

EVOLUTION DES TAILLIS DE CHENE PUBESCENT DANS LES ALPES DU SUD

RAPPORT D'INSTALLATION D'UN CHANTIER EXPERIMENTAL EN FORET DOMANIALE DE LURE (04)

TEXTE

R. OSTERMEYER

CEMAGREF
Division Protection des Forêts
contre l'Incendie

Groupement d'Aix-en-Provence
Etude N°39
- Octobre 1985 -

SOMMAIRE

Introduction	1
I. PRESENTATION GENERALE DE L'EXPERIMENTATION	2
1. Les questions posées	2
2. Le dispositif proposé	3
a. Principes	3
b. Dimensions	4
c. Principales variables mesurées	5
3. La station	7
a. Localisation	7
b. Caractérisation bioclimatique	7
II. IMPLANTATION DU DISPOSITIF ET REALISATION DES TRAVAUX	10
1. Balisage et mesures préliminaires à la coupe	10
Cas particulier des traitements C	13
Cas des traitements B	13
2. Répartition des traitements - marquage des éclaircies	14
3. Relevé des données écologiques et floristiques	16
4. Les travaux de coupe	18
a. Déroulement	18
b. Instructions données à l'entreprise	21

III. DONNEES BRUTES RECOLTEES AVANT ET APRES COUPE ..	22
1. Relevé des données écologiques et floristiques	22
2. Caractéristiques dendrométriques du peuplement	27
3. Cubage d'arbres abattus et mesures d'âges ...	28
4. Mesures d'éclaircissement reçu au sol	29
5. Autres données récoltées	35
a. Brins de "franc-pied"	35
b. Hauteurs de coupe des arbres	36
 IV. ANALYSE DES DONNEES	 39
1. Dendrologie	39
a. Données brutes - différences entre répétitions	39
b. Histogrammes des classes de diamètre	41
c. Histogrammes des classes d'âge	42
d. Cubage des arbres abattus - volumes	44
2. Historique du peuplement	46
3. Croissance	49
a. Couples hauteur-âge	49
b. Utilisation des facteurs écologiques	50
c. Courbes de croissance	51
d. Synthèse	53
4. Résultats des éclaircies et autres coupes pratiquées	55
5. Caractéristiques générales du dispositif	62
 V. SUIVI ULTERIEUR DU DISPOSITIF	 63
1. Facteurs stationnels	63
2. Grandeurs liées aux arbres laissés par la coupe	64
3. Mesures sur les rejets dans les traitements B et C	65
a. Traitements B	65
b. Traitements C	65

4. Observation sur les semis éventuels	66
5. Mesures d'éclairement - observations diverses	68
6. Calendrier des mesures	68
Conclusion	70
Liste des documents consultés	72

INTRODUCTION

Les taillis de chênes pubescents couvrent des surfaces importantes en région méditerranéenne. Ils étaient classiquement exploités pour en tirer du bois de feu. Le mode d'exploitation est soit la coupe à blanc, soit une coupe réservant 100 baliveaux à l'hectare.

Une étude réalisée au CEMAGREF par Y. Duché en 1983 a permis d'établir des courbes de croissance des taillis pour la région PACA. Mais cette étude a également mis en évidence un certain nombre de problèmes relatifs à l'évolution du taillis en relation avec les besoins prévisibles du marché.

C'est dans le prolongement de ce travail, pour tenter de répondre aux questions qu'il a posées, qu'un chantier expérimental a été mis en place pendant l'hiver 1985.

Le Conseil Régional P.A.C.A. et l'Office National des Forêts (Direction Régionale P.A.C.A. et Centre de Siste-ron) ont apporté l'aide nécessaire à la réalisation de ce projet.

I. PRESENTATION GENERALE DE L'EXPERIMENTATION

1. LES QUESTIONS POSEES

On peut partir des deux constatations de base suivantes :

1) Au cours des rotations successives, une souche de chêne pubescent semble vieillir, sans se renouveler par affranchissements de rejets. L'introduction de nouvelles techniques de coupe (tronçonneuse) peut avoir accentué ce défaut.

2) Il serait bon de diversifier et d'adapter les types de traitements appliqués aux taillis de chênes pubescents en fonction de leur croissance. Des meilleures stations, et pour peu qu'on laisse vieillir le peuplement, on peut en effet espérer retirer de petites grumes. Des progrès technologiques devraient permettre de scier et d'utiliser de tels bois.

Considérant l'état actuel des taillis, plusieurs questions se posent alors :

1) En cas d'abandon de toute intervention, comment se comporte le taillis ? Continue-t-il à croître régulièrement, aboutissant ainsi à une futaie sur souches spontanée ? Ou bien se met-il à dépérir à un âge plus ou moins avancé ?

2) Si l'on pratique une éclaircie des brins afin d'accélérer la conversion en futaie sur souches, comment les arbres réagissent-ils en fonction de diverses intensités d'éclaircie ? Quelle est l'intensité optimale ?

3) Lorsqu'on veut maintenir le régime du taillis, la technique de coupe employée paraît avoir un effet important sur la vigueur des futurs rejets : coupe à la tronçonneuse, coupe rez-terre à la hache, "parage" des souches à la hache .

4) Dans le régime du taillis, comment recruter des francs-pieds qui fourniront de nouvelles souches ? Pour cela, comment favoriser l'apparition de semis lors de la coupe ? La coupe à blanc est-elle satisfaisante ? Faut-il maintenir un certain abri par conservation de baliveaux ? Faut-il prévoir des coupes d'ensemencement et de mise en lumière progressive ? Ces questions se poseront d'ailleurs aussi en cas de vieillissement du taillis après l'exploitation de la futaie sur souches ainsi obtenue.

2. LE DISPOSITIF PROPOSE

a. Principes

Pour apporter des éléments de réponse à ces questions complexes, il nous a semblé préférable d'installer un dispositif relativement simple, qu'on puisse très bien dominer. Il est alors plus aisé :

- D'enregistrer au départ de façon très complète toutes les variables caractéristiques du peuplement, sachant que certaines d'entre elles se révéleront en cours de route inintéressantes et pourront être abandonnées.

- D'adapter le protocole au fur et à mesure que des éléments de réponse surgiront, en programmant par exemple de nouveaux travaux.

C'est pourquoi le dispositif adopté comprend 4 répétitions de 6 traitements chacune. Les 6 traitements sont les suivants :

- Traitement T : Aucune intervention. Assimilable à un témoin.
- Traitement 10 : Eclaircie à 10 % de la surface terrière totale.
- Traitement 20 : Eclaircie à 20 % de la surface terrière totale.
- Traitement 40 : Eclaircie à 40 % de la surface terrière totale.
- Traitement C : Coupe ne réservant que 100 baliveaux à l'hectare (méthode classique des bûcherons).
- Traitement B : Coupe à blanc. Divisé en deux sous-traitements :

- . sous-traitement BT : coupe à blanc à la tronçonneuse.

- . sous-traitement BH : coupe à blanc à la hache, le plus près possible du sol (rez-terre).

Les différentes intensités d'éclaircie ont été choisies dans une fourchette de valeurs assez faibles car on a observé sur des parefeu que les arbres font très vite des descentes de cîmes quand on ouvre un peuplement.

b. Dimensions

Les dimensions du dispositif résultent d'un compromis entre plusieurs exigences :

- être suffisamment réduites pour ne pas rendre prohibitifs les coûts d'installation et de suivi, et ne pas gêner la gestion normale de la forêt domaniale ;
- être suffisamment grandes pour que chaque placette contienne un nombre d'arbres assez important et ait des dimensions horizontales au moins égales à trois fois la hauteur des arbres ;

- permettre un nombre de répétitions suffisant pour obtenir des résultats statistiquement significatifs.

Pour concilier ces différentes exigences, des carrés de 40 m de côté ont constitué les placettes élémentaires portant chaque traitement. Une placette a donc une surface de 16 ares. Une répétition couvre $16 \times 6 = 96$ ares = 0,96 hectares. L'ensemble du dispositif occupe ainsi un peu moins de 4 hectares.

Pour alléger les mesures, et surtout pour éviter les interférences entre les différents traitements, on a limité les relevés, dans chaque carré, à un cercle de 15 m de rayon centré au même point que le carré.

c. Principales variables mesurées

Préalablement aux travaux de coupe :

- Relevé des données écologiques et floristiques en utilisant le même protocole que l'étude de Y. Duché.

- Caractéristiques dendrométriques du peuplement :

. Estimation de la hauteur dominante de chaque placette par la mesure de 10 des tiges les plus élevées. Ces tiges sont soigneusement repérées, et conservées, sauf sur les traitements B. Elles serviront par la suite à apprécier l'évolution de la hauteur dominante.

. Inventaire des diamètres à 1,30 m de tous les arbres de 7 cm de diamètre au moins.

. Evaluation de la surface terrière à partir des diamètres mesurés, et du volume sur pied à partir du tarif de cubage "peuplement" de Y. Duché.

A l'occasion des travaux de coupe :

- Analyses de tige et cubages de certains arbres abattus, selon le modèle proposé par Y. Duché (3 arbres dominants et 1 codominant par station). Ces relevés permettent :

. de compléter l'analyse dendrométrique du peuplement, en vérifiant notamment l'adéquation entre les volumes trouvés et le tarif de cubage "tige" de Duché ;

. d'obtenir des éléments d'information sur la croissance du peuplement : dans quelle classe se trouve-t-il ?

. de rechercher des éléments sur l'histoire passée de ce peuplement : dates et caractéristiques des coupes précédentes. Dans ce but, des lectures d'âge complémentaires sont pratiquées sur certaines souches d'arbres abattus.

Immédiatement après les travaux de coupe :

- Nouvel inventaire dans les traitements éclaircis pour mesurer avec précision le pourcentage de surface terrière enlevé.

- Mesure de l'éclairement reçu au sol suivant la méthode du "papier Ozalid", sur trois points dans chacune des placettes.

Le suivi ultérieur de l'évolution du peuplement concernera :

- la hauteur dominante ;

- les diamètres et la surface terrière qui serviront à estimer le volume ;

- la croissance des rejets et l'apparition éventuelle de semis ;

- la fermeture progressive du couvert grâce aux mesures d'éclairement ;

- les transformations floristiques.

Des propositions plus précises figurent en fin de rapport.

3. LA STATION

a. Localisation

Le site retenu devait remplir plusieurs conditions :

- être suffisamment homogène sur une surface d'au moins 4 hectares aux points de vue écologique et forestier ;
- être recouvert d'un taillis de chêne pubescent représentatif des bonnes classes de fertilité définies par l'étude de Duché, et déjà âgé : il faut notamment que le couvert soit fermé, pour que les éclaircies pratiquées aient un sens ;
- être accessible par une piste forestière ;
- appartenir à un propriétaire qui ne remette pas l'expérimentation en cause au bout de quelques années.

Un tel site a pu être trouvé dans la parcelle 38 de la Forêt Domaniale de Lure sur la commune de St-Etienne les Orgues (Alpes de Haute Provence, cf. carte 1), à 6 kilomètres au Nord-Nord-Est du village.

Il se situe entre 1180 et 1260 mètres d'altitude, en exposition Sud-Est, la pente étant assez constante. Le peuplement, d'une soixantaine d'années, est en limite des classes de croissance II et III définies par Duché. Le principal défaut de ce site est de se trouver à une altitude un peu élevée : on y rencontre le pin sylvestre en abondance, mais aussi le hêtre et le sapin pectiné.

b. Caractérisation bioclimatique

Il est difficile de connaître avec précision les valeurs des variables climatiques. En effet, il existe une station d'enregistrements pluviométriques à Saint-Etienne les Orgues (altitude : 690 m). Les précipitations sont certainement plus importantes à 1200 m d'altitude, ainsi que la nébulosité.

D'autre part, la station la plus proche de St-Etienne, située dans la même tranche d'altitude et d'exposition, et qui enregistre les températures, est celle de Saint-Michel l'Observatoire (alt : 650 m). Les températures sont plus basses à 1200 m d'altitude.

Les résultats des deux types de relevés sont représentés sur les graphiques n° 2 et 3, sous forme de moyennes mensuelles.

A St-Etienne, les précipitations sont surtout abondantes en automne (32 % du total annuel) et dans une moindre mesure en hiver. Le mois d'avril est souvent moins pluvieux que le mois de mai, ce qui a été vérifié en 1985 (et a occasionné des difficultés dans la mise en place du chantier). L'été n'est pas excessivement sec (19 % du total annuel des précipitations). Ces moyennes cachent des variations très importantes suivant les années (exemple : pluies de novembre : 1981 : 0,3 mm ; 1982 : 218,6 mm ; 1983 : 10,5 mm ; 1984 : 146,5 mm).

Si l'on situe St-Etienne les Orgues sur le climagramme d'Emberger, on obtient Q (coefficient d'Emberger) = 122 avec $P = 988$ mm/an, $M = 27,8^{\circ}\text{C}$ et $m = -0,4^{\circ}\text{C}$. On se trouve alors en bioclimat humide froid, assez près de l'humide frais.

Il est toujours possible de tenter une extrapolation pour mieux cerner la position de notre dispositif sur ce climagramme.

Une estimation des précipitations par analogie avec des stations météo voisines en altitude donne 1100 mm \langle - $P \langle$ 1200 mm.

Pour ce qui est des températures, on peut appliquer un gradient en baisse de $0,4^{\circ}\text{C}$ par 100 m d'altitude à partir des relevés de Saint-Michel. On obtient $M = 25,6^{\circ}\text{C}$ et $m = -2,6^{\circ}\text{C}$. On calcule alors un coefficient d'Emberger tel que $140 \langle Q \langle 150$.

Le dispositif expérimental se trouverait ainsi encore dans le bioclimat humide froid, mais très proche du

per-humide très froid. Le point obtenu tombe en dehors de l'aire de distribution classique du chêne pubescent sur le climagramme, en limite de celle du hêtre. Même si le dispositif se trouve sur un versant exposé au Sud-Est, sans doute un peu plus "chaud" que ne le prévoit l'extrapolation tentée précédemment, il est en limite de l'aire de distribution du chêne pubescent.

La confirmation en est donnée par la carte de la végétation de Ozenda. On y localise le chantier expérimental grâce à sa position géographique, et grâce aux relevés floristiques qui y ont été effectués (cf. tableaux n° 6 et 7). Le point obtenu se trouve dans l'étage subméditerranéen, série subméditerranéenne du chêne pubescent avec pin sylvestre, mais en limite de l'étage montagnard, série mésophile du hêtre. L'étage subméditerranéen de Ozenda correspond en effet classiquement aux variantes tempérées et fraîches du bioclimat humide, alors que nous sommes ici dans la variante froide.

On peut remarquer au passage que les limites des étages de végétation sont fluctuantes dans le temps. Sur le dispositif expérimental par exemple, le hêtre et le sapin pectiné, fréquents en semis sous le couvert de chêne pubescent, pourraient indiquer un début de "remontée biologique", vers la hêtraie.

II. IMPLANTATION DU DISPOSITIF ET REALISATION DES TRAVAUX

1. BALISAGES ET MESURES PRELIMINAIRES A LA COUPE

- Délimitation, sur une surface supérieure à 4 hectares, d'un peuplement de chênes aussi pur et homogène que possible. La sélection se fait "à l'oeil" sur les critères de hauteur, densité, diamètre moyen et surtout pureté du peuplement. Certaines places sont en effet trop riches en pins sylvestres. La surface utilisable finalement retenue mesure environ 5 hectares.

- Dans ce peuplement, repérage et marquage sur le terrain de 4 répétitions de 1 hectare, divisées chacune en 6 carrés de 40 m de côté. Nous avons donc eu une faible latitude pour implanter ces 4 répétitions. La disposition finale est représentée sur la figure 4. La répétition I est isolée des trois autres (numérotées II, III et IV en s'élevant en altitude), et présente une forme irrégulière.

Les limites des carrés sont matérialisées sur le terrain par des arbres marqués d'un anneau de peinture blanche à 1,30 m du sol.

L'arbre le plus proche de chaque coin du carré porte deux anneaux de peinture blanche. Ce sont, dans la mesure du possible, des arbres "d'avenir" qui ont été ainsi peints.

- Le centre du carré a ensuite été repéré par l'intersection de ses deux diagonales. Une borne du type de celles qu'emploient les géomètres, avec une tête en résine jaune, est plantée en ce point. 4 points de peinture bleue sur des piquets ou à la base des arbres proches définissent 2 lignes qui se coupent également en ce point. C'est une sécurité en cas de vol de la borne et cela permet en plus de la retrouver sous une couche de neige, fréquente à cette altitude. A l'aide d'un dendromètre de type "Blume-Leiss" et d'une mire de Pardé, la circonférence du cercle de 15 m de rayon a été matérialisée : les arbres les plus externes encore inclus dans le cercle ont reçu un point de peinture bleue visible du centre de ce cercle.

- Un inventaire exhaustif des arbres situés dans ce cercle est ensuite réalisé pour chacun des 24 traitements. On mesure les diamètres à 1,30 m, en ne retenant que les diamètres au moins égaux à 7 cm. Le mètre souple gradué en centimètres de diamètre a été utilisé de préférence au pied à coulisse. Les arbres ont en effet souvent une forme irrégulière. L'espèce est notée pour chaque arbre. Les données de l'inventaire sont reportées sur une fiche du type de celle qui est reproduite sur la page suivante.

A l'occasion de cet inventaire, les 10 arbres dominants inclus dans le cercle sont soigneusement repérés à l'aide d'un large anneau de peinture jaune. Leur hauteur est mesurée. Sauf dans les coupes à blanc, ces arbres seront conservés pour fournir la référence de hauteur dominante. Ils doivent donc être franchement dominants. Nous avons toutefois évité de mesurer de vieilles réserves dont la hauteur est nettement supérieure à celle du taillis environnant, car cela aurait conduit à surestimer la croissance et le volume du peuplement.

SYLVICULTURE CHÊNE PUBESCENT

SAINT-ETIENNE-LES-ORGUES -

Feuille d'inventaire : Date :

Parcelle :

CHENES PUBESCENTS DIAMETRES :

07
08
09
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30

PINS SYLVESTRES :

07	08	09	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31	32	33
34	35	36	37	38	39	40	41	42
43	44	45	46	47	48	49	50	51

METRES :

ERABLE (f. obier) :

AUTRES ESSENCES :

HAUTEURS DES 10 CHÊNES DOMINANTS (m) :

Cas particulier des traitements C :

Dans les traitements C, coupe classique, les 10 arbres dominants représentent également les seuls baliveaux qui seront épargnés par la coupe. Pour cette raison, ils doivent être choisis particulièrement bien conformés, droits, pas trop filiformes, sains, et, chaque fois que cela s'avère possible, de franc-pied ou supposés tels. Il faut éviter également de garder trop de "réserves" dont l'âge dépasse déjà une rotation. En fait, 4 réserves ou supposées telles seront conservées dans la répétition I, et une dans la répétition III, et deviendront donc des "modernes".

Par souci d'homogénéité avec les autres traitements, nous avons préféré réserver 10 baliveaux sur les cercles du traitement C. Ceci donne une densité de $10/\pi \cdot 15^2/10\ 000 = 141$ baliveaux à l'hectare, au lieu des 100 théoriques. Ceci n'est pas un inconvénient dans la mesure où, habituellement, les bûcherons réservent 150 ou 200 baliveaux à l'hectare plutôt que 100. Notre chiffre représente donc bien la réalité de ce qui se pratique.

Le marquage des baliveaux est étendu par la même occasion à l'ensemble du carré (marquage en "réserve"). Les dix baliveaux inclus dans le cercle de mesure sont distingués par un point bleu au-dessus de l'anneau jaune.

Cas des traitements B

La séparation en deux des carrés destinés à être coupés à blanc est faite dans le sens de la pente. Une ligne de piquets et d'arbres peints en rouge délimite les deux parties, et passe par le centre du cercle de mesure. Il a été décidé arbitrairement que la partie Nord-Est sera coupée à la hache (sous-traitement BH) et la partie Sud-Ouest à la tronçonneuse (sous-traitement BT) dans chaque carré.

2. REPARTITION DES TRAITEMENTS - MARQUAGE DES ECLAIRCIES

L'inventaire permet de calculer la surface terrière du chêne et des essences annexes (cf. § III). La principale essence annexe, le pin sylvestre, était gênante à plus d'un titre. Elle risquait notamment d'ensemencer les carrés portant les traitements B et C, contigus aux éclaircies. L'exemple de bandes de dissémination de cèdres récemment implantées au voisinage confirmait ce danger. Une importante régénération de pins dans ces traitements aurait pu empêcher le développement d'éventuels semis de chêne. Tous les pins situés au voisinage immédiat des carrés B et C ont d'ailleurs été coupés.

D'autre part, une expérimentation sur la sylviculture du chêne est un travail de longue haleine. Des travaux complémentaires pourront être programmés après quelques années. Il est donc préférable de partir d'un peuplement qui soit le plus pur possible, et d'éliminer les essences annexes.

Pour ces deux raisons, il a été décidé d'éliminer systématiquement les pins sylvestres dans les carrés éclaircis. Cette option a trois inconvénients qui peuvent être gênants, surtout en début d'expérimentation :

- La taille importante des arbres enlevés crée des "trous" dans les éclaircies, au lieu d'une ouverture uniforme du couvert.

- Le rapport de la surface terrière enlevée à l'ouverture du couvert n'est sans doute pas le même que si l'on n'avait enlevé que des chênes. On devra en tenir compte lors de l'interprétation des mesures d'éclaircissement.

- La proportion de surface terrière en pins étant importante, on sera amené dans plusieurs carrés à n'enlever que du pin, ce qui empêche de faire une sélection parmi les brins de chêne.

La répartition des traitements à l'intérieur de chaque répétition aurait dû être tirée au sort. Deux types de contraintes l'ont interdit :

- La proportion de surface terrière en pins variait selon les carrés entre 1 et 41 % du total, avec une moyenne à 21 %. Seulement 4 carrés présentaient une proportion égale ou inférieure à 10 %. Pour enlever tous les pins dans les 4 traitements 10, il fallait essayer de faire coïncider ceux-ci avec ceux-là. De même pour les traitements 20, sachant que pour 7 carrés seulement la proportion était comprise entre 11 et 20. Une proportion de pins moyenne a été réservée pour les traitements témoins T (moyenne sur les 4 répétitions : 21 %).

- Pour des questions de coût, de surface disponible et d'allègement du travail, il était difficile de ménager des chemins entre les différents carrés. Le débardage et la sortie des bois coupés ne pouvaient donc se faire qu'à partir des carrés traités en coupe à blanc ou en coupe classique, dans lesquels des engins peuvent circuler. Ainsi, pour limiter les distances de transport des bois dans les éclaircies, il fallut s'arranger pour toujours flanquer un carré éclairci d'un carré coupé à blanc ou à 100 baliveaux/ha.

La répartition finale des traitements, représentée sur la figure 4, a donc été en grande partie dictée par ces deux contraintes. Le traitement appliqué à chaque carré est indiqué par son code sur l'arbre matérialisant le coin Est du carré.

Les carrés portant le traitement C sont marqués en réserve. Il ne reste donc plus qu'à désigner les arbres à enlever (marquage "en abandon") dans les éclaircies (12 carrés). L'habitude locale étant de marquer en réserve au moyen d'une griffe, les arbres à enlever ont été désignés par un flaschi à la serpe, bien visible, pour ne pas induire les bûcherons en erreur.

Une fois les pins éliminés, il ne reste plus qu'un faible pourcentage de la surface terrière à enlever en chênes. Il est facile, préalablement au marquage, d'estimer à peu près le nombre d'arbres de la catégorie voulue que cela représente. Ces arbres sont ensuite choisis dans les étages dominants et codominants, de façon à ouvrir le couvert au profit des tiges restantes. Il n'y a aucun bénéfice à éliminer des arbres dominés, qui peuvent au contraire servir de "bourrage". Les règles classiques d'éclaircie sont ainsi appliquées.

La proportion de surface terrière enlevée a été volontairement très légèrement sous-estimée en prévision de la "casse" provoquée dans les chênes par l'abattage des gros pins.

Parmi les autres essences annexes, les hêtres ont été enlevés quelquefois, en particulier quand il s'agissait de gros semenciers mal conformés. On peut remarquer en effet, dans les bandes de dissémination de cèdres, des semis de hêtre assez abondants. Les feuillus précieux (érables à feuilles d'obier, sorbiers) ont été conservés. Les rares sapins ont été favorisés.

3. RELEVÉ DES DONNÉES ECOLOGIQUES ET FLORISTIQUES

Ces relevés ont été réalisés suivant le protocole simplifié proposé par Duché (cf. § III). Ils ont pour but d'estimer la fertilité de la station pour le chêne pubescent, par un autre moyen que les analyses de tiges. Les deux estimations sont ensuite comparées.

Le problème est ici de définir la taille de la station "écologiquement homogène" sur laquelle s'applique le protocole de Duché. L'idéal aurait été de prendre comme stations de base les cercles de 0,07 hectare. Mais cela aurait conduit à une multiplication des relevés. Pour

réduire les variations géographique (460 m) et altitudinale (80 m), un bon compromis consiste à prendre comme station de base la répétition. On fait alors quatre séries de relevés sur l'ensemble du dispositif. Le même concept de station sera repris à l'occasion des analyses de tige. Les chiffres obtenus pourront être comparés répétition par répétition.

Les relevés écologiques concernent essentiellement des variables pédologiques et topographiques (fiches pp.23-26) Les points de relevé sont répartis sur l'ensemble de la station-répétition.

Pour ce qui est des relevés floristiques, la situation est un peu différente. En effet, il est prévu dans le protocole de s'intéresser aux transformations floristiques induites par les différentes coupes pratiquées. Il est donc nécessaire de connaître avec précision la composition floristique de départ pour chacun des carrés élémentaires. Un relevé aussi complet que possible est donc pratiqué sur chaque carré (il n'est pas utile de se limiter au cercle central à cette occasion). On note toutes les espèces présentes sans se préoccuper de leur abondance. On a notamment fait un relevé principal en "hiver" (11 au 23.04.85), complété de deux autres passages à des saisons différentes (18.06.85 et 23.07.85) dans le but d'enregistrer même les espèces qui ne sont reconnaissables que pendant une partie de l'année. A chaque fois, 3 strates sont distinguées : strate arborescente (au-dessus de 2 m), strate arbustive (en-dessous de 2 m), strate herbacée (plantes non ligneuses). Les résultats sont résumés dans les tableaux n° 6 et 7.

Ensuite, pour l'étude de station, la composition floristique d'une répétition est constituée par la somme des différentes espèces rencontrées sur l'ensemble des 6 carrés de cette répétition. C'est en quelque sorte un relevé floristique "de luxe".

La présence d'éventuels semis de chêne préexistant à la coupe est notée à cette occasion.

4. LES TRAVAUX DE COUPE

a. Déroulement

Les travaux ont été confiés à une entreprise locale, qui s'est engagée à faire un travail très soigné. La coupe proprement dite a eu lieu entre le 10 avril et le 3 mai 1985, c'est-à-dire en dehors de la période de végétation, avant que le chêne ne débouresse. A cette altitude, les premiers signes de débouressement ont été notés le 10 mai 1985 dans les parties les plus basses du chantier, la date moyenne pour l'ensemble du dispositif se situant autour du 15-20 mai. Avant le 10 avril, la neige empêchait de commencer le travail. La dernière averse de neige a d'ailleurs eu lieu aussi tard que le 7 mai.

Les 8 coupes à blanc et coupes classiques sont réalisées en premier. Le sol est soigneusement nettoyé des rémanents disposés en andains sur les pourtours des carrés. Le bois est enstéré sur la coupe au fur et à mesure. L'évacuation des rémanents prend pratiquement autant de temps que la coupe et l'enstéragé.

Sur ces 8 premiers carrés, les temps de travaux sont les suivants :

- 173 heures de tronçonnage, soit 135 heures/ha .
 - 327 heures d'enstéragé et nettoyage, soit 255 heures/ha.
- Le temps de nettoyage étant estimé à 195 heures/ha, un travail normal sans nettoyage comme celui qui est habituellement demandé aux bûcherons aurait pris 195 heures/ha (tronçonnage + enstéragé), soit 22 jours pour un ouvrier travaillant 9 heures par jour.

Les 12 coupes d'éclaircie ont été faites ensuite. Effectuées en laissant dans un premier temps bois et rémanents sur place pour finir la coupe le plus vite possible, elles ont demandé 44 heures de tronçonnage. Ceci donne 23 heures de tronçonnage à l'hectare pour une éclaircie moyenne à 20 % de la surface terrière. Ce chiffre est faible, surtout si l'on se rappelle que les arbres enlevés comportaient beaucoup de gros pins difficiles à couper sans "casse". Ce chiffre comprend en outre le billonnage des arbres. Le coût des éclaircies s'établit ainsi à 2 140 F H.T./ha en moyenne.

En restant prudent sur la précision des valeurs annoncées, on peut même ventiler les temps de coupe dans les éclaircies en fonction de l'intensité de l'éclaircie. On obtient en moyenne les chiffres suivants :

- Eclaircies à 10 % de la surface terrière : 2 heures 10 minutes par carré de 16 ares, soit environ 14 heures/ha, soit 1300 F/ha.
- Eclaircies à 20 % de la surface terrière / 2 heures 50 minutes par carré de 16 ares, soit environ 18 heures/ha, soit 1670 F/ha.
- Eclaircies à 40 % de la surface terrière : 6 heures 40 minutes par carré de 16 ares, soit environ 42 heures/ha, soit 3900 F/ha (ce dernier chiffre est élevé car on avait réservé les parcelles comportant les plus gros pins, donc les plus difficiles à couper, pour les traitements 40).

Ces prix modérés ne sont pas rédhibitoires pour de telles opérations.

Le travail qui a suivi, à savoir l'évacuation du bois et des rémanents des carrés éclaircis, n'est envisageable que pour un dispositif à caractère expérimental. Tout le transport du bois s'effectue en effet à la main jusqu'à la coupe à blanc ou au chemin le plus proche. 216 heures furent nécessaires pour achever cette tâche, soit 112 heures/hectare, entre le 6 et le 14 mai 1985. Une débroussailleuse fut passée rapidement sur les carrés portant les traitements B et C pour éliminer les touffes

restantes de genévrier, ronce, aubépine, et rejets de chênes (6 heures, soit 5 heures/ha).

Non compris l'ouverture de voies de vidange et le chargement du bois par les engins, les temps de travaux totaux furent donc les suivants :

- ouvrier avec tronçonneuse : 217 h
- ouvrier avec débroussailleuse : 6 h
- ouvrier seul : 543 h

Si l'on y inclut le temps passé à l'ouverture de voies de vidange, le coût global de mise en place du dispositif s'établit à 58 000 F H.T. environ.

La dernière opération a été le chargement et l'évacuation du bois enstéré sur les coupes classiques et les coupes à blanc. Par suite de retards dûs à un mois de mai pluvieux puis à des problèmes de pannes d'engins, l'enlèvement du bois a duré du 1er au 27 juin 1985. Or, dans les traitements B et C, certaines souches ont commencé à émettre des rejets dès le 31 mai. Au 13 juin, la moitié des souches portent des rejets, proportion portée à 70-80 % au 18 juin. A ce moment, de nombreux rejets sont écrasés par les roues des engins, surtout aux endroits de passages répétés. Toutefois, assez rares sont les souches desquelles tous les rejets ont été arrachés. Il faudra tenir compte de cet incident au moment d'exploiter les données concernant la croissance des rejets. La croissance de la première année pourra avoir été artificiellement diminuée dans certains cas.

Enfin, quelques réserves dans les parcelles portant le traitement C ont été blessées à 1 ou 2 m du sol par l'engin de débardage.

Dans son ensemble, la mise en place du dispositif expérimental se sera étalée sur 4 mois, du 25 février au 27 juin 1985.

b. Instructions données à l'entreprise

- Coupes à blanc et coupes classiques : toute la végétation doit disparaître du carré, y compris morts-bois, petits bois, branches et éventuels rejets. Le tout est andainé sur les pourtours du carré, en tous cas en dehors du rond central, de telle façon que rien ne vienne gêner l'éventuelle apparition de semis, et que les mesures soient facilitées.

Dans les sous-traitements BH, les chênes sont coupés à la hache le plus près possible du sol. Les autres essences peuvent être coupées à la tronçonneuse.

- Eclaircies : essayer de faire le moins de casse possible dans les chênes en coupant les gros pins sylvestres. Les plus gros d'entre eux seront étêtés après grimpage, avant d'être coupés au niveau du sol. Faire tomber les arbres en direction de l'extérieur du rond central pour diminuer la distance de transport des résidus.

- Après la fin de la coupe, enlever le bois enstéré le plus vite possible.

Dans l'ensemble, grâce à un encadrement constant, ces instructions ont été respectées. Le travail réalisé a été d'assez bonne qualité. Il faut toutefois remarquer qu'il sort largement des habitudes locales et même régionales.

III. DONNEES BRUTES RECOLTEES AVANT ET APRES COUPE

1. RELEVÉ DES DONNEES ECOLOGIQUES ET FLORISTIQUES

Duché a proposé une fiche simplifiée de relevé des facteurs influant sur la croissance du chêne pubescent. 4 fiches correspondant aux 4 répétitions-stations ont été remplies (pp. 23 à 26).

Des observations complémentaires ont été réalisées sur le sol : la roche mère est un calcaire à silex du Bédoulien (crétacé inférieur) orienté selon un pendage presque conforme, de pente très légèrement plus forte que celle du versant. Ceci fait qu'on retrouve vite au-dessus du chantier l'étage plus ancien du Barrémien. Le calcaire à silex, de couleur claire, est très dégradé en galets plats, et surmonté par endroits d'un colluvium de 20 à 25 cm d'épaisseur. Le sol est du type brun lessivé, assez profond. La terre a une texture argilo-limoneuse, une très bonne structure, et est très humifère (humus de type mull.). La microfaune du sol paraît riche (nombreux lombrics et arthropodes).

Les relevés floristiques sont résumés dans les tableaux des figures 6 et 7). Ils ont permis de calculer la valeur du test botanique t pour chacune des 4 répétitions (pp. 23 à 26). Ils ont été réalisés au cours de 3 visites : 11.04.85 - 18.06.85 - 23.07.85. Les dénominations utilisées sont tirées des flores de Coste et de

Répétition I11.04.85PROJET DE FICHE SIMPLIFIEE1) RELEVES DENDROMETRIQUESHauteur dominante
(en cm)1,1,0 1,1,2 1,0,1 1,1,1 101 111 1 MoyAge de la tige
(en années)5,9 5,9 5,7 5,6 1
(2 dominants + 2 codominants)2) RELEVES ECOLOGIQUES. Au bureau : Altitude (m) : 1190
Roche mère : calcaire à silex s'altérant en galets plats
(voir manuel de codification)

. Sur le terrain :

Profondeur en 5 sondages (cm) à la tarière à vis hélicoïdale

4,0 4,5 6,0 5,0 5,5 1Pourcentages : - de roche mère en place en affleurement : 0%
- de cailloux en affleurement : < 1%
- de cailloux dans le sol : 2-4%
(0-10 %, 10-30 %, 30-60 %, 60-100 %)Position topographique : replat peu accentué sur mi-versant
(plat, replat, croupe, haut de versant, mi-versant, bas de versant, dépression =
fond de vallon, anciennes restanques)Pente (%) : 14 - 12 - 15 - 17 - 17 $\bar{m} = 15$ Pendage : légèrement inverse

Pour les variables floristiques, voir au dos.

Indice de croissance estimé d'après les courbes âge-hauteur

7

Indice de croissance estimé d'après l'arbre de segmentation

7,5m - 11,5m 9

Observations : facteurs pouvant expliquer la différence entre ces 2 estimations

.....
..... test botanique incertain
.....

Répetition I

Plantes de bonne croissance		
	Présence	absence
	1	0
<i>Hedera helix</i>		0
<i>Crataegus monogyna</i>	1	
<i>Cornus sanguinea</i>		0
<i>Ligustrum vulgare</i>		0
<i>Rosa arvensis</i>		0
<i>Poa nemoralis</i>		0
<i>Viola Sp</i>	1	
<i>Erica arborea</i>		0
<i>Sorbus domestica</i>	1	
<i>Astragalus monspeliensis</i>		0
<i>Calluna vulgaris</i>	1	
<i>Lonicera etrusca</i>		0
<i>Corylus avellana</i>		0
<i>Asplenium adiantum nigrum</i>		0
<i>Coronilla emerus</i>		0
<i>Viburnum lantana</i>	1	
<i>Sorbus aria</i>	1	
Nombre de plantes de bonne croissance $N_1 = 6$		

Plantes de mauvaise croissance		
	Présence	absence
	1	0
<i>Thymus vulgaris</i>		0
<i>Aphyllantes monspeliensis</i>		0
<i>Amélanchier ovalis</i>		1
<i>Teucrium chamaedrys</i>		0
<i>Lavandula vera</i>		0
<i>Sedum annopetalum</i>		0
<i>Brachypodium phoenicodes</i>		0
<i>Satureia montana</i>		0
<i>Brachypodium ramosum</i>		0
<i>Genista hispanica</i>		1
<i>Festuca ovina</i>		0
<i>Teucrium polium</i>		0
<i>Buxus sempervirens</i>		0
<i>Rosmarinus officinalis</i>		0
<i>Genista scorpius</i>		0
Nombre de plantes de mauvaise croissance $N_2 = 2$		

$$\text{Test botanique } t = N_1 - N_2 = 4$$

Répetition II16.04.85PROJET DE FICHE SIMPLIFIEE1) RELEVES DENDROMETRIQUESHauteur dominante
(en dm)

1,14	1,14	1,12	1,95	99	100	1
------	------	------	------	----	-----	---

Age de la tige
(en années)

5,8	5,6	5,6	5,6	
-----	-----	-----	-----	--

(2 dominants + 2 codominants)

2) RELEVES ECOLOGIQUES

. Au bureau :

Altitude (m) : 1220

Roche mère : calcaire à silex s'altérant en galets plats
(voir manuel de codification)

. Sur le terrain :

Profondeur en 5 sondages (cm) à la tarière à vis hélicoïdale

3,5	5,0	8,0	3,5	3,0	
-----	-----	-----	-----	-----	--

Pourcentages :

- de roche mère en place en affleurement : 0%
 - de cailloux en affleurement : 1%
 - de cailloux dans le sol : 8-9%
- (0-10 %, 10-30 %, 30-60 %, 60-100 %)

Position topographique : mi. versant

(plat, replat, croupe, haut de versant, mi-versant, bas de versant, dépression = fond de vallon, anciennes restanques)

Pente (°) : 21-23-23-24-23 $\bar{m} = 23$

Pendage : très légèrement inverse

Pour les variables floristiques, voir au dos.

Indice de croissance estimé d'après les courbes âge-hauteur

Indice de croissance estimé d'après l'arbre de segmentation 7,5m - 11,5m

Observations : facteurs pouvant expliquer la différence entre ces 2 estimations

.... test botanique incertain

Plantes de bonne croissance	
	Présence absence
	1 0
<i>Hedera helix</i>	0
<i>Crataegus monogyna</i>	1
<i>Cornus sanguinea</i>	0
<i>Ligustrum vulgare</i>	0
<i>Rosa arvensis</i>	0
<i>Poa nemoralis</i>	0
<i>Viola Sp</i>	0
<i>Erica arborea</i>	0
<i>Sorbus domestica</i>	1
<i>Astragalus monspeliensis</i>	0
<i>Calluna vulgaris</i>	1
<i>Lonicera etrusca</i>	0
<i>Corylus avellana</i>	0
<i>Asplenium adiantum nigrum</i>	0
<i>Coronilla emerus</i>	0
<i>Viburnum lantana</i>	1
<i>Sorbus aria</i>	1
Nombre de plantes de bonne croissance $N_1 = 5$	

Plantes de mauvaise croissance	
	Présence absence
	1 0
<i>Thymus vulgaris</i>	0
<i>Aphyllantes monspeliensis</i>	0
<i>Amélanchier ovalis</i>	1
<i>Teucrium chamaedrys</i>	0
<i>Lavandula vera</i>	0
<i>Sedum annopetalum</i>	0
<i>Brachypodium phoenicodes</i>	0
<i>Satureia montana</i>	0
<i>Brachypodium ramosum</i>	0
<i>Genista hispanica</i>	1
<i>Festuca ovina</i>	0
<i>Teucrium polium</i>	0
<i>Buxus sempervirens</i>	0
<i>Rosmarinus officinalis</i>	0
<i>Genista scorpius</i>	0
Nombre de plantes de mauvaise croissance $N_2 = 2$	

$$\text{Test botanique } t = N_1 - N_2 = 3$$

Répetition III17.04.85PROJET DE FICHE SIMPLIFIEE1) RELEVES DENDROMETRIQUESHauteur dominante
(en dm)1,0,5 1,0,4 1,0,8 1,1,3 103 100Age de la tige
(en années)5,0 5,4 5,5 5,5
(3 dominants + 1 codominant)2) RELEVES ECOLOGIQUES

. Au bureau : Altitude (m) : 1235
 Roche mère : calcaire à silex s'altérant en galets plats
 (voir manuel de codification)

. Sur le terrain :

Profondeur en 5 sondages (cm) à la tarière à vis hélicoïdale

3,0 5,0 6,5 5,5 6,0

Pourcentages : - de roche mère en place en affleurement : 0%
 - de cailloux en affleurement : < 1%
 - de cailloux dans le sol : 4-5%
 (0-10 %, 10-30 %, 30-60 %, 60-100 %)

Position topographique : mi-versant
 (plat, replat, croupe, haut de versant, mi-versant, bas de versant, dépression =
 fond de vallon, anciennes restanques)

Pente (%) : 23-22-23-24-24 $\bar{m} = 23$ Pendage : très légèrement inverse

Pour les variables floristiques, voir au dos.

Indice de croissance estimé d'après les courbes âge-hauteur

Indice de croissance estimé d'après l'arbre de segmentation 7,5m - 11,5m

Observations : facteurs pouvant expliquer la différence entre ces 2 estimations

.... test botanique incertain

Plantes de bonne croissance	
	Présence absence 1 0
<i>Hedera helix</i>	0
<i>Crataegus monogyna</i>	1
<i>Cornus sanguinea</i>	0
<i>Ligustrum vulgare</i>	0
<i>Rosa arvensis</i>	0
<i>Poa nemoralis</i>	0
<i>Viola Sp</i>	1
<i>Erica arborea</i>	0
<i>Sorbus domestica</i>	1
<i>Astragalus monspeliensis</i>	0
<i>Calluna vulgaris</i>	1
<i>Lonicera etrusca</i>	0
<i>Corylus avellana</i>	0
<i>Asplenium adiantum nigrum</i>	0
<i>Coronilla emerus</i>	0
<i>Viburnum lantana</i>	1
<i>Sorbus aria</i>	1
Nombre de plantes de bonne croissance $N_1 = 6$	

Plantes de mauvaise croissance	
	Présence absence 1 0
<i>Thymus vulgaris</i>	0
<i>Aphyllantes monspeliensis</i>	0
<i>Amélanchier ovalis</i>	1
<i>Teucrium chamaedrys</i>	0
<i>Lavandula vera</i>	1
<i>Sedum annopetalum</i>	0
<i>Brachypodium phoenicodes</i>	0
<i>Satureia montana</i>	0
<i>Brachypodium ramosum</i>	0
<i>Genista hispanica</i>	1
<i>Festuca ovina</i>	0
<i>Teucrium polium</i>	0
<i>Burus sempervirens</i>	0
<i>Rosmarinus officinalis</i>	0
<i>Genista scorpius</i>	0
Nombre de plantes de mauvaise croissance $N_2 = 3$	

Test botanique $t = N_1 - N_2 = 3$

Répetition IV

23.04.85

PROJET DE FICHE SIMPLIFIEE

1) RELEVES DENDROMETRIQUES

Hauteur dominante (en dm) 1,0,0 1,1,3 1,0,6 1,2,3 118 117

Age de la tige (en années) 4,6 5,6 5,5 5,5

(1 dominant + 3 codominants)

2) RELEVES ECOLOGIQUES

. Au bureau : Altitude (m) : 1250
 Roche mère : calcaire à silex s'altérant en galets plai
 (voir manuel de codification)

. Sur le terrain :

Profondeur en 5 sondages (cm) à la tarière à vis hélicoïdale

3,5 4,5 6,0 4,5 6,5

Pourcentages : - de roche mère en place en affleurement : 0%
 - de cailloux en affleurement : 1-2%
 - de cailloux dans le sol : 5-7% jusqu'à 25cm, 50% après 25
 (0-10 %, 10-30 %, 30-60 %, 60-100 %)

Position topographique : mi-versant
 (plat, replat, croupe, haut de versant, mi-versant, bas de versant, dépression = fond de vallon, anciennes restanques)

Pente (%) : 24-23-24-23-24 $\bar{m} = 24$

Pendage : très légèrement inverse

Pour les variables floristiques, voir au dos.

Indice de croissance estimé d'après les courbes âge-hauteur

Indice de croissance estimé d'après l'arbre de segmentation 6,0m - 9,0m

Observations : facteurs pouvant expliquer la différence entre ces 2 estimations

.....

Plantes de bonne croissance	
Présence	absence
1	0
<i>Hedera helix</i>	0
<i>Crataegus monogyna</i>	1
<i>Cornus sanguinea</i>	0
<i>Ligustrum vulgare</i>	0
<i>Rosa arvensis</i>	0
<i>Poa nemoralis</i>	0
<i>Viola Sp</i>	1
<i>Erica arborea</i>	0
<i>Sorbus domestica</i>	0
<i>Astragalus monspeliensis</i>	0
<i>Calluna vulgaris</i>	1
<i>Lonicera etrusca</i>	0
<i>Corylus avellana</i>	0
<i>Asplenium adiantum nigrum</i>	0
<i>Coronilla emerus</i>	0
<i>Viburnum lantana</i>	1
<i>Sorbus aria</i>	1
Nombre de plantes de bonne croissance $N_1 = 5$	

Plantes de mauvaise croissance	
Présence	absence
1	0
<i>Thymus vulgaris</i>	0
<i>Aphyllantes monspeliensis</i>	0
<i>Amélanchier ovalis</i>	1
<i>Teucrium chamaedrys</i>	1
<i>Lavandula vera</i>	0
<i>Sedum annopetalum</i>	0
<i>Brachypodium phoenicodes</i>	0
<i>Satureia montana</i>	0
<i>Brachypodium ramosum</i>	0
<i>Genista hispanica</i>	1
<i>Festuca ovina</i>	0
<i>Teucrium polium</i>	0
<i>Buxus sempervirens</i>	0
<i>Rosmarinus officinalis</i>	0
<i>Genista scorpius</i>	0
Nombre de plantes de mauvaise croissance $N_2 = 3$	

$$\text{Test botanique } t = N_1 - N_2 = 2$$

Bonnier. Les semis de chêne préexistants à la coupe ont été recherchés à cette occasion.

2. CARACTERISTIQUES DENDROMETRIQUES DU PEUPELEMENT

Les données récoltées sont résumées dans les tableaux des figures 8 à 10, parcelle par parcelle. Les inventaires avant coupe et après coupe sont mis en parallèle pour mieux se rendre compte des effets des éclaircies. Les inventaires avant coupe ont été réalisés entre le 27.02.85 et le 26.03.85. Les inventaires après coupe ont été faits entre le 06.05.85 et le 10.05.85. Les résultats sont également réunis par groupes de traitements identiques, mais ventilés en fonction des classes de diamètre, sous forme d'histogrammes (fig. 11 à 17). Puis la population est représentée dans sa globalité pour les deux essences principales : chêne pubescent et pin sylvestre, sous forme d'histogrammes des classes de diamètre (fig. 18 et 19).

3. CUBAGE D'ARBRES ABATTUS ET MESURES D'AGES

Duché prélevait 3 arbres dominants et 1 codominant sur chaque station pour réaliser ses cubages. Il divisait ensuite l'arbre abattu en billons de 1 mètre, en mesurant le diamètre à la base et au sommet de chaque billon, jusqu'à la découpe 4 cm. Le volume de l'arbre est alors calculé comme étant la somme des volumes de tous les billons, d'après la formule suivante :

$$V_{4R} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^n V_i + \frac{1}{3} (1,57 + S + \sqrt{12,57 \times S})$$

avec

V_i : volume du billon $i = \frac{1}{3}(S_b + S_s + \sqrt{S_b S_s})$ (dm³)

S_b : surface de la base du billon i (cm²)

S_s : surface du sommet du billon i (cm²)

l : longueur du dernier billon en mètre

S : surface de la base du dernier billon (cm²).

Le tableau 20 regroupe les volumes qui ont été trouvés sur le dispositif. La comparaison est faite à chaque fois avec le volume du même arbre estimé à l'aide :

- du tarif de Duché (découpe 4 cm) d'après la formule de Huffel : $V_{4H} = 6,422 + 0,00354D^2H$ (V en dm³, D en cm, H en dm) ;

- du tarif de Fernandez (découpe 4 cm) : $V_{4F} = 3,6501 + 0,00331D^2H$.

En même temps que le cubage, une analyse de tige sommaire est réalisée sur chaque arbre abattu. Une rondelle est prélevée tous les 2 mètres jusqu'à la découpe 4 cm, en vue d'une lecture ultérieure de l'âge à ce niveau. Ces quelques données d'âge-hauteur permettent de dessiner pour chaque arbre une courbe de croissance sommaire, complétée par la mesure de la longueur des 10 derniers accroissements (cf. fig. 21).

En plus de ces mesures, il était nécessaire d'appréhender l'âge des chênes de chaque étage du peuplement, pour reconstituer son histoire. On a donc procédé à des lectures d'âge sur les souches de 2 chênes codominants et 3 chênes dominés supplémentaires par répétition. On connaît ainsi l'âge de 9 chênes par répétition, à raison de 3 par étage de peuplement, soit 36 arbres au total (cf. graphique 22).

En complément, les âges de 37 pins sylvestres de diamètres variés et répartis sur l'ensemble du dispositif ont également été lus sur les souches (cf. graphique 22).

4. MESURES D'ECLAIREMENT RECU AU SOL

C'est une méthode simple mais assez fiable qui est utilisée : la méthode de la diazotypie. Elle est basée sur la décoloration par la lumière de papiers imprégnés de dérivés diazoïques (papier "Ozolid") disposés en couches successives (HOUSSARD).

L'énergie lumineuse reçue est pratiquement proportionnelle à l'exponentielle du nombre de papiers décolorés. Après étalonnage à l'aide d'un pyranomètre, Houssard (1981) avait trouvé l'égalité suivante : $E=6,3e^{1,01X}$. Les coefficients trouvés égaux à 1,01 et 6,3 varient suivant la saison et la latitude. On obtient alors $E=k_1e^{k_2X}$, soit $\text{Log}E=k_2X+\text{Log}k_1$.

Une mesure réalisée dans une zone complètement découverte (traitement B) sert de témoin pour exprimer, en pourcentage de l'énergie lumineuse arrivant au sol à ce moment, les autres mesures réalisées en zone plus ou moins ombragée. En effet,

$$\text{sur le témoin, } \text{Log}E_T=k_2X_T+\text{Log}k_1$$

$$\text{en zone ombragée, } \text{Log}E_0=k_2X_0+\text{Log}k_1$$

$$\text{D'où } \text{Log} E_T-\text{Log}E_0=k_2(X_T-X_0)$$

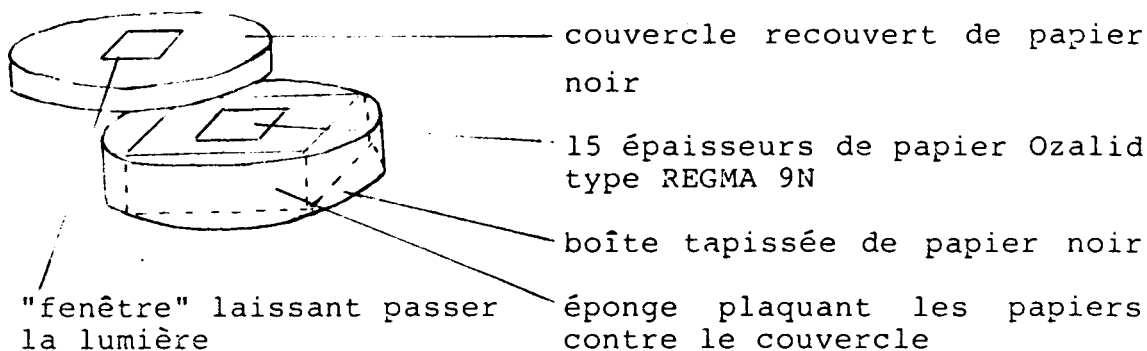
$$\text{et } \frac{E_T}{E_0}=e^{k_2(X_T-X_0)}$$

Si l'on considère que k_2 varie peu autour de 1,

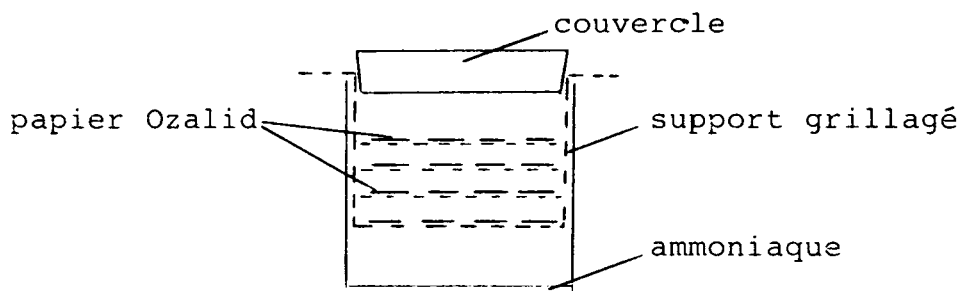
$$\boxed{\frac{E_T}{E_0}=e^{(X_T-X_0)}}$$

A l'occasion des mesures ultérieures, les mesures témoins seront prises également sur les traitements B, mais surélevées au dessus des rejets.

Après l'exposition, les boîtes contenant les papiers sont remises à l'obscurité pour être transportées au laboratoire. Les papiers sont alors développés pendant quelques minutes dans la vapeur d'ammoniaque pour "révéler" leur décoloration.



Boîte de Pétri servant à l'exposition des papiers Ozalid



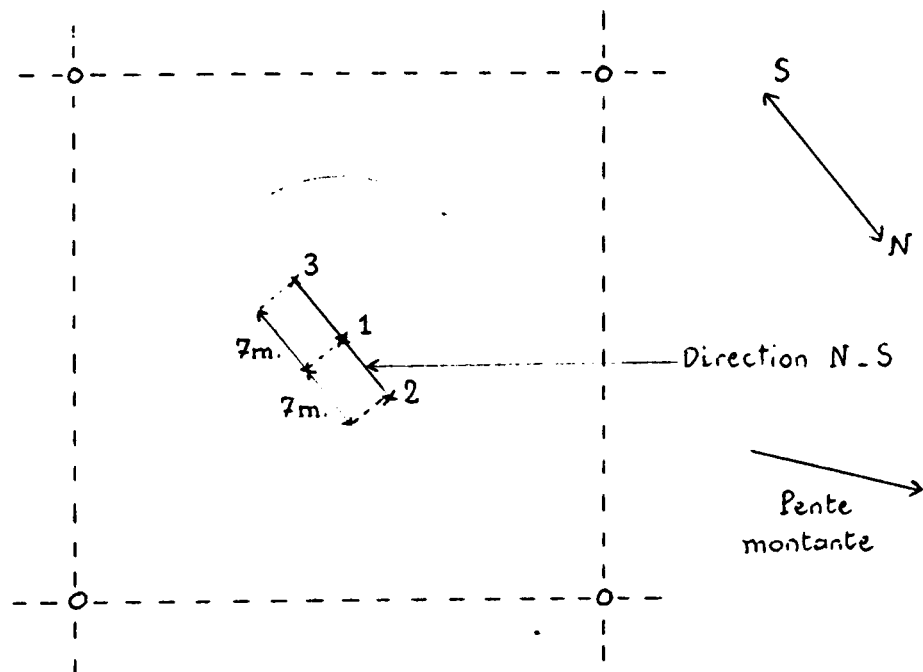
Bocal servant à développer les papiers Ozalid.

L'avantage de la méthode de la diazotypie est qu'elle nécessite une exposition prolongée (6 à 8 heures) pour qu'un nombre suffisant de papiers soient décolorés. La valeur obtenue est alors le reflet de l'énergie lumineuse reçue en un point tout au long de la journée, indépendamment des zones d'ombre et de lumière portées par les arbres et qui défilent sur ce point au rythme de la course du soleil.

Houssard considère que 5 mesures par station est un nombre largement suffisant lorsque le couvert est assez homogène. Sur le dispositif de Lure, le couvert n'est pas continu dans les traitements éclaircis. Toutefois, nous disposons à chaque fois de 4 répétitions du même traitement. Il a donc été décidé de faire 3 mesures par cercle,

soit un total de 12 mesures pour un traitement donné.

Il faut se dégager au maximum de l'effet de bordure que procure le passage du soleil à travers les arbres (ou les trous !) des carrés attenants à celui dans lequel on fait l'enregistrement. Les 3 points de relevés sont donc disposés de la façon suivante.



Le point 1 (centre du cercle) sera repéré par la lettre C (ex : II TC). Les points 2 et 3 (respectivement Nord et Sud par rapport au centre) seront repérés par les lettres N et S (ex : II TN).

L'emplacement de chaque point N et S est repéré par un piquet en fer (piquet en T) dépassant du sol de 5 à 10 cm. Ce piquet est planté à 10 cm au nord du point de relevé exact afin de ne porter aucune ombre sur celui-ci.

Les différences qui apparaîtront ainsi entre les divers traitements correspondront à des variations maximales, dégagées de tout effet de bordure. Il est certain que les différences moyennes sur l'ensemble du cercle seraient moins importantes, à cause de la surface limitée des carrés élémentaires.

Dans l'interprétation des résultats, il ne faudra donc pas mettre en correspondance des valeurs absolues d'intensité lumineuse avec un changement de composition floristique, qu'on relève sur l'ensemble du cercle. Il faudra se limiter aux variations d'intensité lumineuse en plus ou en moins. Le parallèle en valeurs absolues pourra par contre être tenté avec les intensités d'éclaircie.

En ce qui concerne la pratique du relevé proprement dite, plusieurs points sont à respecter.

Les boîtes sont simplement posées sur le sol, c'est-à-dire sur un support dont la pente moyenne est celle du dispositif. L'intensité lumineuse reçue dépend en effet entre autres de la pente générale du terrain. C'est ainsi que les boîtes disposées au centre des cercles ne sont pas placées sur la borne matérialisant ce centre, mais à 10 cm au sud de celle-ci.

L'intensité lumineuse dépend également beaucoup de la hauteur du soleil au-dessus de l'horizon, c'est-à-dire de la date et de l'heure du relevé. Le premier enregistrement a eu lieu le 23 juillet 1985. Le temps d'exposition fut de 6 heures, également réparties autour du midi "vrai" (soit de 10h43 à 16h43, le midi vrai à cette longitude tombant à 13h43, heure locale). Pour être comparables, les enregistrements ultérieurs devront se tenir à peu près à la même époque (par exemple entre le 5 juillet et le 5 août, période pendant laquelle la déclinaison du soleil peut être négligée). De même, ils dureront 6 heures réparties autour du midi vrai. Enfin, le 23 juillet 1985 correspondait à une journée très claire, sans nuage ni vent. Conditions météorologiques qui devront toujours être réunies par la suite.

Une périodicité de 2 ans semble raisonnable pour les mesures futures.

Les tableaux 23 et 24 regroupent les chiffres obtenus aux différents points de relevé. Les résultats sont

exprimés en nombre de papiers décolorés, puis en pourcentage d'énergie solaire transmise, avec les moyennes par traitement. Un test de significativité des différences est tenté en partant de ces tableaux.

Il est évident que la différence entre traitements B et C d'une part, et traitements 40, 20, 10 et T d'autre part, est significative. Deux analyses de variance distinctes ont donc été tentées :

- Traitements B et C : F calculé = 2,45. F théorique à 5 % = 10,13. La différence entre ces deux traitements n'est pas significative.

- Traitements 40, 20, 10 et T. F calculé = 6,96. F théorique à 5 % = 3,86. F théorique à 1 % = 6,99. Il apparaît une influence significative des traitements avec environ 1 % de risque d'erreur.

Dans les deux cas, il n'y a pas d'effet bloc significatif.

Dans le deuxième cas, on peut calculer la plus petite différence significative entre les moyennes par traitement sur l'ensemble des blocs. Ce calcul s'effectue à l'aide de la formule suivante :

$$ppds = \frac{\sqrt{2 \times \text{variance erreur}}}{\text{nombre de blocs}} \times t \text{ à } x\% \text{ d.d.l. erreur}$$

On trouve ppds = 0,25 avec 5 % de risque d'erreur,
ppds = 0,36 avec 1 % de risque d'erreur
en nombre de papiers décolorés.

Les 4 traitements 40, 20, 10 et T montrent donc deux à deux des différences significatives avec moins de 1 % de risque d'erreur, sauf les traitements 10 et T entre lesquels il n'y a pas de différence significative.

Quelques remarques sont à faire à la suite du premier relevé.

Remarques d'ordre pratique :

- Lors de la mesure, une précaution utile consiste à noter les cas particuliers tels que : point de relevé coïncidant avec le pied d'un arbre, pente localement supérieure à la moyenne, etc.

- Dans les traitements B et C, les rejets font déjà 30 à 40 cm au 23 juillet. Ceux qui portaient une ombre sur une boîte ont été coupés, car cette première mesure est censée ne pas subir l'influence des rejets.

- La boîte ITC a été écrasée par des sangliers au cours de la manipulation. Ces sangliers ont par ailleurs déjà été vus plusieurs fois et ont causé quelques dégâts (piquets arrachés). Ils peuvent constituer un élément gênant pour l'étude (régénération limitée s'ils consomment beaucoup de glands).

Remarque d'ordre théorique-conclusions :

- On note en premier lieu les très bons résultats obtenus à peu de frais, grâce à la méthode du papier Ozalid. Des différences significatives apparaissent, même entre des traitements qui, à l'oeil, sont presque semblables (20 et 10).

- Il est possible, en utilisant le résumé des inventaires - figure 9 -, de tracer le graphique de la variation d'énergie solaire transmise en fonction du pourcentage de surface terrière enlevée (fig. 25). La courbe n'est représentée qu'à titre indicatif, un nombre plus important de mesures étant nécessaire pour la fixer. Elle ne sert qu'à montrer que les deux grandeurs ne sont pas proportionnelles, le pourcentage d'énergie solaire transmise par rapport à la coupe à blanc augmentant moins vite que le pourcentage de surface terrière enlevé. Il faut par exemple éclaircir à 70 % environ de la surface terrière pour arriver à 54 % d'énergie solaire transmise, soit la moyenne entre un couvert complètement fermé et une

zone complètement découverte. Il est permis de penser que les interventions pratiquées sur le dispositif sont relativement prudentes. Il faut toutefois se souvenir que ce sont essentiellement des pins qui ont été enlevés en éclaircie. Les résultats eussent peut-être été différents en partant d'un peuplement pur de chêne.

- Le couvert arboré absorbe une très grande part (91 %) de l'énergie solaire arrivant près du sol, ce qui ne se discerne pas à l'oeil.

- Enfin la variabilité des trois mesures effectuées sur une même parcelle n'est pas négligeable. On a même une moyenne, sur les 3 mesures, supérieure en IIC par rapport à ce qu'elle est en IB et IVB par exemple, ou en I20 par rapport à III40. Le nombre minimal à conserver est donc de trois mesures par parcelle, mais il paraît suffisant vu la précision des moyennes sur les quatre répétitions.

A l'avenir, on pourra limiter à 10 ou 12 le nombre de couches de papier Ozalid disposées dans les boîtes de Pétri.

5. AUTRES DONNEES RECOLTEES

a. Brins de "franc-pied"

L'une des questions qui motivent cette étude se rapporte à l'évolution des souches dont les brins sont soumis à des coupes répétées. On ne peut qu'apporter des éclaircissements sur ce point en distinguant, dans les traitements C, plusieurs catégories de souches :

- souches provenant d'ex-brins de franc-pied,
- souches nourrissant l'un des 10 baliveaux réservés sur le cercle,
- autres souches, pouvant être assimilées à d'anciennes cépées comportant plusieurs brins.

Dans ce but, les ex-brins de franc-pied ont été repérés juste après la coupe, avant la repousse des rejets. Comme il est très difficile de juger de l'appartenance d'une souche à cette catégorie, on s'est résolu à ne marquer que les souches pour lesquelles tout laisse supposer qu'elles correspondent à un ancien brin de franc-pied. Ont notamment été éliminées les souches portant une cicatrice, sortant du sol en biais, déformées en coude, ou placées à moins de 80 cm d'une autre souche. On sous-estime vraisemblablement le nombre de brins de franc-pied de cette façon. Les souches mortes en partie ne sont pas prises en compte non plus. Ce dernier critère peut conduire à un rehaussement artificiel de la croissance des rejets émis, par rapport aux autres catégories de souches.

Le repérage est fait au moyen de piquets en bois plantés à 30 cm de la souche en direction du centre du cercle.

Le nombre de souches retenues dans chaque répétition est le suivant :

Traitement C :

Répétition I :	12	.
Répétition II :	10	
Répétition III :	15	
Répétition IV :	18	
Moyenne :	14	

Moyenne du nombre de brins inventoriés sur le cercle, avant la coupe (diamètre à 1,30 m \gg 7 cm) dans les traitements C : 181.

Proportion des brins marqués : 8 %

b. Hauteurs de coupe des arbres

L'hypothèse de départ qui justifie la division des traitements B en 2 sous-traitements BH et BT est que les rejets qui sont émis après la coupe proviendraient plutôt

de bourgeons proventifs en cas de coupe à la hache, alors qu'il s'agirait de bourgeons adventifs en cas de coupe à la tronçonneuse. On sous-entend que la coupe à la hache est pratiquée rez-terre. Malheureusement, il est apparu au cours de la réalisation des travaux que la coupe à la hache ne correspondait pas à la qualité requise. Les bûcherons ne sont plus habitués à ce type de travail. Non seulement la surface de coupe des souches n'est pas plane (photo n° 4, planche 5), mais de plus le travail est pratiqué plus près du sol avec une tronçonneuse qu'avec une hache.

Pour démontrer ce défaut, les hauteurs des souches au-dessus du sol ont été mesurées dans les traitements B. Les résultats sont exprimés dans le tableau 26.

Les souches coupées à la hache sont plus hautes que celles qui ont été coupées à la tronçonneuse. Les différences ne sont significatives que pour les répétitions I et surtout II (dans laquelle le travail a été particulièrement mal fait), qu'il faudra distinguer lors de l'interprétation des résultats de croissance des rejets.

Les moyennes plus petites de la parcelle IVB ne sont dues qu'à l'emploi d'un appareil de mesure différent par rapport aux trois autres parcelles.

Une autre observation peut être mentionnée ici : le nombre de brins coupés et mesurés dans la répétition I est de 324. Le nombre de brins de diamètre ≥ 7 cm inventoriés avant coupe est de 141. Il existait dans cette parcelle une forte proportion (56 % du total) de brins non inventoriés, soit morts, soit de diamètre < 7 cm. Les proportions sont en effet respectivement de 31 %, 21 % et 33 % dans les répétitions II, III et IV.

Ceci correspond à une coupe de pins qui a été pratiquée en 1972 à cet endroit. Quelques chênes ont dû être enlevés par la même occasion et les souches ont produit des rejets non pris en compte à l'inventaire. Il

faudra donc garder ce biais à l'esprit au moment de l'interprétation des résultats de croissance des rejets. En effet, une souche subissant deux coupes à 13 ans d'intervalle émet-elle des rejets avec autant de vigueur la deuxième fois ?

IV. ANALYSE DES DONNEES

1. DENDROLOGIE

a. Données brutes - différences entre répétitions

Les variables les plus intéressantes à cet égard sont reportées dans le résumé des inventaires (fig. 10) sous forme de moyennes.

En ce qui concerne la densité de chênes à l'hectare après coupe, une valeur un peu plus faible apparaît pour la répétition I. Toutefois, cette différence n'est pas significative. L'analyse de variance donne $F_{\text{bloc}}=2,51$ pour F théorique à 5 % = 3,86. Il est à remarquer que le traitement appliqué n'occasionne pas non plus de différence significative ($F_{\text{traitement}}=2,37$ pour le même F théorique). Très peu de chênes ont été enlevés, même dans les éclaircies à 40 % de la surface terrière. (L'analyse de variance a été faite sans les traitements B et C).

Des conclusions similaires peuvent être tirées des chiffres concernant les surfaces terrières en chêne par hectare. Avant coupe et après coupe, on n'a aucun effet bloc (respectivement $F=0,97$ et 1,40 pour $F_{\text{théoriques}}$ à 5 % = 3,29 et 3,86. L'analyse de variance sur les valeurs après coupe n'inclut pas les traitements B et C). On n'observe pas non plus d'effet traitement avant ni après la coupe (respectivement, $F=1,09$ et 3,05 pour $F_{\text{théoriques}}$ à 5 % = 2,90 et 3,86), mais on remarque que F après la coupe

a augmenté sensiblement. Si les quelques chênes enlevés, en majorité dans les traitements 40, influent peu sur la densité, ils ont par contre un effet plus important en termes de surface terrière du fait de leur fort diamètre (éclaircie "par le haut").

Les surfaces terrières totales, toutes essences confondues, sont également indépendantes des répétitions, que ce soit avant la coupe ou après la coupe. Un effet traitement apparaît toutefois après la coupe, indépendamment des traitements B et C, ce qui est normal ($F=9,69$ pour F théorique à 1 % = 6,99).

Les hauteurs dominantes peuvent être considérées comme homogènes sur l'ensemble du dispositif, ainsi que les accroissements en chêne depuis l'origine du peuplement. Il en est de même pour les volumes en chêne à l'hectare. Avant coupe, $F_{\text{traitement}}=1,01$ pour F théorique à 5 % = 2,90, et $F_{\text{bloc}}=0,92$ pour F théorique à 5 % = 3,29. Après coupe, si l'on exclut les traitements B et C, on calcule que $F_{\text{traitement}}=1,56$ et $F_{\text{bloc}}=1,38$ pour un F théorique à 5 % de 3,86 dans les deux cas.

De ces analyses, on peut déduire que le peuplement de chênes pubescents est homogène sur l'ensemble du dispositif quant à ses différentes caractéristiques dendrométriques. Certaines valeurs légèrement plus faibles au sein de la répétition I ne constituent pas une différence significative. Il est justifié de parler de quatre répétitions, équivalentes au départ, au sujet de cette expérimentation.

Une dernière remarque concerne le constat, apparemment illogique, de moyennes de valeurs légèrement supérieures, après la coupe, pour la surface terrière et le volume en chêne, par rapport à ce qu'elles étaient avant la coupe (fig. 8 et 9). L'explication de ce paradoxe sera donnée au paragraphe 4 du même chapitre concernant le bilan des éclaircies pratiquées.

b. Histogrammes des classes de diamètre

Les figures 11 à 19 représentent les histogrammes des classes de diamètre des chênes. Chaque histogramme regroupe les arbres des 4 cercles qui portent le même traitement. On découvre une certaine hétérogénéité suivant les figures. Il faut l'imputer à la variabilité normale existant au sein de tout peuplement de ce type. Aucune conclusion ne peut être tirée de ces histogrammes.

La parcelle IV 10 représente un cas particulier, comme le montre la figure 17. Les flèches simples pointent les classes de diamètre au sein desquelles l'effectif dans la parcelle IV 10 est presque égal à la somme des effectifs dans les 3 autres parcelles "10" réunies. Les flèches doubles montrent les classes où l'effectif IV 10 est supérieur à la somme des effectifs des autres parcelles "10". Ces flèches correspondent à de forts diamètres, qui sont donc sur-représentés dans la parcelle IV 10. Il est très visible sur le terrain qu'il s'agit d'un taillis plus vieux que sur le reste du dispositif. Ce peuplement a probablement l'âge de l'avant-dernière coupe qui sera mise en évidence au § IV.2, soit 90 ans environ. Il n'a malheureusement pas été possible de déplacer cette parcelle sur le terrain, le peuplement environnant étant encore plus dissemblable. Pour cette raison, cette parcelle n'a pas été incluse dans l'histogramme général des classes de diamètre du peuplement de chêne (fig. 18).

On devine sur celui-ci que la classe 18 cm représente la limite pour une certaine catégorie d'arbres du peuplement. On retrouve d'ailleurs cette limite dans les résumés d'inventaire (tableau 9) au niveau de la classe de diamètre représentant la plus grande surface terrière. Mais il faudra s'aider des résultats des mesures sur les arbres abattus pour mieux expliciter cet histogramme.

De même, l'histogramme général des classes de diamètre des pins sylvestres permet de distinguer trois catégories d'arbres : 7-14 cm, 14-35 cm, 35-43 cm. Mais il va être nécessaire de s'aider de l'histogramme des classes d'âge pour savoir ce que ces trois catégories représentent.

c. Histogrammes des classes d'âge (fig. 22)

Les 36 âges lus sur des chênes sont représentés sur le même graphique que les 37 âges lus sur des pins.

Cet amalgame permettra au chapitre IV.2 de reconstituer l'histoire du peuplement.

Avant cela, il est intéressant de mettre en correspondance l'âge des chênes et l'étage auquel ils appartiennent, avec la classe de diamètre à 1,30 m à laquelle ils correspondent (le diamètre ayant été mesuré sur chaque arbre abattu et l'étage ayant été noté). Ce parallèle permet de distinguer trois catégories d'arbres sur l'histogramme des classes de diamètre du chêne, comme pour le pin sylvestre :

- Chênes de 7 à 10 cm de diamètre : arbre de 38 à 56 ans appartenant à l'étage dominé. Les classes 44-45 ans et 50-51 ans sont sur-représentées. Il s'agit peut-être de brins de franc-pied qui sont venus après la dernière coupe.

- Chênes de 11 à 18 cm de diamètre : arbres de 55 ou 56 ans codominants ou dominants. La majorité des chênes appartenant à l'étage codominant ont de 11 à 13 cm de diamètre, tandis que ceux de l'étage dominant font de 14 à 18 cm, mais il y a un fort chevauchement entre ces deux sous-catégories.

- Chênes de 19 à 30 cm de diamètre : arbres de 77 à 90 ans correspondant aux réserves épargnées par l'avant-dernière coupe.

L'effectif total des arbres supposés dominants est de 909 brins. Ils sont répartis sur 1,63 ha (23

cercles de 0,0707 ha chacun), ce qui donne une densité de 560 brins dominants à l'hectare.

Il faut toutefois noter que les limites entre les trois catégories définies ne sont pas parfaitement tranchées et qu'il y a de légers chevauchements.

D'autre part, il subsiste quelques chênes dont l'âge a été estimé entre 57 et 61 ans, et qui n'ont été rangés dans aucune des trois catégories définies. Il peut s'agir, soit d'erreurs de lecture, car les cernes sont parfois très fines sur les rondelles, soit, moins probablement, de jeunes rejets qui préexistaient lors de la dernière coupe.

La figure 22 permet également d'apporter des précisions sur l'histogramme des classes de diamètres des pins sylvestres (fig. 19) :

- Pins de 7 à 14 cm de diamètre : arbres de 33 à 56 ans appartenant à l'étage dominé.

- Pins de 14 à 35 cm de diamètre : arbres de 48 à 56 ans appartenant à l'étage dominant. Ce sont des semis installés après la dernière coupe et qui ont réussi à se développer. Le mode de cette catégorie d'arbres est voisin de 51 ans en ce qui concerne les âges. Ceci peut venir confirmer l'hypothèse que les chênes dominés de 50-51 ans sont des brins de franc-pied, donc aussi des semis, qui se seraient développés au même moment.

- Pins de 35 à 43 cm de diamètre : arbres de 70 à 86 ans qui sont vraisemblablement des réserves laissées lors de l'avant-dernière coupe.

- Le pin de 48 cm de diamètre peut être âgé de trois révolutions.

Les limites entre les trois catégories sont plus tranchées que pour le chêne, et justifient les distinctions opérées à propos de cette dernière essence. On note alors, sur les histogrammes des classes de diamètre, que le mode est à 21 cm pour les pins dominants de la dernière génération, alors qu'il est de 15-16 cm pour les chênes de

même catégorie. De même, le mode est sur la classe 39 cm pour les pins de l'avant-dernière génération pendant qu'il se trouve sur 20-21 cm pour les chênes équivalents. Le pin sylvestre est un arbre qui se développe plus vigoureusement que le chêne pubescent, atteignant au même âge diamètre, hauteur et donc volume supérieurs (la moyenne des hauteurs mesurées sur 46 pins répartis sur l'ensemble du dispositif s'établit à 11,60 m - écart-type important : 1,56 m).

Les semis qui se développent après la coupe appartiennent d'ailleurs par la suite à l'étage dominant, alors que les semis de chêne qui germent au même moment restent dominés.

Enfin, la restriction apportée à propos des chênes au sujet des erreurs de lecture peut être appliquée également aux pins sylvestres dont l'âge a été estimé entre 57 et 60 ans.

d. Cubage des arbres abattus-volumes

Du tableau 20, on tire la conclusion que le tarif tige de Duché sous-estime presque systématiquement le volume réel de l'arbre (de 6,6 % en moyenne). Selon l'auteur, une précision de 5 % reste tout de même bonne. Une précision de 10 à 15 % peut se rencontrer dans le cas d'arbres très tordus. Au-delà, le tarif serait inadapté. C'est le cas du tarif de Fernandez qui sous-estime beaucoup trop le volume réel (de 15,1 % en moyenne).

Pour tenter de trouver les causes de la différence constatée ici entre V_{4R} et V_{4H} , nous avons constitué deux classes d'arbres :

- Classe A : arbres pour lesquels la précision de V_{4H} par rapport à V_{4R} est comprise entre +2 % et -4 % : 6 cas.
- Classe B : arbres pour lesquels la précision de V_{4H} est comprise entre -6 % et -11 % : 8 cas.

Il reste 2 arbres pour lesquels la précision est inférieure à -15 %.

Après avoir testé différentes variables pour départager les arbres des deux classes (hauteur, étage...), il apparaît que ce sont le diamètre et l'âge qui expliquent le mieux cette dichotomie.

variable	diamètre à 1,30 m	âge
classe		
A	14,2 cm	59 ans (dont 1 réserve)
B	16,2 cm	65 ans (dont 3 réserves)

Le tarif proposé par Duché convient mieux pour des arbres de petit diamètre. 87 % de ses échantillons étaient d'ailleurs des chênes de diamètre à 1,30 m inférieur à 15 cm.

Le tarif Duché s'accommode mieux des arbres jeunes. Ce sont surtout les réserves, assimilables à des arbres de futaie, qui s'y adaptent le moins bien. En effet, Duché a surtout travaillé sur des peuplements à structure de taillis.

Bien que la régularité du peuplement de chêne soit un facteur positif de précision en ce qui concerne l'estimation du volume par le tarif de Duché, l'âge avancé des arbres cubés ici (62 ans en moyenne contre 35 ans pour les arbres inventoriés par Duché) qui fait que le peuplement s'apparente plus à une amorce de futaie sur souches qu'à un taillis, induit une légère erreur dans cette estimation. Or, le tarif peuplement de Duché est tiré de son tarif tige. C'est pourquoi les chiffres obtenus sur les différentes parcelles du dispositif à partir de sa formule

ont été relevés de 6,6 %. Ils doivent ainsi être plus près de la réalité. On a donc appliqué l'égalité $V=1,066(9,55+0,31GH)$.

V : volume en m³/ha

G : surface terrière en m²/ha

H : hauteur dominante du peuplement en m

2. HISTORIQUE DU PEUPEMENT

L'histoire du peuplement se déduit directement de la figure 22 et des remarques formulées au § IV.1.C.

L'âge de 56 ans marque une limite au sein du peuplement de chênes : celle de la dernière coupe. On peut donc faire remonter cette coupe à l'hiver 1929. Quand on sait que cette partie de la forêt domaniale de Lure a été acquise par l'Etat en 1930, il est tout à fait loisible de penser que le précédent propriétaire a pratiqué une coupe juste avant de vendre. Le bois a d'ailleurs vraisemblablement servi à fabriquer du charbon de bois, comme l'atteste la présence de plusieurs "charbonnières" sur le dispositif.

Après la coupe, semis de pins sylvestres et de chênes apparaissent avec une latence de 4 à 8 ans sur l'histogramme. En fait, on peut penser que ce délai est plus court, mais que la croissance des toutes premières années est très lente, donc peu visible sur les souches. Le peuplement final est formé en majeure partie des chênes issus de rejets mêlés à des pins issus de régénération naturelle. Les quelques semis de chênes qui se développent restent surtout dans l'étage dominé car leur démarrage est trop lent.

Une analyse un peu plus fine basée sur les âges des chênes abattus donne, pour 6 arbres supposés s'être développés à partir de semis :

- 1 se trouvant dans l'étage dominant
- 1 se trouvant dans l'étage codominant
- 4 se trouvant dans l'étage dominé.

Les 6 arbres représentent 21 % des chênes analysés. Ce chiffre est sans doute une proportion maximum de brins de franc-pied dans le peuplement. Rappelons qu'une méthode beaucoup plus sévère (paragraphe III.5.a) sélectionnait 8 % de brins supposés être de franc-pied.

On peut donc estimer qu'après une coupe du type de celle qui a été pratiquée en 1929, qui est du type coupe classique réservant 100 baliveaux/ha comme nous le verrons plus loin, entre 8 et 21 % des brins qui vont s'individualiser seront des brins de franc-pied. Mais la majorité (70 % ?) de ces tiges resteront dans l'étage dominé. On peut donc se demander si les éventuels 2 à 6 % de brins de franc-pied qui réussiront à pousser correctement assureront un renouvellement des souches du peuplement. On peut également se poser la question de savoir si les 6 à 15 % de brins de franc-pied qui vont être dominés pendant une rotation fourniront des souches qui, à la rotation suivante, s'affirmeront en produisant des brins dominants. Ceci confirme en tous cas l'existence d'un problème de sylviculture à ce niveau, ainsi que l'intérêt qu'il y a à essayer de trouver des méthodes favorisant une régénération naturelle du chêne pubescent.

L'histogramme de la figure 22 donne également des renseignements sur l'avant-dernière coupe pratiquée à cet endroit.

Le plus vieux chêne abattu avait 90 ans. Les plus vieux pins rencontrés étaient âgés de 84 et 86 ans. Ces pins ont dû se développer à partir de semis, avec un délai de 4 à 8 ans comme lors de la dernière coupe. L'âge de ces trois plus vieux arbres permet de penser que l'avant-dernière coupe remonte à 90 ans environ, c'est-à-dire vers 1895.

Il faut toutefois rester prudent pour deux raisons : l'incertitude absolue est plus importante sur la lecture de l'âge de vieux arbres, d'autant plus que les derniers accroissements sont à peine visibles. La présence de 3 chênes de 76 à 80 ans le confirme. D'autre part, l'effectif de l'échantillon est réduit. Cette remarque vaut d'ailleurs pour l'ensemble de l'histogramme, et l'analyse d'un nombre d'arbres double aurait permis d'être plus catégorique.

La coupe de 1929 aurait donc concerné un taillis de 34 ans environ, ce qui est dans la fourchette d'âge d'exploitation habituelle des taillis.

La dernière exploitation que l'on peut faire de la figure 22, en la rapprochant des histogrammes généraux des classes de diamètre, est de rechercher comment a été faite la dernière coupe.

Le nombre de chênes que nous avons assimilés à des réserves sur l'histogramme des classes de diamètre est de 163. La surface sur laquelle ils ont été inventoriés est celle de 23 cercles (traitement IV.10 exclu) de 0,0707 ha, soit 1,63 ha. La coupe de 1929 a donc réservé environ $163/1,63=100$ baliveaux/ha. Ce fut une coupe très classique !

Le nombre de pins de la catégorie "réserves" trouvés sur la figure 19 est de 15. La dernière coupe a donc réservé $15/1,63=10$ pins sylvestres/ha, en complément des 100 baliveaux de chêne pubescent. Comme la grande faculté de régénération du pin sylvestre était certainement connue à l'époque, c'est un peuplement mixte chêne/pin qui était sans doute recherché, et qui s'est effectivement développé.

Sur la figure 19, on peut compter 233 pins sylvestres dans les deux catégories dominantes. Ils sont disséminés sur une surface de 1,63 ha, ce qui donne 145 pins dominants/ha. On remarque de plus que ces arbres sont re-

groupés en taches sur le terrain. Chaque tache pourrait correspondre à l'un des 10 semenciers épargnés sur chaque hectare par la coupe de 1929. Ce sont ces groupes de pins qui ont créé des difficultés lors de la répartition des différents traitements au sein du dispositif.

3. CROISSANCE

Un des intérêts du travail de Duché est qu'il permet d'estimer la classe de croissance dans laquelle se trouve le peuplement par deux moyens différents : les couples hauteur-âge, et l'utilisation d'une clé basée sur l'observation de facteurs écologiques. Nous en ajouterons un troisième : les courbes de croissance.

a. Couples hauteur-âge

Les chiffres de hauteur et d'âge utilisés sont reportés sur les fiches simplifiées de Duché (pp. 23 à 26). Ils permettent de retrouver sur les courbes de croissance établies par le même auteur un indice de croissance, qui est la hauteur dominante du peuplement à 30 ans (fig. 27).

Les hauteurs dominantes sont tout simplement les 6 moyennes obtenues à l'occasion de l'inventaire dans chacune des parcelles d'une répétition. Elles sont plus représentatives de la réalité du peuplement que les hauteurs des arbres coupés qui comprennent plusieurs codominants.

Les âges sont ceux des arbres coupés pour le cubage. Les réserves laissées par la coupe de 1895 n'ayant pas été prises en compte dans la mesure de la hauteur dominante, ont été exclues également du calcul des moyennes d'âge. La proportion de codominants par rapport aux dominants est donc supérieure à 1 pour 3. Ceci ne constitue pas un défaut grave, car ces deux catégories d'arbres se trouvent dans les mêmes classes d'âge.

Les indices de croissance obtenus sont indiqués également sur les fiches de Duché. Ils sont calculés grâce aux courbes de croissance proposées par cet auteur. Leur moyenne pour l'ensemble du peuplement est de 7,40 m à 30 ans, ce qui correspond à la partie supérieure de la classe III. Les résultats sont homogènes sur l'ensemble du dispositif.

b. Utilisation des facteurs écologiques

Les facteurs déterminants pour la croissance du chêne pubescent sont relevés sur la fiche de Duché. Ils permettent d'utiliser une clé qui figure dans le document qu'il a publié (fig. 28) et qui donne une idée de la fertilité de la station considérée vis-à-vis du chêne. On obtient une estimation en forme d'intervalle, soit dans ce cas :

- trois fois 7,5 m-11,5 m à 30 ans (centré en 9,5 m)
- une fois 6,0 m-9,0 m à 30 ans (centré en 7,5 m).

C'est la deuxième estimation qui est la plus proche du chiffre obtenu par le biais des couples âge-hauteur, puisque ce chiffre coïncide exactement avec le milieu de l'intervalle défini. Sur la clé de Duché, la sélection entre les deux estimations s'opère uniquement sur la variable "test botanique" quand elle passe de 3 à 2.

De plus, deux types de remarques peuvent être faites, qui incitent à penser que la clé de Duché peut aboutir à une surestimation de la fertilité de la station pour le chêne :

- La première remarque est que Duché a travaillé essentiellement à des altitudes plus basses que celle du dispositif, dans des étages plus "chauds". Le dépouillement de ses données a donc mis en évidence des plantes de mauvaise croissance caractéristiques de la "limite basse" du chêne pubescent. La majorité des plantes de mauvaise croissance de la "limite haute" n'ont pas dû apparaître.

Il est vraisemblable qu'on pourrait retrouver quelques-unes de celles-ci dans les relevés floristiques effectués, et donc que la valeur du test botanique calculé ici est trop forte.

- La deuxième remarque, formulée par Duché dans son rapport, est que la fertilité d'une station donnée ne se traduit pas toujours dans la croissance des chênes. En effet, l'état de l'ensouchement peut venir modifier cette "traduction" dans un sens défavorable.

La surestimation de la croissance du peuplement évaluée au moyen de la clé de Duché est ainsi facilement explicable. L'intervalle 6,0 m-9,0 m, trouvé une fois dans la répétition IV, paraît plus représentatif de la réalité que l'intervalle 7,5m-11,5m trouvé dans les trois autres répétitions.

c. Courbes de croissance

Elles ont été obtenues à partir des analyses de tige pratiquées sur les arbres abattus pour le cubage, et sont représentées sur la figure 21.

D'emblée, une remarque s'impose : trois des quatre réserves analysées se détachent dans une position défavorable par rapport au reste des courbes de croissance, remarquablement groupées. Ces réserves semblent avoir eu des problèmes de croissance entre 20 et 50 ans, difficultés qu'elles auraient partiellement réussi à surmonter par la suite. Plusieurs hypothèses peuvent être faites pour expliquer ce phénomène, mais toutes sont liées à la dernière coupe :

- Les problèmes de croissance seraient dus à la réaction des baliveaux telle qu'on l'observe couramment encore aujourd'hui après une coupe classique : les arbres brutalement dégagés se couvrent de "gourmands" et subis-

sent des descentes de cîme plus ou moins importantes. Ils ont ensuite du mal à rattraper ce handicap.

- On peut également supposer que, obéissant aux règles classiques qui guident le choix des réserves, les forestiers de l'époque ont cherché à garder des brins de franc-pied lors de la coupe. La croissance de ceux-ci est plus lente au départ. L'arbre IV.40.d pourrait alors être issu de rejet.

- Enfin, comme cela a déjà été remarqué, la lecture des âges est plus délicate sur les sections de vieux arbres.

Il est vraisemblable que les trois hypothèses expriment chacune une part de la vérité.

Dans tous les cas, les potentialités réelles de la station ne sont exprimées que par les arbres qui n'ont subi aucune gêne durant leur croissance. Il faut donc éliminer les trois réserves précitées, ainsi que les trois chênes de l'étage codominant qui se trouvent en position basse : I20C, III20C et II40C. Ceci fait, on limite l'éventail de courbes restant par deux courbes de croissance dont l'équation est celle qu'a définie Y. Duché :

$$f(t) = k \left[1 - e^{-\left(0,015 + \left(\frac{t}{119}\right)^{0,83}\right)} \right]$$

avec t : âge de l'arbre, et $f(t)$ = hauteur en dm (fig. 21). k est un coefficient qui caractérise la fertilité de la station pour le chêne pubescent.

Dans notre cas, les coefficients des deux courbes-enveloppe sont 302 et 216. Ceci donne un coefficient de fertilité moyen pour la station de 259, qui se traduit par un indice de croissance de 7,35 m à 30 ans.

Un petit défaut de lecture est à noter à l'occasion de l'observation de ces courbes. Il s'agit de la mesure des 10 derniers accroissements annuels des arbres. On voit sur

les courbes que, systématiquement, l'estimation des tout derniers accroissements est bonne, la pente de la courbe qu'ils définissent étant logique par rapport à l'ensemble. Par contre, à partir du 4ème ou du 5ème et jusqu'au dixième accroissement, il semble y avoir sous-estimation de leur longueur, car la pente de la courbe n'est plus assez forte. L'explication de cette mauvaise appréciation tient à la présence de "faux-accroissements" à ce niveau. Après 4 ou 5 ans, il est difficile de trouver les limites des accroissements annuels réels, et l'on compte parfois deux accroissements là où il n'y en a en réalité qu'un seul.

d. Synthèse

Les 3 estimations de l'indice de croissance du peuplement par 3 méthodes différentes sont bien concordantes : 7,40 m - 9,50 m ou 7,50 m - 7,35 m. L'indice de croissance moyen de l'ensemble du peuplement sera donc fixé à 7,40 m, ce qui correspond à la partie supérieure de la classe III. Il sera en outre caractérisé par une très bonne homogénéité, aucune des 3 méthodes ne permettant de détecter de différences significatives de fertilité, même minimales, entre les 4 répétitions-stations définies.

Nous sommes en présence d'une station de fertilité moyenne pour le chêne pubescent (même si elle est sans doute meilleure que la médiane des stations de chêne sur l'ensemble de la région). Le sol est susceptible de procurer à la végétation une bonne alimentation en eau, ce qui représente un caractère déterminant pour la croissance du chêne. D'après l'étude de Duché, "plus la fertilité est bonne, et plus on a de chances de rencontrer des glands et des semis". Il est donc justifié d'entreprendre ici une étude de la régénération naturelle du chêne pubescent.

L'idée que le dispositif se trouve sur une station moyenne pour le chêne pubescent est encore renforcée par le fait suivant : Duché, à partir d'analyses factorielles, a élaboré six "groupes floristiques". Chacun de ces groupes est caractéristique d'un type de station particulier pour le chêne. Dans les relevés floristiques établis à Lure, on trouve en proportions semblables des plantes appartenant aux 6 groupes floristiques différents établis par Duché.

A ce stade, la production de la station peut être calculée. Nous avons vu (§ IV.1.C), que le diamètre à 1,30 m qu'atteignent à 56 ans les chênes dominants les plus caractéristiques est 18 cm. D'autre part, la figure 21 montre que la hauteur qu'atteint cette catégorie d'arbres au même âge est voisine de 11 m.

En utilisant le tarif tige de Duché majoré de 6,6 %, on obtient alors un volume voisin de 140 dm³ pour l'arbre dominant moyen sur ce type de station. Cette estimation est supérieure à la moyenne des volumes des arbres effectivement cubés dans cette catégorie, qui est de 96 dm³. Elle représente une limite supérieure.

D'autre part, les volumes de chêne présents sur chacune des parcelles sont connus. Il suffit de diviser leur moyenne pour une répétition par 0,0707 (surface d'un cercle d'inventaire en hectare), puis par 56 (âge du taillis) pour obtenir l'accroissement annuel par hectare depuis l'origine (on peut négliger la légère sous-estimation de l'âge moyen, ainsi défini sans tenir compte de la présence de 100 réserves à l'hectare).

On obtient les chiffres suivants :

Répétition I :	2,064 m ³ /ha.an
Répétition II :	2,343 m ³ /ha.an
Répétition III :	2,169 m ³ /ha.an
Répétition IV :	2,462 m ³ /ha.an.

Nous avons déjà remarqué que le peuplement était un peu moins dense au sein de la répétition I que dans les trois autres blocs. Il est donc logique d'y rencontrer un accroissement moyen depuis l'origine un peu plus faible également. Toutefois, la différence n'est pas rédhibitoire et l'homogénéité de l'ensemble reste très acceptable.

Pour un peuplement de cette classe de croissance, Duché avance un accroissement moyen à 30 ans de 2,5 m³/ha.an environ. Fernandez annonce quant à lui 3,0 m³/ha.an. Le chiffre moyen obtenu à Lure est de 2,26 m³/ha.an, à 56 ans. Il est de 1,96 m³/ha.an si l'on ne considère que les 9 arbres cubés qui ont en moyenne 60 ans. Sachant que l'accroissement courant décroît assez faiblement de 30 à 56 ans, on peut considérer que notre moyenne est plus proche de l'estimation de Duché que de celle de Fernandez. Ce dernier auteur a d'ailleurs travaillé dans une région très particulière (hautes garrigues du montpelliérais).

4. RESULTATS DES ECLAIRCIES ET AUTRES COUPES PRATIQUES

L'impact des éclaircies est matérialisé dans les tableaux 8 et 9 et les figures 14 à 16.

De prime abord, une chose peut surprendre : dans certaines parcelles (tableaux 8 et 9), les effectifs de chênes après l'éclaircie sont supérieurs à ce qu'ils étaient avant l'éclaircie. Ceci s'explique de la façon suivante : dans les deux traitements 10 et 20, vu la richesse en pins sylvestres du peuplement, on n'a enlevé que très peu ou pas de chênes. Donc, pour certaines classes de diamètres, notamment les plus petites (on a fait une éclaircie "par le haut"), les effectifs de classes sont les mêmes avant et après coupe. Si l'on ajoute à cela le fait que les inventaires n'ont pas

toujours été réalisés par les mêmes observateurs, on peut comprendre cette ambiguïté. En effet, le diamètre à hauteur d'homme, qui devrait théoriquement toujours être pris à 1,30 m, n'est pas forcément mesuré au même endroit suivant les personnes. Il suffit qu'un observateur prenne systématiquement le diamètre 10 cm plus haut que l'autre sur le tronc, pour surestimer les effectifs des classes de diamètre inférieures. Les inventaires détaillés montrent que ce type d'erreur a surtout été commis dans les répétitions I et II. Pour les classes de diamètre concernées, et en vue de la comparaison avec les inventaires ultérieurs, la valeur retenue sera systématiquement la mesure après coupe (cf. fig. 10 et fig. 14 à 16). D'après nos observations, il est vraisemblable que cette dernière valeur soit plus proche de la réalité que la mesure avant coupe.

Enfin, ces erreurs nous permettent d'estimer la précision des inventaires réalisés. Elle est de 14 % dans le pire des cas (traitement 10, diamètre à 1,30 m = 15 cm), mais tombe à des valeurs inférieures à 6 % en dehors de 4 cas exceptionnels. A l'occasion des enregistrements ultérieurs, il faudra donc être prudent si l'on veut tirer des conclusions en individualisant les classes de diamètre. On ne pourra tenir compte que de variations d'effectifs supérieures à 6 %, et même à 10 % pour garder une certaine marge de sécurité. Par contre, les variations d'effectifs pour un groupe de classes de diamètre (15-20 cm par exemple) pourront être appréciées plus finement (4 % dans la répétition I - 2 à 3 % dans les 3 autres répétitions). De même pour l'évolution de la surface terrière globale, car les imprécisions individuelles s'estompent dans une moyenne.

Le deuxième point à développer concerne la proportion de surface terrière réellement enlevée dans chaque parcelle. Les résultats peuvent être résumés sur le graphique

de la figure 29. En moyenne, les éclaircies ont été un peu faibles. Il faut se souvenir que c'est volontairement qu'avait été marqué un nombre d'arbres un peu plus petit que nécessaire, en prévision de la "casse" provoquée par l'abattage des gros pins. Or, cette opération a été conduite avec beaucoup de précautions. Les plus gros arbres ont notamment été coupés en plusieurs fois. La "casse" dans les chênes a donc été très limitée. En tout état de cause, elle n'a pas suffi à combler le léger déficit qui avait volontairement été laissé.

Toutefois, la précision du travail reste relativement bonne. La plus grosse erreur absolue sur la moyenne des 4 parcelles traitées de la même façon est de 3 %, tandis que l'erreur la plus importante pour une parcelle donnée est de 5 %. Les erreurs relatives sur les moyennes des éclaircies à 10,20 et 40 % sont respectivement de 5 %, 10 % et 8 %. C'est une précision qui est rarement atteinte lors des opérations sylvicoles courantes !

L'écart le plus critique est le chiffre de 15 % de surface terrière enlevée dans la parcelle III20. En fait, on a pratiquement toutes les intensités d'éclaircie régulièrement réparties entre 7 % et 20 % de surface terrière enlevée. Il pourra alors être intéressant, en plus du dépouillement classique basé sur la présence de 4 répétitions par traitement, supposées identiques, de tenter un dépouillement en continu des résultats obtenus entre l'éclaircie à 7 % et l'éclaircie à 20 %.

Pour en terminer avec la précision du travail réalisé, on remarque que celle-ci ne diffère pas sensiblement suivant les répétitions.

Dans un troisième temps, il faut s'attacher à traduire les éclaircies pratiquées en termes de facteur d'espace-ment. On dispose en effet de quelques règles sylvicoles à cet égard. D'après Duché, une éclaircie ne doit pas augmenter le facteur d'espacement de plus de 10 à 20 % de

sa valeur précédente. Des valeurs convenables pourraient se situer avant éclaircie aux environs de 22-23, et après éclaircie autour de 26-27.

La formule donnant la valeur du facteur d'espacement est

$$S=10\ 000/0,931H\sqrt{d}$$

H : hauteur dominante en mètres

d : densité à l'hectare.

Toutefois, cette définition s'applique classiquement à des peuplements purs, ce qui n'est pas le cas ici. Nous allons donc être conduits à inclure les essences annexes, notamment le pin sylvestre, dans les valeurs des densités. En effet, étant donné que dans beaucoup de parcelles éclaircies, on n'a enlevé que du pin sylvestre, cette essence doit être prise en compte dans le calcul du facteur d'espacement si l'on veut apprécier l'influence de la coupe sur l'augmentation de celui-ci. La variation du facteur d'espacement due à la coupe ne sera donc qu'indicative, car elle n'aurait sans doute pas été la même en partant d'un peuplement pur de chênes pubescents. Par contre, les témoins mis à part, les valeurs de F après coupe constitueront une bonne appréciation, puisqu'elles concerneront un peuplement pratiquement pur. Le tableau 30 regroupe les valeurs calculées.

On remarque tout d'abord que le pourcentage d'augmentation du facteur d'espacement après l'éclaircie est nul dans le cas de la parcelle I10. Il se produit même une légère diminution. Il s'agit ici du défaut d'inventaire déjà mis en évidence au début de ce paragraphe. Les quelques gros pins qui ont été enlevés lors de la coupe sont en nombre inférieur à l'erreur sur le comptage du nombre de chênes commise à l'occasion du premier inventaire.

Ce défaut met davantage en lumière l'inconvénient qu'il y a à inclure les pins sylvestres dans le calcul du

facteur d'espacement avant coupe. Vu le volume important d'un pin par rapport à un chêne, les variations de facteurs d'espacement auraient été plus importantes en partant d'un peuplement pur de chênes. En ce qui concerne par exemple les éclaircies à 40 %, on n'aurait sans doute pas été très loin du maximum de 20 % d'augmentation de S indiqué par Duché.

On remarque toutefois que la moyenne d'augmentation du facteur d'espacement par traitement est à peu près proportionnelle à l'intensité de l'éclaircie (avec un coefficient de 1/5). Les conclusions devront donc surtout s'appuyer sur la comparaison des résultats entre les différents traitements.

Par ailleurs, étant donné que les éclaircies ont éliminé pratiquement tous les pins, les valeurs de facteurs d'espacement après coupe pour les traitements 10, 20 et 40 caractérisent bien le peuplement pur de chênes qui est alors constitué. Cette valeur est faible - 19,39 en moyenne pour les trois types d'éclaircie. Même après l'élimination de pins, le peuplement est donc beaucoup plus serré qu'après une éclaircie idéale selon Duché ($S=16-27$). Il est même plus serré qu'un peuplement normal avant éclaircie ($S=22-23$). Il faut être conscient du fait que le dispositif a été implanté dans un taillis vieilli qui, à 56 ans, n'a jamais subi aucune coupe, et qui, par rapport à sa hauteur, est beaucoup plus dense que la normale. Ceci a deux conséquences : D'une part, le peuplement peut réagir plus vivement qu'un taillis "normal" à une éclaircie même très légère. D'autre part, il sera très possible, et même souhaitable, de programmer des éclaircies supplémentaires à relativement brève échéance (5-10 ans), au moins dans les parcelles qui auront bien réagi à la première éclaircie.

Enfin, deux types de remarques plus générales peuvent être faites au sujet du facteur d'espacement :

- Les 3 traitements: témoin, coupe à blanc, et coupe classique, sont caractérisés par des facteurs d'espacement moyens avant coupe plus importants que les 3 traitements d'éclaircies. Ceci n'est qu'un reflet de la plus grande richesse en pin sylvestre de ces 3 premiers traitements, qui est le résultat d'un choix délibéré. Comme chaque pin sylvestre couvre une surface de sol importante, cette essence contribue à abaisser la densité du peuplement formé, donc à augmenter le facteur d'espacement.

- Les moyennes des facteurs d'espacement par bloc distinguent la répétition I, où les chênes sont moins serrés qu'ailleurs. On peut d'ailleurs se reporter aux moyennes des densités sur les tableaux 8 et 10 pour faire la même constatation. On rejoint ici la remarque formulée à l'occasion des calculs d'accroissement en volume (§ IV.3.d) sur la plus faible valeur rencontrée dans le bloc I. Le facteur d'espacement se rapproche ici de la valeur idéale - avant éclaircie - donnée par Duché.

La quatrième et dernière série de constatations qui sera faite à propos des coupes réalisées concerne les volumes de bois retirés des différentes parcelles.

Des figures 8 et 9, on tire le tableau de la figure 31.

Le volume total de chêne retiré des coupes pratiquées sur l'ensemble du dispositif, estimé d'après le tarif de Duché majoré de 6,6 %, est donc de 152,47 m³.

En fait, ce volume semble sous-estimé. En effet, une estimation sur place du nombre de stères de chêne effectivement retirées des répétitions II et III donne 170 stères, soit environ $170 \times 0,65 = 110$ m³. Or, le même volume estimé grâce au tarif de Duché est de 83,39 m³.

La cause de cette différence tient au volume que représente le houppier de l'arbre. Celui-ci est exploité en partie par les bûcherons, qui enlèvent aussi les branches de plus de 4 cm de diamètre, alors qu'il n'en est

pas tenu compte du tout dans le tarif de Duché. Ceci constitue une lacune non négligeable de ce tarif. En effet, il ne permettra pas d'estimer avec exactitude le volume de bois de feu qu'on tirera d'un peuplement donné.

Dans le cas précis du dispositif de Lure, il faut multiplier la valeur obtenue grâce au tarif de Duché par un coefficient égal à 1,32 pour obtenir le volume réel exploité par les bûcherons. Mais ces arbres en peuplement dense ont un houppier peu développé, et le coefficient est sans doute plus fort dans le cas d'un taillis de chêne classique.

En multipliant le chiffre de 152,47 m³, qui représente l'estimation par le tarif Duché du volume total de chêne retiré du dispositif, par le coefficient 1,32, on obtient un volume de 201 m³ environ. Cette dernière valeur est vraisemblablement plus proche de la réalité de ce qui a été coupé. Il convient de la majorer d'environ 10 % pour tenir compte des hêtres, érables, et houppiers de pins sylvestres qui ont été mélangés au chêne par les ouvriers. On obtient 225 m³. Si l'on ajoute encore 5 m³, soit approximativement le volume de bois qu'a laissé sur place l'ouverture des divers chemins de vidange, on arrive à un volume total de bois de feu vendu à l'entreprise de 230 m³, soit plus de 350 stères.

Si l'on évalue le prix du stère à 100 F, le bois de feu retiré par l'entreprise représente une valeur d'environ 35 000 F.

D'autre part, il est aisé de connaître les effectifs de pins sylvestres enlevés, par classes de diamètre. On leur applique un tarif "bois de trituration", qui tient compte d'une découpe plus importante que celle du bois de feu. On arrive, pour l'ensemble du chantier à un volume de 100 m³. Il faut y ajouter 10 m³ représentés par les 16 pins éliminés en bordure du dispositif. Le volume total de bois de trituration retiré par l'entreprise est donc d'environ 110 m³, dont la valeur est estimée à 50 F/m³. La valeur de ce bois est de 5500 F.

La valeur de l'ensemble du bois retiré du chantier, toutes essences confondues, est ainsi de 40 000 F environ.

5. CARACTERISTIQUES GENERALES DU DISPOSITIF

En conclusion des chapitres précédents, on peut insister sur l'homogénéité du dispositif, au point de vue dendrométrique aussi bien qu'écologique.

En ce qui concerne les facteurs du milieu, la seule variation sensible est celle de la pente qui est de 15 % dans la première répétition, et de 23 % en moyenne dans les trois autres. L'altitude influe très légèrement sur la composition floristique quand on passe du bloc I aux trois autres blocs.

En ce qui concerne le peuplement, la différence est un peu plus sensible, entre la répétition I, et les répétitions II, III et IV. La densité est plus faible, le volume de bois sur pied également, et le facteur d'espacement est un peu plus grand. La délimitation des parcelles fut assez malaisée au départ, et les limites de la répétition I ne sont pas régulières.

Toutefois, tous les calculs précédemment exposés montrent que l'originalité du premier bloc par rapport aux autres reste très modérée. Il est tout à fait justifié de le considérer comme une répétition normale.

De même, le fait que le peuplement soit un peu plus serré ou un peu plus âgé dans certaines parcelles de la répétition IV n'est en aucune façon rédhibitoire.

V. SUIVI ULTERIEUR DU DISPOSITIF

Certaines variables devront être mesurées à coup sûr, et en respectant un protocole imposé. Il s'agit par exemple des inventaires. D'autres grandeurs seront plus délicates à appréhender. L'apparition de semis est dans ce cas. Enfin, le suivi de certains facteurs pourra dépendre des résultats obtenus. On peut penser par exemple à la croissance des rejets dans les sous-traitements BH et BT si aucune différence n'apparaît.

Il est nécessaire dans un premier temps de passer en revue tous les éléments à appréhender. Ensuite, il faudra essayer d'établir une sorte de calendrier des mesures.

1. FACTEURS STATIONNELS

Les variables climatiques et géologiques ne changeront pas. Les caractéristiques principales du sol ont peu de chance d'évoluer à court terme. Il n'en est pas de même de la flore présente sur les différentes parcelles. La composition de celle-ci devra être relevée soigneusement dans chaque parcelle pour être comparée à la végétation

initiale. On fera notamment 2 ou 3 relevés à des saisons différentes pour diminuer les risques d'oubli.

Les évolutions éventuelles seront mises en parallèle avec les résultats des mesures d'intensité lumineuse reçue au sol dans chaque type de traitement. La réputation héliophile ou éventuellement sciaphile de chaque espèce nouvelle rencontrée devra être recherchée. La périodicité des relevés pourra être de deux ans, pour travailler sur des évolutions plus nettes.

2. GRANDEURS LIEES AUX ARBRES LAISSES PAR LA COUPE

L'évolution des variables énumérées est suivie par le biais des inventaires, selon un protocole précis déjà défini. La périodicité des mesures sera de 2 ans.

- Hauteur dominante
- Densité, histogrammes des classes de diamètre, surface terrière
- Volume de bois sur pied
- Facteur d'espacement.

Le traitement B est exclu de ces inventaires.

D'autres critères seront appréciés annuellement dans les éclaircies et les coupes classiques.

- Descentes de cîmes.
- Apparition de gourmands sur le tronc
- Cassures, pliures
- Attaques de parasites (Bupreste...).

On pourra noter le nombre d'arbres concernés, et la sévérité de l'accident selon une échelle simple, sachant que le peuplement était complètement exempt de ces différents types d'attaque au départ.

3. MESURES SUR LES REJETS DANS LES TRAITEMENTS B et C

a. Traitements B

Il s'agit ici de mettre en évidence des différences éventuelles entre les deux sous-traitements BH et BT. Les observations se feront à la période où les feuilles sont tombées pour éviter toute gêne. Elles auront lieu chaque année.

- Observation de l'emplacement du départ de chaque rejet sur la souche par rapport au collet. Des rejets émis à partir de bourgeons proventifs démarrent en dessous du collet, tandis que des rejets issus de bourgeons adventifs démarrent au-dessus du collet, et même en bordure du plan de coupe. On pourra donc faire 3 classes : rejet apparaissant : en dessous du collet, entre le collet et le plan de coupe, sur la circonférence du plan de coupe. Ce type d'observation sera effectué la première année seulement.

- Mesure de la croissance des rejets. Il n'est pas question de prendre en compte tous les rejets émis par une souche (on peut en compter, suivant les souches, de 1 à 200 !). Le problème est de savoir combien en mesurer. L'observation des cépées adultes montre que celles-ci sont, en moyenne, formées par : un brin dominant, un codominant, et 0 à 2 dominés. En décidant de mesurer les plus grands rejets émis par une souche, à concurrence de 3, on a toutes les chances d'inclure dans nos mesures les 1 à 3 brins qui constitueront l'ossature de la future cépée.

Les rejets retenus devront être marqués à la peinture. On mesurera ainsi toujours les mêmes, même si par la suite ils se font dépasser en hauteur par d'autres tiges.

On peut tenter de repérer, à cette occasion, des groupes de rejets distincts qui apparaissent sur diffé-

En ce qui concerne la dernière distinction, si elle est faite, on vérifiera si ce sont toujours les mêmes cépées ou les mêmes souches qui émettent les rejets les plus vigoureux. Dans le cas contraire, cela peut vouloir dire qu'il y a un certain renouvellement des souches au fil des rotations, et que ce ne sont pas toujours les mêmes qui émettent les brins dominants.

Si les rejets émis par les cépées qui nourrissent une réserve sont en moyenne plus petits que les autres, c'est plutôt un signe de non-indépendance des différents secteurs d'une cépée. En effet, dans ce cas, on peut penser que ce sont les besoins nutritifs de la réserve qui grèvent la croissance des rejets émis, et donc que le système racinaire est commun, au moins partiellement.

Si les rejets issus d'anciens brins de franc-pied sont en moyenne plus grands que les autres, cela pourrait confirmer l'hypothèse de l'épuisement progressif des souches au cours des rotations successives. Ce type de rejet est en effet émis par une souche "neuve". Il faudra toutefois rester prudent dans ce dernier cas, car nous avons déjà remarqué que les souches sélectionnées dans cette catégorie devaient être vigoureuses, exemptes de tout signe de nécrose ou de pourriture. C'est un caractère qui à lui seul peut induire la pousse de rejets plus vigoureux que la moyenne.

4. OBSERVATIONS SUR LES SEMIS EVENTUELS

Le travail à faire est ici moins bien défini.

Par analogie avec d'autres expérimentations du même type, le comptage des semis pourra se faire dans des cadres carrés de 1 m de côté disposés dans le rond central. On mesurera la croissance des semis, qu'on pourra

comparer à celle des rejets. On pourra également évaluer ou mesurer dans le cadre, ce qui peut venir gêner la croissance des semis : rejets de chênes, végétation spontanée (espèces ?), régénération naturelle de pin sylvestre, de hêtre, présence d'un couvert arboré qui se referme petit à petit au-dessus des semis. Des travaux complémentaires pourront être programmés en fonction de ces observations, qui seront pluriannuelles.

Mais plusieurs inconnues demeurent :

- quels traitements seront concernés par ces observations : C, B, 40, 20, 10 ?
- quelle devra être la disposition des cadres de comptage par rapport aux lisières, aux arbres restants ?
- combien de cadres disposer, et comment les répartir : au hasard ? sur les taches de semis ?

Les réponses à toutes ces questions seront données par les modalités d'apparition (ou de non-apparition) de la régénération de chêne (visible en été). On peut par exemple planter au hasard 6 à 8 cadres par cercle dans les traitements B, C et 40. Ensuite, on ne bouge plus ces cadres, et l'abondance réelle de semis sera supposée proportionnelle au nombre de plantules présentes à l'intérieur des cadres. Mais la proportion de surface couverte n'est dans ce cas que de 1 %. Il peut donc s'avérer préférable d'opérer selon une méthode différente, qui consiste à attendre l'apparition éventuelle de semis, et à planter 4 cadres par cercle aux endroits précis où apparaît cette régénération. La seconde méthode est plus judicieuse s'il ne vient que peu de semis. En outre, elle peut être évolutive sur plusieurs années. Enfin, elle est plus économique. Dans un cas extrême, s'il n'apparaît que très peu de semis, on peut même reprendre la méthode des 2 diagonales, déjà utilisée lors des relevés floristiques pour estimer l'abondance de semis avant coupe. Il faudrait alors en améliorer la précision, en donnant aux transects

de comptage une largeur constante (1,5 à 2 m) repérée grâce à un étalon.

Les mesures de luminosité peuvent venir aider à l'interprétation des résultats concernant l'apparition et la survie de la régénération. Il serait d'ailleurs utile d'associer quelques enregistrements supplémentaires aux éventuelles taches de semis lors des relevés ultérieurs.

5. MESURES D'ECLAIREMENT - OBSERVATIONS DIVERSES

Les mesures d'éclairement respecteront le protocole exposé au § III.4. Des enregistrements supplémentaires devront probablement venir s'y adjoindre : semis, influence des lisières... Ces mesures seront faites tous les deux ans.

Dans les éclaircies, la fermeture progressive du couvert pourra être estimée "à l'oeil", et mise en relation avec la diminution de l'éclairement reçu au sol.

Tout autre facteur dont l'influence apparaîtra en cours de route sera bien entendu quantifié. A l'inverse, les variables dont la mesure s'avèrera superflue pourront être abandonnées.

6. CALENDRIER DES MESURES

En l'état actuel des choses, le calendrier proposé ne peut être qu'indicatif. Il devra être complété au fur et à mesure de l'évolution du peuplement.

CALENDRIER DES MESURES ULTERIEURES

Opération	Traite- ments concernés	1986				1987				1988			Péριο- dicité
		Hiver	Prin- temps	Eté	Au- tomne	Hiver	Prin- temps	Eté	Au- tomne	Hiver	Prin- temps	Eté	
Relevé floris- tique	tous						x	x	x				2 ans
Mesures d'éclai- rement	tous							x					2 ans
Inventaire ar- bres adultes	tous sauf B					x							2 ans
Accidents arbres adultes	C, 10, 20, 40			x				x				x	1 an
Apparition/crois- sance rejets	B et C	x				x				x			1 an
Implantation ca- dres comptage semis	B, C, 40 (20, 10)		x	x			x	x			x	x	1 an
Comptages/mensu- rations semis	B, C, 40 (20, 10)			x	x			x	x			x	1 an
Fermeture du couvert	C, 40, 20, 10							x					2 ans
<u>Opérations ajou- tées en cours de route</u>													

CONCLUSION

Le dispositif d'étude de la sylviculture du chêne pubescent de la montagne de Lure apparaît en définitive assez particulier.

Dans son principe, c'est un dispositif classique comportant 4 répétitions de 6 traitements différents. Toutefois, il se rapporte à un objet très complexe qui est un peuplement d'arbres adultes. Ce peuplement est caractérisé par un très grand nombre de variables. De plus, suivant le traitement auquel on le soumet, ses réactions peuvent être diverses et très différentes.

L'implantation du dispositif a donc nécessité un enregistrement de départ aussi complet que possible d'un maximum de variables. Son suivi devra s'attacher à :

- mesurer périodiquement la plupart de ces variables ;
- observer fréquemment et avec soin les réactions qui se font jour au sein du peuplement ;
- rester évolutif, c'est-à-dire décider en fonction de ces observations de prendre en compte des variables supplémentaires, de supprimer des mesures inutiles, de programmer des travaux complémentaires complétant les éclaircies ou favorisant les semis.

Les questions auxquelles nous cherchons à répondre sont nombreuses, ce qui alourdit encore le travail.

Enfin, il est bon de revenir sur les caractéristiques particulières de ce boisement : forêt d'altitude, peuplement de classe de croissance assez bonne, d'âge plus élevé

que ce que l'on peut trouver couramment, et de forte densité. Les conclusions qui seront tirées de ce travail ne seront extrapolables qu'à des peuplements à couvert complètement fermé et situés dans une classe de croissance correcte, sur un sol bien alimenté en eau.

Il est de toutes façons vain d'espérer mettre au point des méthodes de sylviculture pour des taillis clairsemés et mal-venants comme il en existe beaucoup en Provence. Par contre, il serait sans doute bénéfique de trouver des méthodes permettant d'assurer une régénération naturelle, et donc un renouvellement des souches, même au sein de ces taillis pauvres.

On ne peut donc conclure qu'en souhaitant la mise en place d'autres dispositifs d'étude de la sylviculture du chêne pubescent, dans des conditions de milieu différentes, et à l'intérieur de peuplements autrement structurés.

Si l'évolution des technologies rend cette essence économiquement intéressante d'ici 10, 20 ou même 40 ans, il sera alors trop tard pour lancer des études visant à définir des règles de sylviculture.

Le technicien forestier
Roger OSTERMEYER

DOCUMENTS CONSULTÉS

DUCHE, Y., 1983 - Etablissement de classes de croissance des peuplements de chêne pubescent en Provence. Analyse de leurs facteurs explicatifs, Etude FEOGA, Mémoire E.N.I.-T.E.F., 106 p. + annexes, CEMAGREF Aix-en-Provence, Division PFCI.

FERNANDEZ, R., 1978 - Les peuplements de chêne pubescent des hautes garrigues du Montpelliérais, Etude dendrométrique et écologique, Mémoire E.N.I.T.E.F., 171 p.

FRIEND, D.T.C., 1961 - A Simple Method of Measuring Integrated Light Values in the Field, *Ecology*, vol. 42, pp. 577-580.

HOUSSARD, C., 1979 - Etude de la structure de quelques taillis de chêne pubescent (*Quercus pubescens* Willd.) de la région des garrigues du Montpelliérais, Thèse 3ème cycle U.S.T.L., Montpellier, 201 p.

HOUSSARD, C., ESCARRE, J., 1981 - Etude sur le couvert de la végétation dans des taillis de chêne vert, CTGREF Aix-en-Provence, Division PFCI, CNRS, CEPE Louis Emberger, Montpellier, 41 p.

de MONTGOLFIER, J., 1984 - Le chêne pubescent (fiche), *Forêt méditerranéenne*, tome VI, n° 2, pp. 317-320.

OZENDA, 1970, Carte de la végétation de la France au 1/200 000, n° 67 (Digne), CNRS, Toulouse.

QUEZEL, P., 1976, Les forêts du pourtour méditerranéen, *Note technique du M.A.B.*, n° 2, UNESCO, pp. 9-33.

QUEZEL, P., 1979 - La région méditerranéenne française et ses essences forestières. Signification écologique dans le contexte circum-méditerranéen, *Forêt méditerranéenne*, tome I, n° 1, pp. 7-18.

TESSIER, L., PONS, A., SERRE-BACHET, F., 1982 - Analyse dendroclimatologique comparée de quelques populations de chêne pubescent (*Quercus pubescens* Willd.) de la Drôme et du Var, *Ecologia Mediterranea*, tome VIII, fascicule 4, pp. 117-130.