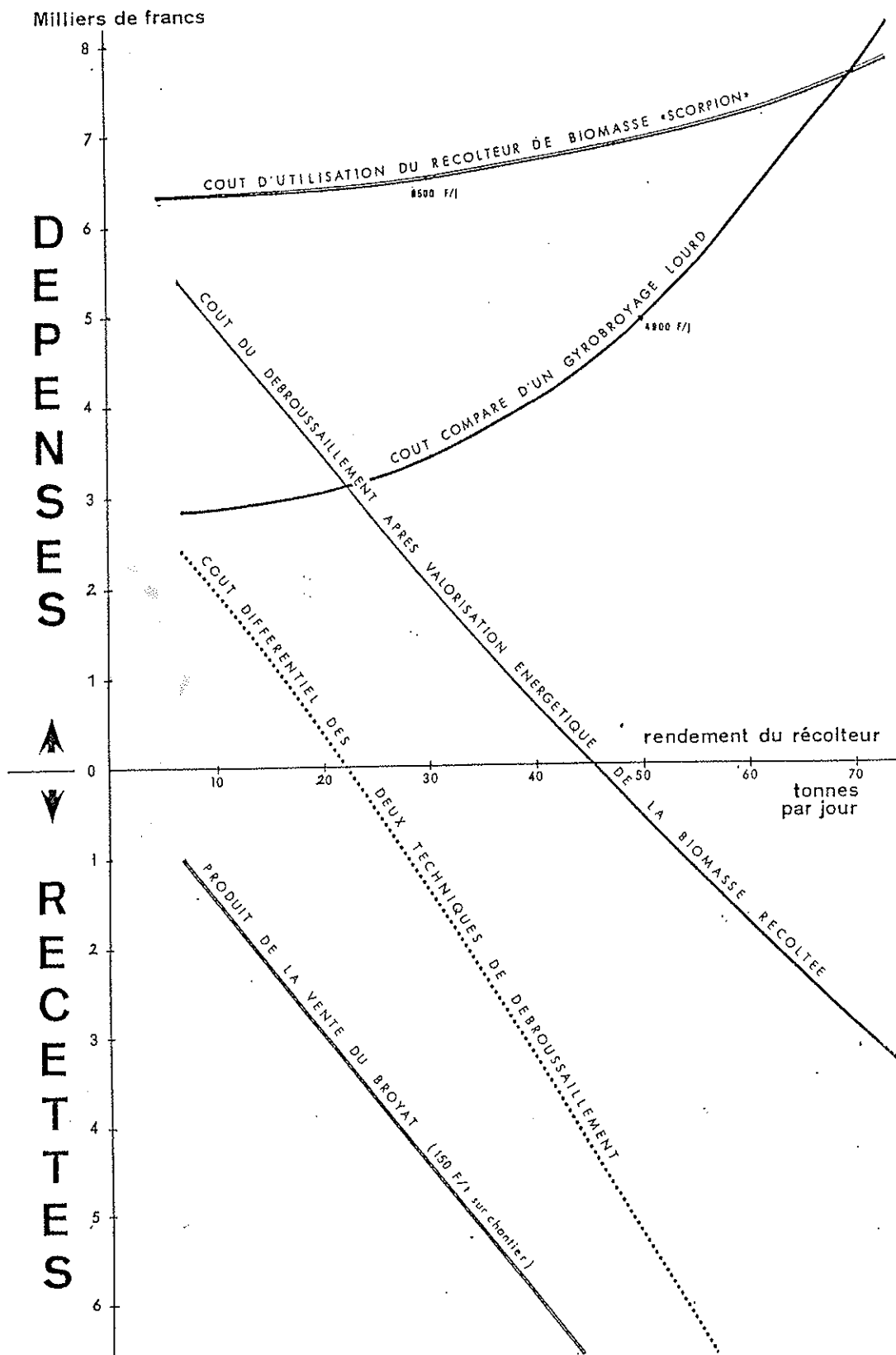
Les deux premières étapes sont "jumellées" ; en effet, il est aberrant d'employer les 240 CV du "scorpion" pour transporter depuis le front de coupe jusqu'au camion 4,2 MAP tous les quarts d'heure ! Aussi la CIMAF a-t-elle conçu et réalisé un porteur forestier tout-terrain d'une contenance de 22 m³ capable de suivre le scorpion en terrain accidenté, et d'aller benner très aisément son chargement dans un camion ou un conteneur .

Il est indispensable que le récolteur soit utilisé à son rendement

Rendement en t/j	MAP/j(1)	"scorpion" en TEP/j(2)	Coût d'utilisation du scorpion	Produit de la vente du broyat(3)	Prix de revient en F/tonne	Coût en F/MAP	en cent./thermie	Bilan dépense - recette +	Coût comparé gyrobroyage	Coût différentiel coût récolte gyrobroyage
10	30	2,6	6350 F	1500 F	635 F	191 F	24,4 c	- 4850 F	2900 F	- 1950 F
15	45	3,9	6380 F	2250 F	425 F	128 F	16,3 c	- 4130 F	2950 F	- 1180 F
20	60	5,2	6400 F	3000 F	320 F	96 F	12,3 c	- 3400 F	3050 F	- 350 F
25	75	6,5	6450 F	3750 F	258 F	77 F	9,9 c	- 2700 F	3200 F	+ 500 F
30	90	7,8	6500 F	4500 F	217 F	65 F	8,3 c	- 2000 F	3400 F	+ 1400 F
35	105	9,1	6600 F	5250 F	189 F	57 F	7,2 c	- 1350 F	3700 F	+ 2350 F
40	120	10,4	6700 F	6000 F	168 F	50 F	6,4 c	- 700 F	4000 F	+ 3300 F
45	135	11,7	6800 F	6750 F	151 F	45 F	5,8 c	- 50 F	4400 F	+ 4350 F
50	150	13,0	6900 F	7500 F	138 F	41 F	5,3 c	+ 600 F	4900 F	+ 5500 F
55	165	14,3	7050 F	8250 F	128 F	39 F	4,9 c	+ 1200 F	5500 F	+ 6700 F
60	180	15,6	7200 F	9000 F	120 F	36 F	4,6 c	+ 1800 F	6200 F	+ 8000 F
65	195	16,9	7400 F	9750 F	114 F	34 F	4,4 c	+ 2350 F	6900 F	+ 9250 F
70	210	18,2	7600 F	10500 F	109 F	33 F	4,2 c	+ 2900 F	7600 F	+ 10500 F

1 - pour simplifier un mètre cube apparent pèse 333 kg 2 - pour la conversion en tonnes-équivalent-pétrole, PCI/brut = 2600 kcal/kg
3 - le prix de vente bord de chantier est ici égal à 50 F/MAP, soit 150 F/t, soit 5,77 centimes la thermie ; par comparaison une thermie fioul = 34 c
NB. ce tableau de chiffre est présenté sous forme graphique sur la page ci-contre ; le modèle exprime des hypothèses calées sur des observations

ELEMENTS D'APPRECIATION ECONOMIQUE DE LA MISE EN OEUVRE DES ENGIN " SCORPION "
COMPARAISON ENTRE RECOLTE DE BIOMASSE ET SIMPLE GYROBROYAGE



ELEMENTS D'APPRECIATION ECONOMIQUE DE
LA MISE EN OEUVRE DES ENGINES "SCORPION"

- comparaison entre récolte de biomasse et gyrobroyage -

maximum, c'est à dire sur pente modérée, avec une assez faible densité d'arbres à maintenir, sans chercher à descendre trop près du sol . . . Dans les peuplements forestiers constitués, l'engin doit récolter très rapidement en ouvrant des layons sans chercher à s'approcher trop près des arbres . La finition peut être réalisée à moindres frais avec l'adaptation gyrobroyeur du "scorpion" ou avec tout autre engin moins puissant tel que "mule mécanique" par exemple . Ceci dans l'optique d'une certaine recherche de rentabilité . . .

Le transport par camion sur le réseau routier corse ne pose pas de problèmes très spécifiques . Le matériau est encombrant mais assez léger, d'où l'intérêt des bennes de grand volume ou mieux, des **conteneurs modulaires** pouvant être aisément manipulés par les engins de levage classiques tels que les élévateurs ou les grues, du camion au train, du train au camion, du camion à l'aire de stockage . . . Le coût dépend de la distance parcourue et des autres paramètres habituels en la matière . Nous n'avons pas cherché à analyser en détail ce coût ; se reporter aux études de faisabilité de la société BIOCHALEUR .

Le stockage au voisinage immédiat de la chaudière doit être le plus bref possible pour ne pas occuper trop de place ; il doit servir de volume tampon entre des approvisionnements assez fréquents . Le broyat devra être sommairement abrité de la pluie pour éviter une humectation préjudiciable à son pouvoir calorifique et au bon fonctionnement des chaudières .

L'utilisation finale ne pose plus de gros problèmes depuis qu'ont été mises au point les chaudières collectives à alimentation automatique capables de brûler un combustible humide . Le surcoût d'une telle chaudière à biomasse par rapport à son homologue à fioul peut être rapidement amorti si le prix de la thermie arrivant au brûleur n'excède pas la moitié de celui de la thermie fioul, à savoir 0,15 F environ, ce qui implique un prix plafond d'environ 390 F/t .

Si l'on prend pour base un prix de vente bord de chantier de 50 F/MAP, soit environ 150 F/t - prix actuellement pratiqué dans le département du Var - la marge réservée au transport et au bénéfice semble assez confortable pour inciter d'éventuelles créations d'entreprises .

Les cendres récupérées devraient être - en bonne logique agronomique - restituées sur les parcelles, mais les modalités pratiques doivent être mises au point ; voir réflexion sur ce sujet dans la deuxième grande partie de ce rapport .

IX . RECOLTE DE BIOMASSE ET MISE EN VALEUR AGRO-SYLVO-PASTORALE DU TERRITOIRE

La récolte de biomasse vient donc de faire son apparition dans la palette des techniques de débroussaillage . Quels sont ses avantages et ses inconvénients par rapport aux autres techniques ? Quel est son champ d'application ? Examinons rapidement les caractéristiques de toutes ces techniques qui ont pour objectif commun l'élimination du maquis dans un but de prévention des incendies ou de reconquête agro-sylvo-pastorale .

Le feu contrôlé peut convenir pour créer un pare-feu dans un petit maquis ; si le maquis est haut, sa combustion incomplète laisse des chicots qu'il faut éliminer à la lame de bull-dozer si l'on désire parfaire le nettoyage . Les risques d'érosion sont élevés ; le feu détruit la matière organique à la surface du sol, ce qui est préjudiciable à son activité biologique ; le contrôle pour être efficace nécessite des équipes spécialisées et bien entraînées, ce qui revient finalement assez cher . . .

Le **démaquisage à la lame de bull-dozer** suivi généralement d'un **sous-solage aux rippers** destiné à ameublir le sol et à déraciner les souches du maquis originel, est une technique "lourde" de défrichement, à réserver uniquement aux maquis assez hauts (assez "rigides" pour être poussés par la lame sans se plier) et, surtout aux conditions topographiques les plus favorables (pente < 15 %), permettant ensuite de labourer normalement ; sur les pentes fortes, ce type de "mise en valeur" aboutit souvent à un résultat contraire, à savoir une érosion et une stérilisation durable des sols (nombreux exemples en Corse intérieure). Ce type de défrichement laisse sur la parcelle des **andains** de végétation arrachée mêlée de blocs et de terre (la meilleure terre de surface, siège de l'activité biologique) ; ces andains sont difficiles à détruire par incinération et gênent l'exploitation ultérieure. La biomasse est donc entièrement "gaspillée", ainsi qu'une partie du premier horizon du sol qui est décapée au grand détriment de la fertilité du terrain.

Le débroussaillage par **gyrobroyage** permet de travailler sans risque d'érosion sur des pentes assez fortes : 40 à 50 % limite des possibilités de gravissement des engins. Bien adaptée à la montagne corse, cette pratique peut devenir le premier maillon d'une véritable mise en valeur pastorale productive et pérenne : l'**APSL (amélioration pastorale sans labour)**, technique d'intensification herbagère expérimentée avec succès dans maintes régions de Corse. La biomasse broyée, laissée à la surface du sol, est progressivement "compostée" et humifiée grâce à des apports d'azote (engrais). Cet effet est bénéfique pour des maquis de hauteur inférieure à 2 m, dont la biomasse représente moins de 20 t de matière fraîche à l'hectare ; au delà, le broyat se décompose trop lentement, au détriment des herbacées ("faim d'azote") ; certains dérivés des tanins du bois peuvent même produire un véritable effet herbicide ! L'excès de biomasse est donc préjudiciable à la constitution du tapis herbacé recherché.

Le débroussaillage par **récolte de la biomasse** ne présente pas les inconvénients précédents et peut donc avantageusement se substituer au gyrobroyage lorsque le maquis est important - ceci, bien entendu, dans les limites du champ d'application des engins, à savoir : pente < 30 % pour le "scorpion". Le terrain est laissé particulièrement "propre" : pas d'andains encombrants, pas d'épais matelas de broyat... La litière de feuilles mortes est préservée prévenant les risques d'érosion ; les souches restent en place, et peuvent y demeurer dans le cadre d'une APSL mixte : herbacés - repousses de ligneux destinée à des caprins ; elles peuvent aussi être facilement arrachées par un griffage superficiel réalisé avec un rateau-débroussailleur de type "fléco", adaptable aux bull-dozers. Cette opération peut être poursuivie par un labour classique ou par un **sursemis** d'espèces fourragères. Le terrain peut aussi être aisément reboisé.

Le débroussaillage par récolte de la biomasse est donc **complémentaire** du gyrobroyage dans la mise en valeur ; il concerne les maquis hauts, là où précisément le gyrobroyage présente ses "faiblesses" : broyat trop abondant, coût très élevé... La valorisation énergétique de la biomasse récoltée est alors le moyen le plus sûr de réduire le coût de la mise en valeur des hauts maquis.

Le débroussaillage manuel au moyen de haches, serpes, tronçonneuses etc., lorsque la mécanisation n'est pas possible, coûte extrêmement cher. Dans le cas des pare-feu ouverts en bord de piste par les forestiers-sapeurs, le coût pourrait aussi être amorti par valorisation énergétique de la biomasse : les hommes qui ramassent la végétation coupée pour la brûler en tas, pourraient, tout aussi bien, introduire les branchages dans la trémie d'un broyeur classique, porté par un tracteur...

En l'absence d'agriculteurs ou d'éleveurs susceptibles de profiter du nettoyage des parcelles pour les récupérer, les propriétaires pourraient réserver certaines zones favorables à la **production de biomasse** qui, de sous-produit, deviendrait alors l'objectif principal de l'aménagement . . . Certes, le maquis repousse vigoureusement, et peut, en quelques années, reconstituer le capital de biomasse ; toutefois il pourrait être avantageux, après la récolte du maquis, de recourir à un matériel végétal beaucoup plus performant tel que certains Eucalyptus d'Australie ou bien encore les Sequoia de Californie (Cf. AFOCEL, 1982), essences à croissance très rapide, exploitables en **taillis à courte rotation** . La tête de récolte du "scorpion" peut recevoir, en remplacement des couteaux rotatifs, des scies circulaires qui permettent d'obtenir une coupe très franche et de ne pas endommager les souches . Dans de telles plantations, l'engin devrait travailler à son rendement maximum, ce qui laisse augurer d'une bonne rentabilité .

X . CONCLUSION DE LA PREMIERE PARTIE

A la suite de l'inventaire des ressources insulaires réalisé par les **Assises Régionales de l'Energie**, l'essai d'un prototype récolteur de biomasse sur le territoire de la Corse marque une étape concrète dans la prise en compte de cette énergie par les responsables régionaux, étape d'observation et de réflexion préalable - nous l'espérons - à des réalisations opérationnelles, en vraie grandeur .

Les résultats de l'essai sont, certes, encourageants, mais ils ont surtout permis au constructeur de repérer les points faibles de son engin, et d'y remédier dans de brefs délais . A l'heure où sont rédigées ces lignes, une dizaine de "scorpion 03", modèle de pré-série, sont en cours de montage ; la plupart sont achetés d'avance ! Les rendements supérieurs à 45 t/jour devraient être beaucoup plus facilement atteints qu'avec le "02" ; dans bien des cas, l'exploitation de la biomasse sera donc rentable en elle-même ; et que dire de la rentabilité pour la Collectivité qui, jusqu'alors, subventionne à grand prix les débroussailllements pour la prévention des incendies en région méditerranéenne ! Un budget donné permettra de débroussailler une surface considérablement augmentée . . .

L'exploitation de la biomasse ne sera toutefois envisagée que dans les zones les plus favorables, ce qui laisse un champ encore très ouvert pour les techniques plus classiques . Les forestiers-sapeurs ne se retrouveront pas du jour au lendemain au chômage ! Tout au plus seront-ils affectés dans une plus grande proportion à des tâches plus intéressantes de sylviculture et d'aménagement des forêts . Par ailleurs, la **valorisation énergétique de la biomasse** ne deviendra réalité que lorsque seront créés les débouchés pour ce nouveau type de combustible . L'AFME et la société BIOCHALEUR s'y emploient activement .

La biomasse ne va pas supplanter, à moyen terme, les sources d'énergie plus classiques : pétrole, hydraulique, etc. , mais, si elle prend la place qui lui revient, dans les chauffages collectifs de moyenne et forte puissance, elle permettra à la nation de réaliser de substantielles économies de devises, et à la région de bénéficier des nombreuses retombées sur l'aménagement du territoire, telles que la prévention des incendies et la création d'emplois .

B. DEUXIEME PARTIE

I. CONTRIBUTION A LA CONNAISSANCE DE LA VALEUR ENERGETIQUE DES MAQUIS EN CORSE

1. Introduction

Les maquis étudiés à Coti-Chiavari ne pouvant représenter tous les maquis de Corse, un procédé de généralisation de la connaissance est proposé, à savoir : analyse des composantes élémentaires de la biomasse, espèces, organes ... puis synthèse selon un **modèle théorique** de structure de la végétation . Cette démarche devrait permettre aux futurs utilisateurs d'économiser dans bien des cas de coûteuses analyses de laboratoire .

2. Collecte des échantillons

Tous les échantillons de végétaux ont été prélevés en période hivernale en forêt domaniale de Coti-Chiavari, soit sur le site même du chantier expérimental "scorpion", soit plus bas en altitude pour les espèces thermophiles .

Pour les "grandes" espèces du maquis, arbres et arbustes (phanérophytes et nano-phanérophytes), feuillage et bois ont été récoltés séparément . Les échantillons de bois ont été conditionnés en copeaux très fins à l'aide d'une fraise de menuisier . Pour des raisons de commodité, mais également de représentativité des **petits bois** de maquis, ont été récoltées des branches de diamètre inférieur à dix centimètres, comportant essentiellement du bois d'aubier, avec une assez forte proportion d'écorce .

Pour les espèces plus petites, buissons (chamaephytes), bois et feuilles n'ont pas été dissociés ; le végétal a été simplement hâché au sécateur pour pouvoir passer dans les broyeurs de laboratoire .

Les échantillons ont été traités de la même façon que ceux du broyat de "scorpion", partie au CETE à Marseille, partie à la SOMIVAC à Bastia .

3. Résultats d'analyses

Voir tableau ci-contre : "caractéristiques énergétiques des principales espèces du maquis corse" .

A noter le bon pouvoir calorifique en sec des feuillages des espèces méditerranéennes sempervirentes, pouvoir certainement sous-estimé car les essences volatiles perdues lors de la dessiccation des échantillons au laboratoire ne sont pas prises en compte .

Les PCI sont rapportés à l'unité de masse et non à l'unité de volume ; ainsi le bois d'Aulne glutineux apparaît-il comme supérieur à celui du Chêne vert ! Les densités de ces bois sont cependant bien différentes : de l'ordre de 0,9 t/m³ pour le Chêne, environ 0,6 t/m³ pour l'Aulne .

	PCS/sec	PCI/sec	PCI/brut	PCI/sec	PCI/brut	Humidité	Mat.sèche	Humidité	Cendres
	KJ/kg	KJ/kg	KJ/kg	Kcal/kg	Kcal/kg	E % brut	MS % Brut	H % MS	
<u>Végétaux entiers</u>									
Ciste de Montpellier	20199	18825	6001	4498	1434	60,1 %	39,9 %	150,6 %	3,50 %
Calycotome vilieux	21609	20029	7113	4786	1700	57,3 %	42,7 %	133,6 %	2,22 %
Cytise à trois fleurs	20779	19283	5987	4608	1431	61,0 %	39,0 %	156,4 %	2,83 %
Brachypode rameux (var corse)	18460	17131	9947	4093	2377	36,6 %	63,4 %	57,7 %	8,86 %
<u>Feuillages et pousses de l'année</u>									
Chêne vert	20335	18911	9253	4519	2211	45,1 %	54,9 %	82,1 %	3,39 %
Arbousier	20213	18984	6717	4536	1605	58,0 %	42,0 %	138,1 %	3,13 %
Bruyère arborescente	23313	22334	9361	5337	2237	52,2 %	47,8 %	109,2 %	2,39 %
Lentisque	19895	18577	9494	4439	2269	43,1 %	56,9 %	75,7 %	3,75 %
Myrte	20928	19398	7525	4635	1798	54,2 %	45,8 %	118,3 %	4,37 %
Pin mésogéen	21595	20092	7453	4801	1781	55,9 %	44,1 %	126,8 %	2,50 %
Eucalyptus globuleux	23366	21854	10520	5222	2514	46,5 %	53,5 %	86,9 %	4,34 %
<u>Bois, écorce comprise</u>									
Chêne vert	19240	17873	13233	4271	3162	22,8 %	77,2 %	29,5 %	1,48 %
Arbousier	19214	17842	11892	4263	2842	29,3 %	70,7 %	41,4 %	1,80 %
Bruyère arborescente	19601	18227	12573	4355	3004	27,3 %	72,7 %	37,6 %	1,16 %
Lentisque	18719	17343	11117	4144	2656	31,4 %	68,6 %	45,8 %	2,80 %
Myrte	18898	17483	12268	4178	2931	26,1 %	73,9 %	35,3 %	0,99 %
Pin mésogéen	20240	18884	11360	4512	2714	35,2 %	64,8 %	54,3 %	2,28 %
Eucalyptus globuleux	18870	17467	10562	4174	2524	34,6 %	65,4 %	52,9 %	2,83 %
Chêne pubescent	19109	17748	12317	4241	2943	26,9 %	73,1 %	36,8 %	3,11 %
Aulne glutineux	21173	19810	13585	4734	3246	27,9 %	72,1 %	38,7 %	2,58 %

Caractéristiques énergétiques des principales espèces du maquis corse

(analyses effectuées par le laboratoire du C.E.T.E. du Sud-Est à Marseille)

NB. : Les échantillons ont été prélevés en janvier et février 1984, sur la commune de Cotti-Chiavari, au sud d'Ajaccio. (zone littorale)

4 . De l'espèce à la formation végétale, essai de synthèse

41 . Quelques définitions

L'ensemble des végétaux d'un biotope, structurés en strates (herbacés, ligneux bas, ligneux hauts) constitue une entité biologique d'ordre supérieur à l'espèce : la **formation végétale**, élément de paysage facilement perçu par tous (exemple : maquis, prairie, forêt ...) . Lorsque les conditions écologiques (climat, sol ...) ainsi que l'influence de l'homme (feux, coupes, pâturage ...) sont homogènes sur une surface donnée, la formation végétale correspond alors à un **groupement végétal** caractérisé par une composition botanique bien définie, domaine d'étude des phytosociologues et des phyto-écologues .

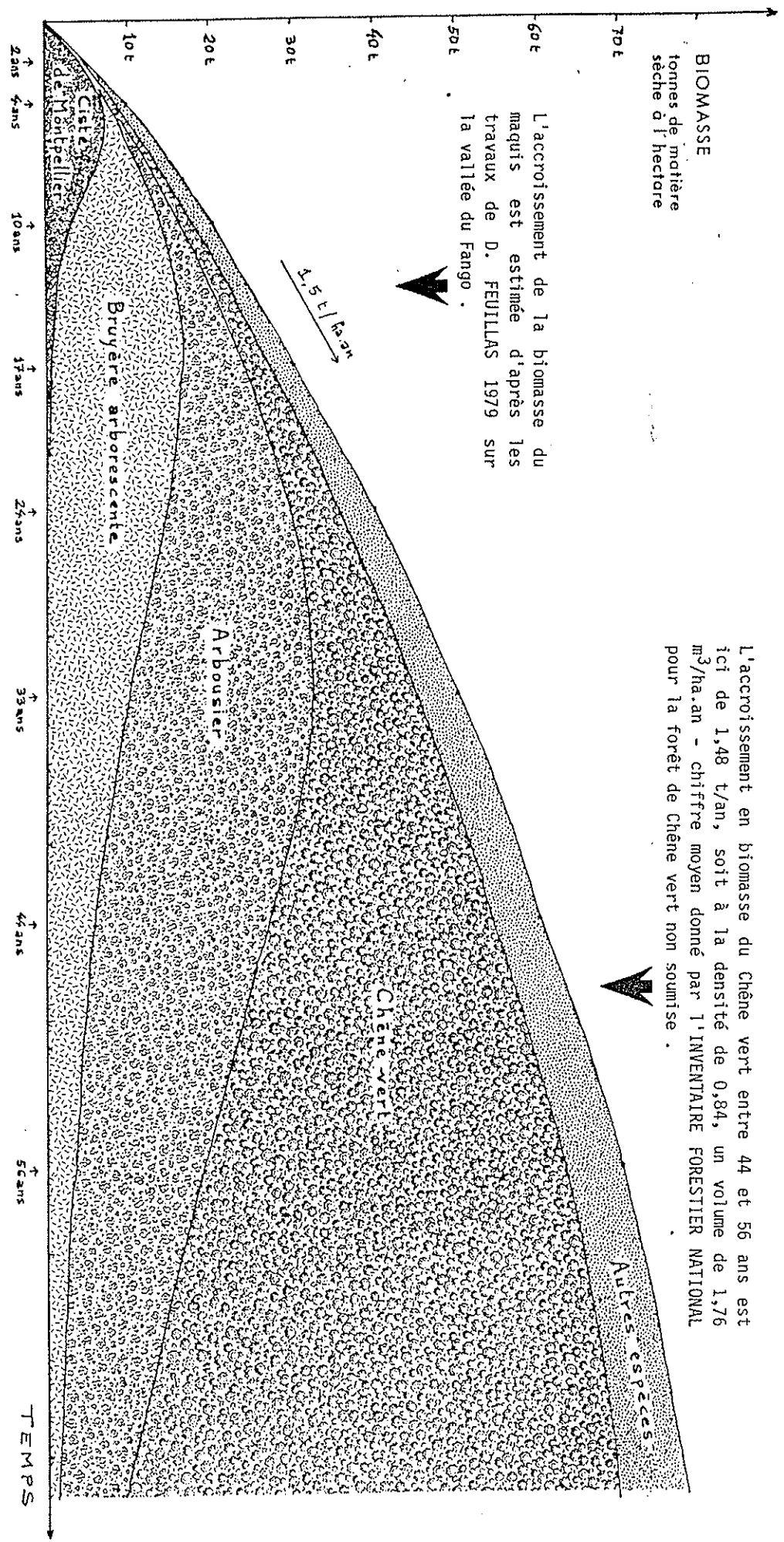
Le développement et la croissance différentielle des diverses espèces entraîne une compétition pour la lumière, l'eau et les éléments nutritifs qui se traduit par une évolution dans le temps de la structure et de la composition de la végétation . Les groupements d'espèces dites "pionnières", colonisatrices de zones dénudées (après un labour par exemple), sont progressivement éliminées par des groupements plus hauts et plus stables, le plus souvent forestiers sous nos latitudes, le terme de l'évolution étant appelé **climax** par les spécialistes (haute futaie de Chêne vert par exemple) .

A partir de l'observation de la végétation actuelle, un phyto-écologue expérimenté peut prévoir cette évolution sur quelques décennies . Souvent celle-ci n'atteindra pas le stade terminal du climax, du fait de la dégradation des sols et/ou de l'élimination des semenciers forestiers ; la succession phyto-dynamique appelée également **séquence de végétation** sera alors **bloquée** à un stade de maquis (de Bruyère par exemple) . Toutefois le modèle théorique proposé représente une séquence complète de façon à couvrir le plus grand nombre de types de végétation utilisables à des fins énergétiques, sans prétention d'exhaustivité. Bien d'autres formes de maquis corse ne sont pas représentés dans cette séquence typique de la moyenne montagne (maquis littoraux par exemple) ; le lecteur devra extrapoler ou bien revenir aux données analytiques de base en les appliquant à la végétation particulière qu'il désire caractériser sur le plan énergétique .

42 . Présentation du modèle théorique

Compte tenu de l'état de nos connaissances quantitatives sur la phyto-dynamique et sur la structure de la végétation, nous ne pouvons proposer qu'une **représentation graphique** empirique qui ne prétend nullement au titre de modèle mathématique, mais qui traduit de façon relativement simplifiée la succession écologique dans le temps . Voir schéma ; en ordonnée figure la quantité de phyto-masse épigée (racines exclues), accumulée par l'écosystème . La biomasse effectivement produite est plus importante car chaque année la moitié environ des feuilles retourne au sol (litière) pour y être recyclée .

Ce modèle décrit une séquence à Chêne vert en conditions moyennes ; la vitesse de croissance du Chêne vert est ajustée en effet sur le résultat moyen donné par les enquêtes forestières (Inventaire Forestier National - Corse, 1976.) . Or, les maquis susceptibles d'être récoltés pour leur biomasse sont toujours situés en conditions topographiques favorables, donc sur des sols généralement bien meilleurs que la moyenne . La production annuelle de biomasse de ces zones est donc vraisemblablement supérieure ; ceci revient à interpréter le modèle avec un vecteur unitaire "temps" plus court . Les conclusions ultérieures relatives aux pouvoirs calorifiques se réfèrent cependant à la seule structure de la végétation, indépendamment de son âge, et ne sont donc pas affectées par ces considérations.



BIOMASSE
tonnes de matière sèche a l'hectare

L'accroissement de la biomasse du maquis est estimée d'après les travaux de D. FEUILLAS 1979 sur la vallée du Fango.

1.5 t/ha.an

L'accroissement en biomasse du Chêne vert entre 44 et 56 ans est ici de 1,48 t/an, soit à la densité de 0,84, un volume de 1,76 m³/ha.an - chiffre moyen donné par l'INVENTAIRE FORESTIER NATIONAL pour la forêt de Chêne vert non soumise.

MODELE GRAPHIQUE THEORIQUE D'UNE SEQUENCE A CHENE VERT EN CORSE

NB. : par hypothèse, la séquence est supposée ne pas être perturbée par les incendies, ni par une pression pastorale trop forte.

TYPE DE MAQUIS AGE	ESPECE Composants PCI/sec Humidité E PCI/brut (E = thermie)	CISTE DE MONTP.		BRUYERE ARBOR.		ARBOUSIER		CHENE VERT		AUTRES SP.		BIOMASSE TOTALE Caractéristiques calculées d'après le modèle théorique de succession et de structure
		feuilles	bois	feuilles	bois	feuilles	bois	feuilles	bois	feuilles	bois	
CISTAIE BASSE 2 ans	Contribution	90 %								10 %		5,0 t dont feuilles 2,0 t 22100 £ PCI = 4420 £/t 9,2 t dont feuilles 4,3 t 19412 £ PCI = 2110 £/t
	Mat. sèche	1,8 t	2,7 t							0,2 t	0,3 t	
CISTAIE HAUTE 4 ans	Energie/sec	8280 £	11610 £							920 £	1290 £	10 t dont feuilles 3,0 t 44312 £ PCI = 4432 £/t 17,3 t dont feuilles 7,3 t 39984 £ PCI = 2311 £/t
	Mat. brute	4,5 t	3,9 t							0,4 t	0,4 t	
PETIT MAQUIS 10 ans	Energie/brut	6660 £	10924 £							696 £	1132 £	20 t dont feuilles 3,5 t 89031 £ PCI = 4452 £/t 31,9 t dont feuilles 8,3 t 81989 £ PCI = 2570 £/t
	Contribution	70 %		15 %		5 %		2 %		10 %		
MAQUIS MOYEN 17 ans	Mat. sèche	2,1 t	4,9 t	0,5 t	1,1 t	0,1 t	0,3 t	0,1 t	0,3 t	0,4 t	1,5 t	30 t dont feuilles 4,0 t 132232 £ PCI = 4408 £/t 45,8 t dont feuilles 9,0 t 122736 £ PCI = 2680 £/t
	Energie/sec	2300 £	9460 £	11208 £	43115 £	2268 £	10658 £	452 £	1281 £	1840 £	6450 £	
MAQUIS HAUT 24 ans	Mat. brute	1,2 t	3,1 t	4,7 t	14,1 t	1,3 t	3,6 t	0,2 t	0,4 t	0,9 t	2,1 t	40 t dont feuilles 4,0 t 174228 £ PCI = 4356 £/t 60,0 t dont feuilles 9,1 t 162747 £ PCI = 2712 £/t
	Energie/brut	1776 £	8773 £	9738 £	40453 £	1890 £	10094 £	533 £	1221 £	1566 £	5943 £	
MAQUIS HAUT 33 ans	Contribution	3 %		55 %		22 %		10 %		10 %		50 t dont feuilles 4,0 t 216000 £ PCI = 4320 £/t 73,6 t dont feuilles 9,0 t 202610 £ PCI = 2753 £/t
	Mat. sèche	0,1 t	0,8 t	2,2 t	14,3 t	0,9 t	3,7 t	0,4 t	2,6 t	0,4 t	2,6 t	
MAQUIS HAUT 44 ans	Energie/sec	460 £	3440 £	11741 £	62277 £	4082 £	24299 £	1808 £	11105 £	1840 £	11180 £	60 t dont feuilles 4,0 t 258111 £ PCI = 4302 £/t 86,2 t dont feuilles 8,6 t 244006 £ PCI = 2831 £/t
	Mat. brute	0,2 t	1,1 t	4,9 t	20,4 t	3,3 t	8,1 t	0,7 t	3,5 t	0,9 t	3,7 t	
FORET DE CHENE VERT 56 ans	Energie/brut	296 £	3113 £	10153 £	58528 £	3344 £	27712 £	1867 £	10686 £	1566 £	10471 £	70 t dont feuilles 4,0 t 300535 £ PCI = 4293 £/t 98,2 t dont feuilles 8,0 t 285551 £ PCI = 2908 £/t
	Contribution	37 %		37 %		38 %		15 %		10 %		
MAQUIS HAUT 33 ans	Mat. sèche	1,5 t	13,3 t	1,5 t	13,7 t	1,5 t	13,7 t	0,6 t	5,4 t	0,4 t	3,6 t	50 t dont feuilles 4,0 t 216000 £ PCI = 4320 £/t 73,6 t dont feuilles 9,0 t 202610 £ PCI = 2753 £/t
	Energie/sec	3006 £	57922 £	8066 £	57922 £	5804 £	58403 £	2711 £	23063 £	1840 £	15490 £	
MAQUIS HAUT 44 ans	Mat. brute	3,3 t	19,0 t	3,8 t	19,6 t	3,8 t	19,6 t	1,1 t	7,2 t	0,9 t	5,1 t	60 t dont feuilles 4,0 t 258111 £ PCI = 4302 £/t 86,2 t dont feuilles 8,6 t 244006 £ PCI = 2831 £/t
	Energie/brut	8338 £	54511 £	5525 £	54958 £	5525 £	54958 £	2934 £	21982 £	1566 £	14433 £	
FORET DE CHENE VERT 56 ans	Contribution	20 %		20 %		45 %		25 %		10 %		70 t dont feuilles 4,0 t 300535 £ PCI = 4293 £/t 98,2 t dont feuilles 8,0 t 285551 £ PCI = 2908 £/t
	Mat. sèche	0,8 t	9,2 t	0,8 t	9,2 t	1,8 t	20,7 t	1,0 t	11,5 t	0,4 t	4,6 t	
MAQUIS HAUT 44 ans	Energie/sec	4270 £	40066 £	4270 £	40066 £	8165 £	88244 £	4519 £	49116 £	1840 £	19780 £	60 t dont feuilles 4,0 t 258111 £ PCI = 4302 £/t 86,2 t dont feuilles 8,6 t 244006 £ PCI = 2831 £/t
	Mat. brute	1,8 t	13,1 t	4,5 t	29,6 t	4,5 t	29,6 t	1,8 t	15,3 t	0,9 t	6,6 t	
FORET DE CHENE VERT 56 ans	Energie/brut	3730 £	37584 £	3730 £	37584 £	6543 £	82998 £	4801 £	46711 £	1566 £	18678 £	70 t dont feuilles 4,0 t 300535 £ PCI = 4293 £/t 98,2 t dont feuilles 8,0 t 285551 £ PCI = 2908 £/t
	Contribution	10 %		10 %		35 %		45 %		10 %		
MAQUIS HAUT 44 ans	Mat. sèche	0,4 t	5,6 t	1,4 t	19,6 t	1,4 t	19,6 t	1,8 t	25,2 t	0,4 t	5,6 t	60 t dont feuilles 4,0 t 258111 £ PCI = 4302 £/t 86,2 t dont feuilles 8,6 t 244006 £ PCI = 2831 £/t
	Energie/sec	2135 £	24388 £	6350 £	83585 £	6350 £	83585 £	8134 £	107629 £	1840 £	24080 £	
FORET DE CHENE VERT 56 ans	Mat. brute	0,9 t	8,0 t	3,5 t	28,0 t	3,5 t	28,0 t	3,3 t	33,6 t	0,9 t	8,0 t	70 t dont feuilles 4,0 t 300535 £ PCI = 4293 £/t 98,2 t dont feuilles 8,0 t 285551 £ PCI = 2908 £/t
	Energie/brut	1865 £	22952 £	5089 £	78512 £	5089 £	78512 £	8801 £	103581 £	1566 £	22640 £	
FORET DE CHENE VERT 56 ans	Contribution	5 %		5 %		20 %		65 %		10 %		70 t dont feuilles 4,0 t 300535 £ PCI = 4293 £/t 98,2 t dont feuilles 8,0 t 285551 £ PCI = 2908 £/t
	Mat. sèche	0,2 t	3,3 t	0,8 t	13,2 t	0,8 t	13,2 t	2,6 t	42,9 t	0,4 t	6,6 t	
MAQUIS HAUT 44 ans	Energie/sec	1067 £	14372 £	3629 £	56272 £	3629 £	56272 £	11749 £	183226 £	1840 £	28380 £	60 t dont feuilles 4,0 t 258111 £ PCI = 4302 £/t 86,2 t dont feuilles 8,6 t 244006 £ PCI = 2831 £/t
	Mat. brute	0,4 t	4,7 t	2,0 t	18,9 t	2,0 t	18,9 t	4,7 t	57,2 t	0,9 t	9,4 t	
FORET DE CHENE VERT 56 ans	Energie/brut	829 £	13484 £	2808 £	52996 £	2808 £	52996 £	12535 £	174632 £	1566 £	26602 £	70 t dont feuilles 4,0 t 300535 £ PCI = 4293 £/t 98,2 t dont feuilles 8,0 t 285551 £ PCI = 2908 £/t
	Contribution	20 %		20 %		20 %		65 %		10 %		

Caractéristiques énergétiques de la biomasse de maquis de la séquence du Chêne vert en Corse
(d'après un modèle théorique de simulation phytodynamique - voir graphique ci-contre)

43 . Calcul des pouvoirs calorifiques

Le tableau ci-contre utilise le modèle de structure pour définir les proportions des diverses espèces dans la biomasse des maquis . Par hypothèse, nous avons admis que la proportion feuilles/bois est identique pour toutes les espèces, et que l'importance du capteur chlorophyllien plafonne à quatre tonnes de matière sèche à l'hectare à partir d'un certain degré de fermeture du couvert (saturation de l'**indice foliaire**) . La contribution des feuilles diminue donc en fonction du stade d'évolution du maquis .

Les chiffres de pouvoirs calorifiques spécifiques ont été arrondis, de même que les valeurs de l'humidité, de façon à ne pas exagérer une précision qui serait illusoire compte tenu du petit nombre d'échantillons analysés .

PCI, humidité, quantités de biomasse se multiplient et se compensent parfois pour aboutir aux résultats consignés dans la colonne de droite du tableau ; les divers maquis sont ordonnancés régulièrement suivant un pas de dix tonnes en dix tonnes de matière sèche .

Remarquons que les PCI varient théoriquement de façon assez continue depuis la Cistaie (environ 2100 thermies par tonne de végétation brute), jusqu'à la forêt de Chêne vert (environ 2900 th/t) . Ceci s'explique par la proportion croissante au cours de la succession, de bois relativement sec, par rapport aux feuilles plus humides .

Certaines espèces à très fort PCI telles que la Bruyère arborescente viennent un peu perturber la linéarité de la progression ; pour les maquis où cette espèce devient dominante exclusive (cas de certaines séquences "bloquées") le PCI doit être révisé en hausse pour atteindre environ 2700 th/t .

Le PCI/sec varie également, de façon assez limitée, au cours des saisons et des stades phénologiques (DOAT et VALETTE, 1981.), de même que varie la teneur en eau des organes en fonction des rythmes physiologiques . Toutefois cette étude effectuée en conditions hivernales est représentative de la période de plus forte demande en combustible-biomasse .

5 . Commentaires

Cette approche est, certes, bien imparfaite, empirique et approximative ; elle fait apparaître l'intérêt et la nécessité d'études scientifiques fondamentales sur la végétation de l'île . L'intéressant travail de biométrie de FEUILLAS, 1979 sur les maquis du Fango, mériterait d'être approfondi ; des études devraient être entreprises sur la productivité des sols de Corse . Souhaitons que les travaux de typologie des stations forestières qui ont débuté dans certaines régions de France continentale, puissent un jour se poursuivre en Corse . . .

Dans l'état actuel des connaissances, nous ne pouvons nous risquer à aller au delà des quelques résultats proposés ; ceux-ci auront le mérite d'attirer l'attention sur le grand intérêt de la végétation des maquis sur le plan de la valorisation énergétique . Leur pouvoir calorifique est, en effet, le plus souvent supérieur à celui des broussailles actuellement récoltées sur le continent en région non méditerranéenne .

II . IMPACT ECOLOGIQUE DES RECOLTES DE BIOMASSE

1 . Introduction

Le prélèvement de quantités parfois importantes de végétation sur une parcelle donnée, se traduit pour l'écosystème par une **exportation** des éléments chimiques contenus dans la biomasse, regroupés sous le terme générique de **minéralomasse** .

La biomasse est une ressource renouvelable par le processus de l'**assimilation chlorophyllienne** ou **photo-synthèse**, à partir du rayonnement du soleil, de l'eau du sol et du gaz carbonique de l'air ; cependant, pour fonctionner, le système a besoin également de certaines substances minérales extraites du sol par les racines : éléments biogènes majeurs tels que l'**Azote**, le **Phosphore**, le **Potassium** (le NPK des agronomes), d'éléments mineurs tels que le **Magnésium**, le **Calcium**, le **Sodium**, le **Fer**, le **Soufre** . . . et d'oligo-éléments tels que le **Zinc**, le **Molybdène**, etc.

L'exportation de ces éléments est une perte pour l'écosystème qui peut provoquer ou accentuer certaines **carences** si les réserves du sol sont insuffisantes . Les carences se manifestant par une baisse sensible de la production, il est nécessaire, si l'on désire maintenir - voire augmenter - celle-ci, de veiller à ne pas prélever sur l'écosystème davantage de minéraux qu'il ne peut en fournir à partir des réserves du sol, de l'altération des roches, des apports atmosphériques et de la fixation bactérienne (pour l'azote) .

Pour cerner au mieux l'impact écologique de la récolte de biomasse, il est nécessaire de quantifier les flux de matière dans les cycles bio-géochimiques, ce qui suppose des études fondamentales assez longues, complexes et coûteuses telle que celle de LOSSAINT et RAPP (1978) . A défaut de ces moyens de recherche assez lourds, nous tenterons d'évaluer cet impact à partir de résultats d'analyses assez conventionnelles de terres et de végétaux . Le lecteur doit bien comprendre que, compte tenu du petit nombre d'échantillons de base et de la nature des hypothèses de travail, les déductions proposées sont sujettes à caution ; cependant, en attendant mieux, elles permettront de dégager certaines tendances et de déboucher sur des recommandations pratiques .

2 . Détermination des prélèvements sur l'écosystème

A partir du "modèle phytodynamique de la séquence du Chêne vert" et des analyses chimiques des échantillons des diverses espèces végétales, ont été élaborés le tableau ci-contre ainsi que le graphe qui exprime les résultats synthétiques : l'évolution de la minéralomasse fixée dans la végétation épigée .

L'examen des courbes montre qu'à partir de 10 t de matière sèche (MS)/ha, la teneur en azote, phosphore et magnésium du maquis varie assez peu en fonction de la biomasse capitalisée . Ces éléments sont contenus essentiellement dans la partie "vivante" des végétaux : feuilles, pousses, assises libéro-ligneuses, etc. dont la quantité augmente peu à partir de la saturation de l'indice foliaire . Par contre, le calcium et le potassium, davantage liés à la partie "inerte", au squelette ligneux des végétaux, voient leur teneur augmenter proportionnellement à la production de bois .

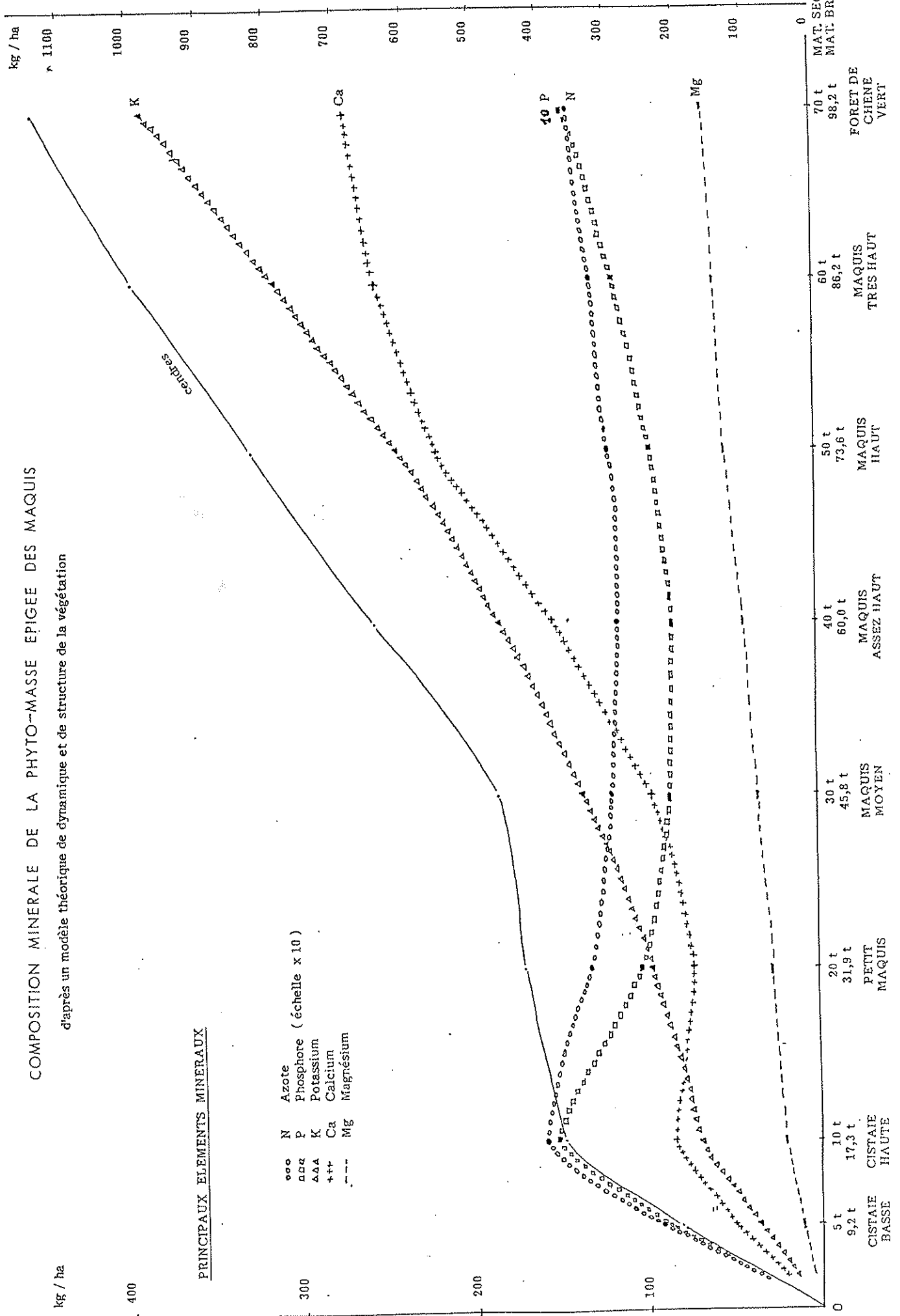
ESPECES	TYPE DE MAQUIS	CISTE DE MONTPEL. cendres		BRUYERE ARBORESCENTE		ARBOUSIER		CHENE VERT		AUTRES ESPECES herbacees(1)		ESPECES ligneuses(2)		MINERALO-MASSIE DE LA VEGETATION EpI-GER (sources et ratios exclus) en kg/ha
		N	P	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
CISTAIE BASSE 2 ans	Analyses chimiques	N	160,0	86,0							6,6			92,6
		P	9,0	9,0							0,3			9,3
		K	35,5	35,5							2,1			37,6
CISTAIE HAUTE 4 ans	Analyses chimiques	N	133,7	133,7							13,3			158,5
		P	14,0	14,0							0,6			15,2
		K	55,3	55,3							4,2			69,5
PETIT MAQUIS 10 ans	Analyses chimiques	N	94,5	51,6	50,2	28,6	6,9	0,3	1,4	0,1	88,6	13,3	1,7	133,3
		P	5,4	5,4	17,0	1,3	0,3	0,1	0,2	0,2	0,6	0,6	0,2	10,3
		K	21,3	21,3	5,5	5,5	5,2	5,2	0,9	0,9	4,2	4,2	3,5	429,9
MAQUIS MOYEN 17 ans	Analyses chimiques	N	3,2	17,2	52,6	29,9	12,4	0,5	5,6	0,2	17,7	2,7	5,3	121,4
		P	1,8	1,8	17,8	1,3	0,5	0,6	0,2	0,5	0,1	0,1	0,7	8,6
		K	9,7	9,7	5,7	5,7	9,3	9,3	3,7	2,6	0,8	0,8	10,8	463,6
MAQUIS ASSEZ HAUT 24 ans	Analyses chimiques	N	1,5	20,4	35,9	20,4	20,7	0,9	8,5	0,4	2,0	2,7	7,6	115,2
		P	0,9	0,9	12,1	0,9	0,9	1,4	0,4	0,4	0,4	0,1	1,0	8,4
		K	3,9	3,9	13,3	13,3	13,7	13,7	5,6	5,4	16,2	16,2	14,8	643,1
MAQUIS HAUT 33 ans	Analyses chimiques	N	0,8	10,9	19,1	10,9	24,8	1,1	14,1	0,6	74,0	7,4	9,5	121,9
		P	0,5	0,5	6,5	0,5	1,1	2,1	0,6	1,1	2,3	2,3	1,3	9,7
		K	2,1	2,1	9,2	9,2	16,6	16,6	9,3	11,5	34,5	34,5	19,2	832,9
MAQUIS TRES HAUT 44 ans	Analyses chimiques	N	9,6	5,4	9,6	5,4	43,8	0,8	25,4	1,1	88,8	11,4	11,4	131,0
		P	3,2	3,2	18,5	3,2	14,4	14,4	13,0	13,0	156,2	156,2	1,5	993,9
		K	1,0	1,0	5,6	1,0	19,6	19,6	25,2	25,2	75,5	75,5	22,2	314,6
FORET DE CHENE VERT 56 ans	Analyses chimiques	N	2,7	2,7	4,8	2,7	11,0	0,5	36,7	1,6	103,6	13,3	13,3	142,9
		P	0,1	0,1	1,6	0,1	0,5	237,6	1,3	88,1	18,7	266,0	1,7	14,5
		K	3,3	3,3	3,3	3,3	13,2	13,2	83,2	2,6	24,2	128,7	27,0	390,5
													273,2	
													65,4	

Essai d'appréciation de la minéralomasse épigée des maquis (d'après le modèle phytodynamique de la séquence du Chêne vert en Corse)

(1) Analyse chimique de Brachypodium ramosum var. pilosum (2) moyenne des valeurs Bruyère + Arbusier

COMPOSITION MINERALE DE LA PHYTO-MASSE EPIGEE DES MAQUIS

d'après un modèle théorique de dynamique et de structure de la végétation



PRINCIPAUX ELEMENTS MINERAUX

- ooo N Azote
- aaa P Phosphore (échelle x 10)
- AAA K Potassium
- +++ Ca Calcium
- Mg Magnésium

Stage	Weight (t)	Label
CISTAIE BASSE	9,2 t	
CISTAIE HAUTE	17,3 t	
PETIT MAQUIS	20 t	
MAQUIS MOYEN	30 t	
MAQUIS ASSEZ HAUT	40 t	
MAQUIS HAUT	50 t	
MAQUIS TRES HAUT	60 t	
MAQUIS TRES HAUT	86,2 t	
FORÊT DE CHÊNE VERT	70 t	
MAT. SECHE	70 t	
MAT. BRUTE	98,2 t	

kg / ha

kg / ha

400

300

200

100

0

Cendres

10 P

Mg

Par conséquent, il peut être recommandé, pour minimiser les exportations en azote et phosphore - les éléments les plus "précieux" des écosystèmes de nos régions - de ne récolter que des maquis de plus de 20 t MS, soit plus de 30 t en brut . Ceci correspond d'ailleurs assez bien avec la plage d'utilisation optimale du récolteur "scorpion" .

3 . Evaluation des réserves des sols

Le sol est le siège de l'absorption racinaire des végétaux supérieurs, ainsi que de l'activité de toute une microfaune et une microflore de décomposeurs bactériens et fongiques qui assurent le recyclage organominéral dans l'écosystème . Toute cette vie est localisée dans les premiers centimètres du sol, dans les horizons dits "humifères" du fait de leur couleur foncée liée à leur teneur en matière organique en cours de décomposition . Au dessous de cette couche foncée apparaît le "sous-sol" : la roche ou ses produits d'altération tels que les arènes granitiques (le "tuff") . Certaines racines vont pousser dans le sous-sol de l'eau ainsi que des minéraux issus de l'altération chimique de ce substrat géologique .

L'épaisseur des horizons humifères est souvent corrélée à la "fertilité" du sol, à sa capacité de production de biomasse . Cette épaisseur varie en fonction de la position topographique et de l'historique des peuplements végétaux du site : dégradations éventuelles par le feu, l'érosion, etc. Cette hétérogénéité nous a conduit à échantillonner les sols du site du chantier expérimental de Coti-Chiavari suivant une toposéquence représentative des diverses positions topographiques - à l'exception toutefois des vallons de faible étendue comportant des sols hydromorphes .

Quatre sols ont été décrits sur le terrain et ont fait l'objet de prélèvements d'échantillons, envoyés pour analyse au laboratoire de pédologie de la Somivac .

En l'absence de matériel spécialisé en Corse pour mesurer les densités apparentes du sol en place, nous avons mis au point une méthode expéditive personnelle dite "au sable fin" . L'échantillon est soigneusement prélevé ; son trou est alors rempli de sable fin et sec issu de la plage voisine de Vergio ; le poids de sable utilisé, divisé par sa densité - ici égale à 1,32 kg/l - permet de calculer le volume prélevé ; celui-ci rapporté au poids de l'échantillon séché donne la densité apparente de l'horizon .

Ci-contre : la description des quatre profils étudiés, les résultats des analyses et un tableau qui exprime les quantités d'éléments chimiques contenus dans le sol . Il s'agit des bases échangeables, cations adsorbés sur les colloïdes argileux ou argilo-humiques, ainsi que de l'azote libéré progressivement par minéralisation de la matière organique . Nous n'avons pu évaluer la quantité de cations non échangeables, fixés à l'intérieur des feuillets des argiles ou latents dans l'altérite des roches (méthodes d'analyse complexes, coût élevé) .

D'emblée apparaît la très faible teneur en phosphore, les autres éléments étant relativement abondants .

Au vu de ce résultat, toute production végétale devrait être compromise par le facteur limitant phosphore ! . . . ce qui est manifestement contredit par la luxuriance du maquis ! Ce serait sans compter sur les ressources de la nature et en particulier sur ces associations très particulières, symbioses entre les racines des arbres et certains champignons, associations appelées mycorhizes qui permettent d'extraire très

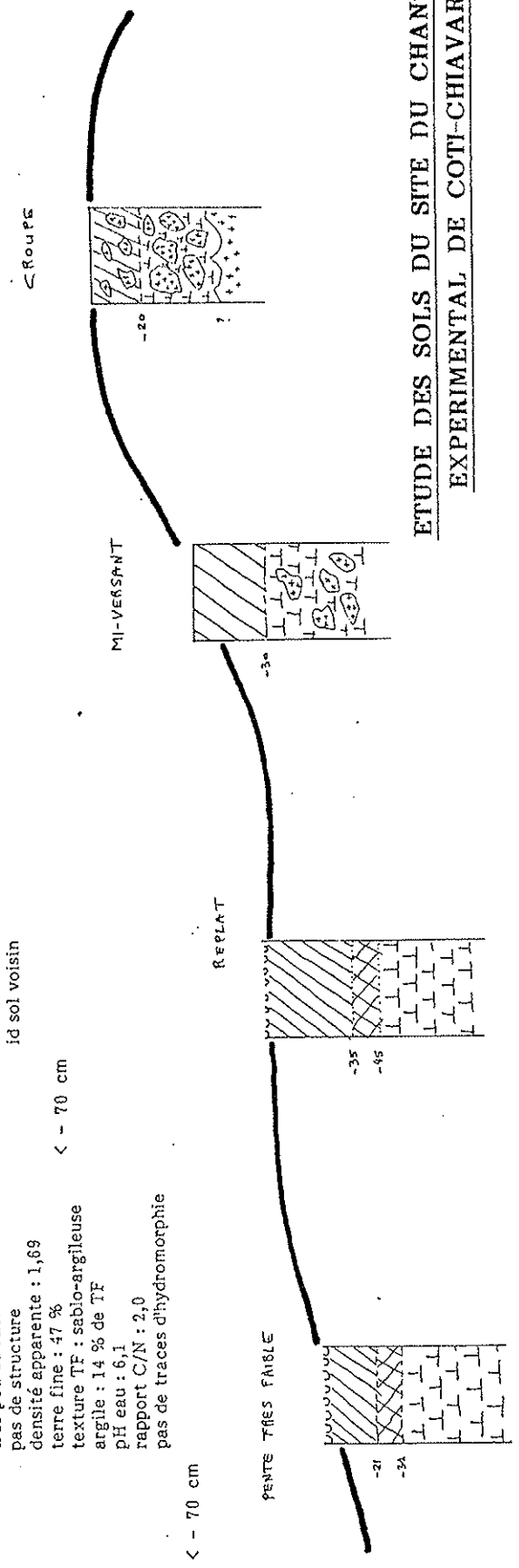
4

3

2

1

0	A00	litère	0	A00	litère	0	A1	horizon humifère
- 1 cm	A11	horizon humifère	- 0,5 cm	A11	horizon humifère	- 30 cm	C	arène granitique
		couleur Munsell : 7,5 YR 2/3 racines très abondantes structure aérée, agrégats fragiles densité apparente : 1,38 terre fine (TF) : 64 % texture TF : sableuse argile : 7 % de TF pH eau : 5,7 rapport C/N : 6,4			couleur Munsell : 7,5 YR 3/4 racines très abondantes structure très fragile densité apparente : 1,47 terre fine : 55 % texture TF : sablo-limoneuse argile : 8 % de TF pH eau : 5,7 rapport C/N : 5,5			couleur Munsell : 7,5 YR 4/3 racines abondantes structure très fragile densité apparente : 1,28 terre fine : 45 % nombreuse pierres texture TF : sablo-limoneuse argile : 10 % de TF pH eau : 6,0 rapport C/N : 3,9
- 21 cm	A12	horizon de transition	- 35 cm	A12	horizon de transition	- 45 cm	C	arène granitique
		couleur Munsell : 7,5 YR 4/6 racines assez peu abondantes pas de structure densité apparente : 1,67 terre fine : 53 % texture TF : sablo-argileuse argile : 16 % de TF pH eau : 5,9 rapport C/N : 3,0			couleur Munsell : 7,5 YR 4/6 racines peu abondantes pas de structure densité apparente : 1,64 terre fine : 63 % texture TF : sablo-limoneuse argile : 10 % de TF pH eau : 5,9 rapport C/N : 3,0			couleur Munsell : 7,5 YR 5/4 très nombreuses pierres terre fine estimée à 20 % id sol voisin < - 40 cm
- 31 cm	C	arène granitique	- 70 cm	C	arène granitique			
		couleur Munsell : 7,5 YR 5/6 très peu de racines pas de structure densité apparente : 1,69 terre fine : 47 % texture TF : sablo-argileuse argile : 14 % de TF pH eau : 6,1 rapport C/N : 2,0 pas de traces d'hydromorphie			couleur Munsell 7,5 YR 5/6 terre fine : 47 % id sol voisin			



ETUDE DES SOLS DU SITE DU CHANTIER
EXPERIMENTAL DE COTI-CHIAVARI

O.E.H.-LABORATOIRE
Montesoro
20298 BASTIA

Tel : (95) 33-38-00

Secretariat : poste 373

- ANALYSES DE SOLS -
PROVENANCE : CLIENT NO 410160 ARANDIER Louis
39169
Rue Meglietti, Bât. C
PIETRALBA
20090 AICCIO

PNEUMEMENTS EFFECTUES LE : 30/05/84
MARCHE : PRAT

ECHANTILLON	TF	HTE	GRANULOMETRIE				EAU	KCL	pH	pH + AMONI	CaO/10g	CaCO3	C	N	P	BASES ECHANGIBLES						CE	FER				
			A	LF	LG	SF										SG	Ca	Mg	K	Nh	BRZ			TOTAL	LIBRE		
1a	64	17	7	16	6	13	58	5,7	6	7,0		0,77	0,12	2		4,06	1,92	0,42	0,23								
1b	53	12	16	8	5	13	58	5,9	8			0,09	0,00	1		1,72	1,52	0,28	0,21								
1c	47	10	14	3	5	12	66	6,1	7			0,04	0,02	1		1,42	1,31	0,25	0,22								
2a	68	17	15	15	7	13	50	6,0	7			0,48	0,10	1		4,26	1,80	0,33	0,26								
2b	63	14	10	22	8	14	46	5,9	7			0,12	0,04	1		1,91	1,55	0,24	0,26								
3	55	16	8	21	7	13	51	5,7	7			0,44	0,08	1		2,77	1,58	0,37	0,25								
4	45	20	10	23	7	14	46	6,0	6	7,7		0,63	0,16	3		6,04	2,31	0,41	0,29								

Bastia le 03/07/84
LE CHEF DU SERVICE LABORATOIRE

F. ECREMENT

Référence du sol étudié	1a	1b	1c	1 tot.	2a	2b	2c	2 tot.	3a	3b	3 tot.	4a	4b	4 tot.
<u>Paramètres quantitatifs</u>														
épaisseur des horizons (→ 58cm)	20 cm	10 cm	20 cm	50 cm	35 cm	10 cm	5 cm	50 cm	30 cm	20 cm	50 cm	20 cm	30 cm	50 cm
densité apparente du sol sec	1,28	1,67	1,69		1,35	1,64	1,69		1,47	1,69		1,28	1,69	
masse des horizons secs (en t/ha)	2750	1670	3380	7810	4725	1640	850	7215	4410	3380	7790	2560	5070	7630
proportion de terre fine	64 %	53 %	47 %	54 %	68 %	63 %	47 %	64 %	55 %	30 %	44 %	45 %	20 %	28 %
masse de terre fine (en t/ha)	1768	885	1589	4240	3213	1033	400	4646	2426	1014	3440	1152	1014	2166
quantité de carbone (en kg/ha)	13500	800	640	15040	15420	1240	160	16800	10670	410	11080	7260	410	7670
matière organique : C x 1,8	24500	1400	1150	27050	27760	2230	290	30250	19210	740	19950	13070	740	13800
quantité d'azote (en kg/ha) N	2120	270	320	2710	3210	410	80	3780	1940	200	2140	1840	200	2040
minéralisation N sol x 3,5 %/an	74	10	11	95	112	14	3	130	68	7	75	64	7	71
quantité de phosphore P (kg/ha)	3,50	0,69	1,59	6,01	3,21	1,03	0,40	4,64	2,43	1,01	3,44	3,45	1,01	4,46
quantité de potassium K (kg/ha)	289	145	155	589	414	97	39	550	350	99	450	184	99	283
quantité de calcium Ca (kg/ha)	1404	304	451	2190	2738	395	113	3246	1344	288	1632	1352	288	1680
quantité de magnésium Mg (kg/ha)	407	151	250	818	706	192	63	960	460	160	620	319	160	479
quantité de sodium Na (kg/ha)	94	43	80	217	192	62	20	274	170	51	336	74	51	125

ETUDE DES SOLS DU SITE DU CHANTIER EXPERIMENTAL DE COTTI-CHIAVARI

Evaluation de la réserve des sols en éléments biogènes majeurs

(à partir d'analyses d'échantillons effectuées par la Somivac)

efficacement le phosphore et bien d'autres minéraux, bien au delà des seules bases **échangeables** fixées sur le **complexe absorbant**. L'étude des mycorhizes connaît actuellement un certain engouement dans bien des laboratoires de recherche, mais nous n'en sommes encore qu'aux balbutiements de la connaissance en ce domaine (Cf revue FORET-ENTREPRISE déc. 84).

Cependant, même si les essences forestières et les arbustes du maquis bénéficient de telles symbioses pour compenser les carences du sol, la pauvreté en phosphore reste préoccupante et nécessitera certaines précautions dans la gestion de la biomasse-énergie.

4 . Comparaison entre l'offre et la demande en minéraux

L'exploitation d'un maquis de 40 t MS (60 t brut) entraîne l'exportation d'environ 130 kg d'azote, 12 kg de phosphore, 315 kg de potassium, 260 kg de calcium, 60 kg de magnésium.

L'azote dans un tel écosystème est libéré au rythme d'environ 100 kg/an, ce qui semble bien suffisant pour assurer la repousse du maquis ; le prélèvement ne représente que 3 à 4 % des réserves du sol, ce qui paraît assez négligeable.

Le calcium et le magnésium exportés représentent également moins de 10 % des réserves dosées, ce qui n'est guère préoccupant.

Le potassium est assez abondant dans le sol, mais la biomasse en utilise beaucoup, 50 à 60 % des réserves dosées ; certes, les roches granitiques libèrent par altération beaucoup de potassium... toutefois, en cas d'exploitations répétées, tous les 10 ans par exemple, le problème peut devenir préoccupant.

Le phosphore quant à lui est plus rare, et, surtout, les exportations peuvent représenter le double, 200 % des réserves dosées ! L'appauvrissement de l'écosystème semble alors inéluctable, faute de compensation.

5 . Conséquences pratiques

Si l'on souhaite maintenir le caractère **renouvelable** de la ressource en biomasse, il apparaît indispensable de compenser les exportations minérales par des **restitutions** à l'écosystème, au moins pour les éléments les plus impliqués, à savoir le phosphore et plus secondairement le potassium.

La logique même des choses serait de restituer au sol les cendres issues de la combustion de la biomasse qui y a été prélevée...

QUANTITE DE BIOMASSE	10 t MS 18 t brut		30 t MS 46 t brut		60 t MS 86 t brut	
Cendres	204,3 kg/ha		463,6 kg/ha		993,9 kg/ha	
Azote *	(92,6)		(121,4)		(131,0)	
Phosphore	9,3	4,6 %	8,6	1,9 %	11,7	1,2 %
Potassium	37,6	18,4 %	137,1	29,6 %	314,6	31,6 %
Calcium	50,5	24,7 %	96,5	20,8 %	257,5	25,9 %
Magnésium	11,7	5,7 %	34,4	7,4 %	58,1	5,8 %

L'azote a été mis entre parenthèses car cet élément, éliminé dans les fumées, ne se retrouve pratiquement pas dans les cendres. Ces dernières sont particulièrement riches en potassium mais leur teneur en phosphore est très faible, moins de 2 % ; par conséquent, pour réaliser une restitution correcte du phosphore, il est nécessaire de répandre sur les parcelles après la récolte, environ une tonne par hectare de cendres, produit qui, en l'état, sans conditionnement particulier, est sale, hétérogène (présence de débris imbrûlés), difficile à manipuler, etc.

A priori, il semblerait plus commode, sinon plus économique, de recourir à des engrais agricoles classiques, conditionnés en granulés et très faciles à épandre à l'aide d'un matériel conventionnel. Choisir un engrais binaire phospho-potassique tel que le 0 - 15 - 30 ; une centaine de kg de cet engrais apporte autant d'éléments que plus d'une tonne de cendres, à savoir 15 kg de phosphore et 30 kg de potassium, pour un prix de 170 F (début 85), auquel il convient d'ajouter environ autant pour les frais d'épandage, ce qui porte à environ 350 F/ha le coût du maintien de la fertilité. Ces quantités d'engrais peuvent, bien entendu, être augmentées, si l'on désire élever la productivité de l'écosystème.

6. Impact comparé des autres techniques

6.1 - Le feu pastoral

L'impact d'un incendie sur le maquis est de toute autre nature ; certes, les cendres restent sur place avec tous leurs minéraux - les agriculteurs corses d'antan le savaient bien, eux qui pratiquaient l'**essartage** : brûlage contrôlé des végétaux coupés sur la friche, suivi immédiatement d'un labour à l'araire - mais aujourd'hui, faute de labour, les cendres ne sont plus enfouies et sont souvent dispersées par le vent et emportées par les eaux de ruissellement, appauvrissant ainsi la parcelle. La matière organique de surface est également détruite par le feu, les horizons humifères sont, sur les pentes, décapés par l'érosion, au grand détriment de la vie et de la fertilité du sol. La récolte de biomasse, bien que plus exportatrice, ne présente pas tous ces inconvénients.

6.2 - Le démaquisage au bull-dozer

Une telle intervention, même réalisée avec soin, avec un fléco par exemple, exporte toute la biomasse et donc toute la minéralomasse, y compris celle des souches, ainsi que partie de la litière entraînée dans les andains ; tout se retrouve dans ces gros tas de branchages enchevêtrés, au bord du champ ! Une fertilisation très conséquente devra être impérativement effectuée si l'on désire faire pousser sur la parcelle une plante fourragère par exemple - végétal dépourvu de mycorhizes pour "pomper" son phosphore. L'impact écologique est donc encore plus marqué que celui du feu.

6.3 - Le gyrobroyage

Le maquis broyé étant laissé sur place, il ne peut y avoir d'appauvrissement de l'écosystème. Le maquis repoussera d'autant plus vigoureusement... et il ne pourra être contrôlé que par une gestion rationnelle du pâturage dans le cadre d'une amélioration pastorale sans labour (APSL), ou bien par des inhibiteurs chimiques, encore peu pratiqués.

III . CONCLUSION

Au terme de ce rapport, il convient de rappeler que la Corse est richement dotée en biomasse de maquis, que ce combustible possède généralement un très bon pouvoir calorifique, et que, moyennant une légère restitution minérale au sol, cette ressource peut se renouveler quasi indéfiniment .

Certes, la nécessité de mécaniser la récolte de biomasse impose des limites à la fois technologiques et économiques au champ de la ressource effectivement exploitable, toutefois sur l'ensemble de l'île, le potentiel reste considérable, avec des concentrations remarquables dans la suberaie de Porto-Vecchio, la Plaine Orientale et ses contreforts, le Sartenais, etc .

L'apparition sur le marché d'engins récolteurs tel que le "scorpion", marque une étape vers la valorisation énergétique de cette ressource locale et nationale, répondant ainsi à un objectif de plus en plus affirmé des régions et des états de l'Europe .

Les nombreuses retombées positives sur l'aménagement du territoire, la création d'emplois, la prévention des incendies, la meilleure gestion des forêts, etc. devraient également attirer l'attention des décideurs et inciter au plus vite la mise en œuvre de réalisations concrètes sur le terrain .

BIBLIOGRAPHIE

- AFOCEL, 1982. - Culture de biomasse ligneuse, taillis à courte rotation . AFOCEL
édit. 214 p.
- ALEXANDRIAN D. et BINGGELI F. , 1984. - L'écologie prend le maquis ; forêt,
biomasse , énergie, compost. Edisud, Aix-en-Prv . 222 p.
- AMANDIER L., 1974. - Bases phyto-écologiques pour l'aménagement du paysage du
massif des Albères (Pyrénées-Orientales). Thèse docteur-ingénieur . USTL .
DDA des P.-O. 144 doubles p .
- AMANDIER L. et al., 1978. - Amélioration pastorale et prévention des incendies .
plaquette SRAF - PNRC . 32 p.
- ASSISES REGIONALES DE L' ENERGIE , 1983. - rapports et interventions présentées
à la journée de clôture . Région Corse . (rapport biomasse, 80 p.)
- BIOCHALEUR, 1984. - Etude de cohérence corse - premières estimations de la ressource .
(rapport provisoire sur biomasse et chaufferies) . 12 p.
- DOAT J. et VALETTE J.C., 1981. - Le pouvoir calorifique supérieur d'espèces forestières
méditerranéennes . Ann. Sci. forest. 38 (4) : 469-486 .
- DUCHAUFOUR P., 1965. - Précis de pédologie . Masson, Paris . 2^{ème} éd. 482 p.
- FEUILLAS D., 1979. - Méthodes et techniques d'estimation de la biomasse végétale
épigée des formations arbustives et leurs applications au maquis corse dans
la vallée du Fango . DEA Ecologie vég. Orsay . 54 p.
- HEIM G., 1974. - L'utilité du concept de valeur énergétique en écologie : une étude
basée sur des mesures effectuées sur des plantes méditerranéennes . OEcologia
Plant. 9 : 281-286 .
- INSTITUT POUR LE DEVELOPPEMENT FORESTIER
1981. - Le chauffage au bois . IDF diffusion . 122 p.
1984. - revue "Forêt-Entreprise" . 19 : la typologie et les catalogues de stations
forestières . 23 : Chauffage, quel débouché pour les petits bois . 24 : Myco-
rhizes forestières .
- INVENTAIRE FORESTIER NATIONAL , 1976-77. - Résultats de l'Inventaire Forestier
Départements de la Haute-Corse et de la Corse-du-Sud . Min. Agric. 178 p.
- INRA, 1984. - Mesures des biomasses et des accroissements forestiers . "les colloques
de l'INRA" C.R. des journées d'Orléans 3-7 oct. 83 . 356 p.
- LONG G., 1973. - Diagnostic phyto-écologique et aménagement du territoire, I :
Principes généraux et méthodes. Masson, Paris . 254 p.
- LOSSAINT P. et RAPP M., 1978. - La forêt méditerranéenne de Chênes verts .
: 129-185. in LAMOTTE M. et BOURLIERE F., Problèmes d'écologie :
Structure et fonctionnement des écosystèmes terrestres . Masson, Paris .
- ROBERT P., 1984. - De la forêt aux chaufferies à bois à alimentation automatique .
AFME - IDF. IDF diffusion . 270 p.
- SERVICE FORESTIER DE LA DDA DE CORSE-DU-SUD , 1984. - compte-rendu
d'expérimentation du scorpion 02 . Ajaccio . 12 p. + annexes .
- SODETEG , 1981. - Cartes au 1 : 25 000 "éléments pour un zonage agro-sylvo-pastoral
de la Corse " . 26 cartes polychromes . SRAF - Ajaccio .