



HAL
open science

Étude préliminaire sur les pertes de production des pinèdes soumises aux attaques de la Processionnaire du Pin *Thaumetopoea pityocampa* Schiff.

J. Bouchon, J. Toth

► To cite this version:

J. Bouchon, J. Toth. Étude préliminaire sur les pertes de production des pinèdes soumises aux attaques de la Processionnaire du Pin *Thaumetopoea pityocampa* Schiff.. *Annales des sciences forestières*, 1971, 28 (3), pp.323-340. <10.1051/forest/19710305>. <hal-00882045>

HAL Id: hal-00882045

<https://hal.science/hal-00882045v1>

Submitted on 11 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

ÉTUDE PRÉLIMINAIRE SUR LES PERTES DE PRODUCTION DES PINÈDES SOUMISES AUX ATTAQUES DE LA PROCESSIONNAIRE DU PIN *THAUMETOPOEA PITYOCAMPA* SCHIFF.

J. BOUCHON et J. TOTH

en collaboration avec le Groupe « Processionnaire du Pin »,
et avec la participation technique de M. TURREL et M. RAVART

*Station de Sylviculture et de Production,
Centre national de Recherches forestières, I.N.R.A.,
54 - Nancy*

*Station de Recherches forestières, I.N.R.A.,
84 - Avignon*

RÉSUMÉ

La Processionnaire du Pin (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.) provoque des dégâts importants dans les peuplements résineux ; une étude de la perte de production qui lui est due a été faite au Mont-Ventoux dans le sud-est de la France ; les peuplements de pin noir (*Pinus nigra* Arn. var. *Austriaca*) étudiés étaient âgés de 53 à 64 ans. Dans l'impossibilité d'utiliser tout autre critère, on a pris comme indice de fertilité des stations le rayon quadratique moyen des souches à dix ans. En comparant l'accroissement ultérieur à cet indice, on met en évidence des pertes de production de 20 à 45 % suivant la zone de dégâts ce qui, à notre sens, justifie grandement les interventions.

Nous pensons entreprendre des études plus précises pour avoir une meilleure estimation des dégâts.

INTRODUCTION

La Processionnaire du Pin, *Thaumetopoea pityocampa*, est considérée depuis longtemps comme un des principaux ravageurs des pinèdes méditerranéennes.

Si de nombreux auteurs se sont attachés aussi bien à son éthologie (FABRE, 1899 ; ANDROIC, 1957 ; DÉMOLIN, 1968) qu'à son contexte écologique (CALAS, 1897-1898 ;

DÉMOLIN, 1969 ; DUSSAUSOY, GÉRI, 1969), très peu d'ouvrages concernent la perte de production qui résulte de ses attaques aussi massives que spectaculaires.

Seul CALAS a abordé le problème de façon complète sur de jeunes plantations à la suite du reboisement en Pin noir d'Autriche (*Pinus nigra* Arn. var. *Austriaca*) dans les Pyrénées-Orientales.

Il évalue la perte de croissance en hauteur à 60 % ; cependant, devant l'ampleur des dégâts observés et la mortalité enregistrée, il n'a pu convertir ces résultats en perte globale de production.

Depuis cette époque, peu d'études particulières sur ce sujet ont été réalisées : observation sur Pins d'Alep en Tunisie (RIVE, 1967), expérimentation d'effeuillage artificiel (JOLY, 1969), approche statistique sur *Pinus radiata* (CADAHIA et INSUA, 1970). Tous ces auteurs aboutissent, malgré la diversité des méthodes utilisées, à des résultats similaires, soit une perte d'accroissement d'environ 30 %.

En nous appuyant sur les travaux écologiques poursuivis par le groupe d'étude sur la Processionnaire, un contrat a été passé en 1970 entre l'I.N.R.A. et la D.G.R.S.T. pour reprendre le problème des pertes de production ligneuse résultant des ravages de la Processionnaire du Pin, en nous basant sur les variations d'accroissement des cerne annuels entre les années de forte et de faible infestation.

Nous espérons un double résultat. L'un écologique : retrouver, au niveau d'un peuplement, l'histoire des populations de processionnaires (périodicité des gradations), l'autre plus pratique : la perte de productivité subie pendant toute la vie du peuplement.

Choix du biotope d'étude

Le choix du biotope d'étude dépend bien entendu de la liaison forêt-Processionnaire. Dans le cas de ce ravageur, on peut distinguer deux types de gradations bien différentes du point de vue de l'importance et des répercussions des attaques, suivant que nous nous adressons à des jeunes peuplements ou à des forêts déjà stabilisées.

Dans le premier cas, si les jeunes plantations sont situées dans l'aire optimale de la Processionnaire du Pin (HUCHON-DÉMOLIN, 1970), l'on assiste entre la sixième et la dixième année qui suit la mise en place des plants, à des attaques brutales et bien souvent catastrophiques. Le délai qui précède l'introduction du ravageur peut être encore raccourci si la plantation est relativement proche d'une pinède déjà infestée. Ces infestations qui aboutissent à une défoliation totale *quelle que soit l'espèce de Pin concernée* durent parfois deux ou trois ans, elle s'expliquent par le très grand potentiel de fécondité des processionnaires qui ne peut être, au départ, « contré » par le complexe parasites-prédateurs alors en voie de constitution. Ce processus dévastateur est, en outre, amplifié par la petite taille des arbres qui ne peuvent alimenter qu'un faible nombre de colonies de chenilles, 3 à 4 pour un arbre de 6 ans. Il résulte de ces attaques brutales, sinon une mortalité directe des arbres, tout au moins un affaiblissement qui aura des répercussions plus ou moins lointaines sur l'avenir du peuplement, telles que l'introduction de xylophages, par exemple.

Depuis CALAS, ce type de gradation « catastrophique » avait été un peu oublié. Les grands reboisements mis en chantier récemment, tant en France qu'à l'étranger, se sont chargés de nous le rappeler.

Dans le cas des peuplements plus anciens, les attaques brutales sont en général la résultante d'un déséquilibre biologique ou climatique passager. Ces attaques sont souvent moins dangereuses, car d'une part, l'arbre est capable, par sa taille, de supporter un très grand nombre de bourses, et d'autre part, les gradations sont très vite enrayées par le rétablissement de l'équilibre des biocénoses. Il en résulte cependant, malgré leur périodicité relative, une perte de production importante due au fait qu'il existerait une période de rattrapage qui durerait plusieurs années après l'attaque proprement dite.

L'étude sur jeunes plantations étant particulièrement délicate à réaliser, nous nous sommes tournés vers des forêts anciennes, appartenant à deux zones climatologiques distinctes, l'une dans les Landes de Gascogne : pins maritimes, l'autre au Mont Ventoux dans le sud-est de la France ; pins noirs. Ce sont les résultats partiels obtenus dans cette dernière région qui font l'objet de cette publication.

I. — RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX SUR LA FORÊT ÉTUDIÉE

1.1. — *Situation géographique* (voir la carte fig. 1)

La forêt domaniale de Malaucène et Beaumont du Ventoux occupe la partie ouest du Mont Ventoux, des deux côtés de la route nationale 574 venant de Malaucène vers le plateau du Mont Serein.

La série de Malaucène a une superficie de 381 ha et se situe dans le secteur de la Chapelle Piaud-Seuil, à une altitude de 600 à 740 m.

La série de Beaumont du Ventoux occupe 704 ha dans le secteur de la maison forestière des Ramayettes, à une altitude de 750 à 1.300 m.

1.2. — *Géologie et substratum*

La roche-mère est de calcaire Bédoulien ; elle est recouverte par des plaquettes et des débris de même origine, mais très souvent elle affleure la surface surtout sur les adrets. Sur l'ubac, et dans les vallons, nous trouvons un sol rajeuni par l'érosion active, donnant naissance à une rendzine. D'une façon générale, la roche-mère est très bien fissurée, ce qui permet une facile pénétration des racines.

1.3. — *Climat*

Parmi les facteurs climatiques, ce sont les précipitations qui ont un rôle important. Pour la période 1965-69, la moyenne annuelle de ces 5 ans était de 678 m/m à la station de Malaucène, 3,30 m d'altitude (voir tableau 2).

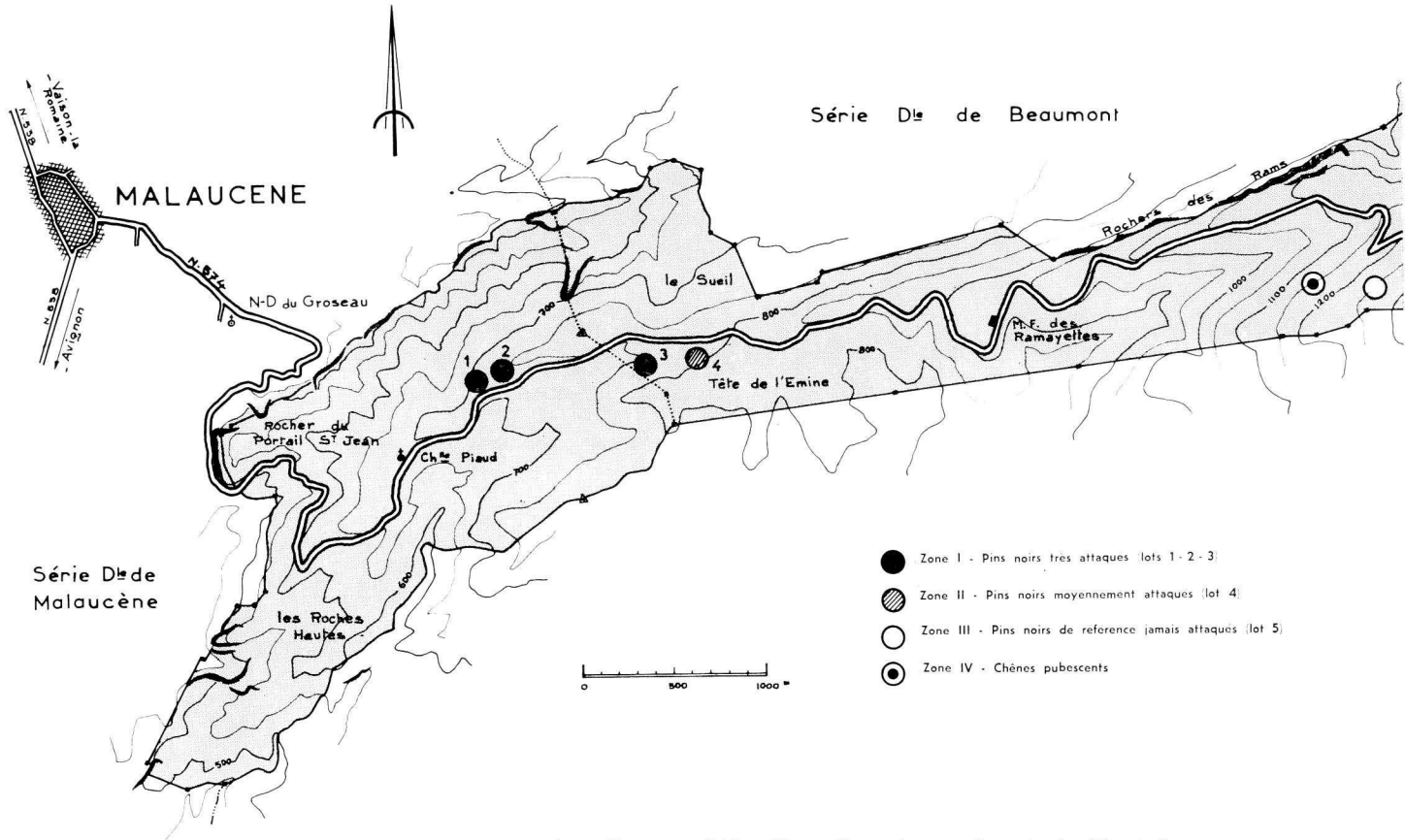


FIG. 1. — Situation des zones de prélèvement d'échantillons. Carte des peuplements étudiés et des emplacements où ont été prélevés les arbres mesurés

FIG. 1. — Localization of the sampling areas. Map of the stands which have been studied and sampling trees localization

Des relevés faits sur de plus longues périodes, mais à des emplacements plus éloignés de notre champ d'expérience, on peut citer les chiffres suivants :

	Altitude	Température moyenne	Nbre de jours d'insolation	Précipitations (mm)	Nbre de jours de précipitations (0,1 mm)
Mont-Ventoux ..	1.900	3,2° C		966	109
Orange	60	13,3	64	831	87

En ce qui concerne les précipitations, les postes les plus proches (Bédoin, Valréas, Nyons, Montaubans-sur-l'Ouvèze) indiquent des chiffres allant de 763 mm à 913, eux aussi sensiblement plus élevés que ceux donnés par la station de Malaucène.

1.4. — Couverture végétale

Classement phytosociologique.

La série de Malaucène et la partie basse de la série de Beaumont se classent dans l'étage méditerranéen, série chênes verts et chênes pubescents. La partie supérieure de la série de Beaumont du Ventoux se classe dans l'étage subméditerranéen du Chêne pubescent, et dans l'étage montagnard, série mésophile du Hêtre. Le reboisement du Pin noir a été effectué dans ces différents étages.

Végétation.

Sur sol profond abondent :

Buxus sempervirens,
Amelanchier ovalis,
Cytisus sessifolius,
Coronilla emerus.

Sur sol sec et superficiel :

Juniperus communis,
Juniperus oxycedrus,
Lavandula latifolia,
Genista hispanica,
Genista pilosa.

Dans les zones les plus dégradées, on a donc une lande à genévrier oxycèdre, alors que le buis se trouve sur les sols plus profonds. Quelle que soit la zone, on retrouve en plus ou moins grande abondance les cortèges (OZENDA, 1966 ; GOBERT, PANTOU, 1969) du *Querceto-Buxetum* (*Buxus sempervirens*, *Juniperus communis*, *Cytisus sessifolius*, *Coronilla emerus*, *Amelanchier ovalis*), du *Quercetum-Ilicis* (*Quercus*

ilex, *Juniperus oxycedrus*), et de l'*Aphyllantion* (*Aphyllantes monspeliensis*, *Genista hispanica*, *Saturcia montana*, *Thymus serpyllum*, *Genista pilosa*, *Lavandula latifolia*).

Du point de vue forestier, en dehors des landes, et dans les zones étudiées, on a des peuplements de Pin noir d'Autriche, plantés au début du siècle, de densité très variable, les densités les plus faibles se trouvant sur les versants exposés au sud.

1.5. — *La Processionnaire au Mont Ventoux*

Le versant sud-ouest du Mont Ventoux, concernant les séries domaniales de Malaucène et Beaumont, se situe de par les conditions d'ensoleillement et de température dans l'aire optimale de la Processionnaire du Pin ; cette dernière espèce y est présente à l'état endémique, elle commet des dégâts extrêmement graves. Les dernières grandes attaques, culmination des gradations, correspondent aux années 1958-1959, et 1966-1967 (GRISON, 1969). La prochaine étant prévue en 1972-1973 (Travaux écologiques en cours).

Pour des raisons d'ensoleillement, lié bien entendu au relief, les zones fortement attaquées correspondent aux versants exposés au sud-sud-ouest, à l'exclusion intégrale des versants nord.

En fonction du comportement particulier des femelles (DÉMOLIN, 1968), les foyers se limitent généralement en zone de crêtes aux plantations clairsemées de clairières, et dans les combes bien exposées (voir carte). Les grandes surfaces peuvent être envahies dans leur ensemble au cours des gradations maximales, et dans ce cas, des infiltrations risquent de se produire sur les versants nord. Il en résulte que, dans le Ventoux, la Processionnaire est répartie par taches, et non pas de façon homogène, seul l'ensemble du massif est envahi complètement au cours des fortes gradations.

2. — MÉTHODE DE TRAVAIL ET DISCUSSION

Les pertes de production éventuelles dues à la processionnaire du pin sont étudiées par l'intermédiaire de la mesure des accroissements radiaux.

La largeur d'un anneau de croissance dépend de plusieurs facteurs :

- a) *d'accidents divers individuels ou collectifs*, tels que dégâts dus aux intempéries, à des insectes, etc... ;
- b) *des conditions de milieu du peuplement* : type de station et climat général, mais aussi particularités climatiques des années ayant précédé l'accroissement (pluviosité notamment) ;
- c) *de l'essence*, et également de la race et de la provenance pour une essence donnée ;
- d) *de l'individu* à la fois par sa position sociale dans le peuplement (facteur concurrence), ses capacités génétiques, son âge... ;
- e) *du niveau* où a été fait la mesure et de *sa direction* ;

Pour éliminer l'effet : « direction du prélèvement » on prend la moyenne quadratique des quatre mesures prises aux quatre points cardinaux : on appellera *RQM* ces rayons quadratiques moyens.

Pour éliminer l'effet « niveau » on compare les rondelles prises à des mêmes hauteurs (souche : 1,30 m) ou à des hauteurs relatives identiques (souche : H/5, cinquième de la hauteur par exemple).

En ce qui concerne le facteur *d*), pour éliminer la variation individuelle, nous verrons au paragraphe 3.1 que nous avons pris 15 à 30 tiges par station.

Pour le facteur *a*), nous devons faire l'hypothèse suivante :

Hypothèse A : aucun accident autre que la processionnaire n'est venu perturber la vie des peuplements ou des arbres étudiés (ou, s'il y en a eu, les effets relatifs ont été les mêmes dans les cinq peuplements).

Si cette hypothèse n'était pas vérifiée, un accident dans le peuplement témoin (voir paragraphe 3.1 le choix des peuplements) aurait pour effet de faire sous-estimer l'action de la processionnaire, alors qu'un accident dans les placettes attaquées aurait pour effet de la surestimer.

Comme nous l'avons vu, les populations des processionnaires ne peuvent s'accroître que dans des conditions écologiques précises et dans les zones correspondantes ; il est alors difficile de trouver des arbres indemnes dans les placettes à étudier ; il devient impossible d'éliminer les conditions « de milieu ».

On est obligé de comparer des arbres pris dans des stations différentes et donc de faire une hypothèse supplémentaire, correspondant au facteur *b*).

Hypothèse B : Si l'on compare, dans deux stations différentes mais voisines, deux peuplements de pins noirs, les « conditions de milieu » sont *sans effet différentiel* sur les lois de croissance, pourvu que pendant les périodes sans attaques ces lois soient identiques ou peu différentes.

Si les lots plantés étaient de races différentes, nous admettrions que cette dernière hypothèse est toujours valable, en assimilant par analogie l'effet génétique aux effets des conditions de milieu, bien que s'ajoute ici un problème supplémentaire : il est probable qu'à des particularités climatiques annuelles données, deux races différentes ne réagissent pas de la même manière. En l'absence de renseignements sur les pins noirs introduits l'hypothèse B est nécessaire.

2.1. — Détermination des périodes sans attaque

L'hypothèse A suppose que pendant une partie au moins de leur vie les peuplements ont des lois de croissance comparables. On étudie le rapport entre la largeur du cerne et ce qu'elle aurait été en l'absence d'attaque ; on a une courbe *théorique* dont l'allure est celle de la figure 2.

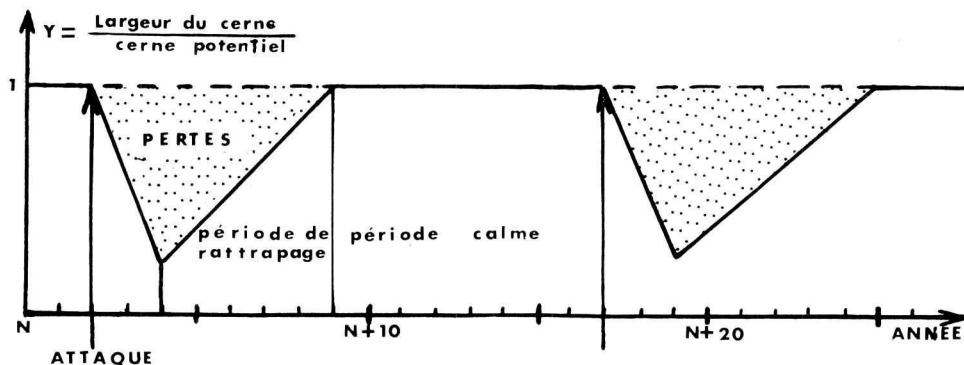


FIG. 2. — Courbe théorique du rapport de la largeur du cerne à sa largeur potentielle, lorsque la période sans attaque est longue devant la période de rattrapage

FIG. 2. — Theoretical curve of the actual ring width/potential ring width ratio when the period without any attack is long as compared to the recovering period

Les périodes calmes sont atteintes lorsque l'activité de la chenille s'est arrêtée depuis suffisamment de temps ; alors la largeur du cerne annuel est égale à celle du cerne « potentiel ». Supposons maintenant que les attaques soient si fréquentes qu'on ait une courbe dont l'allure est celle de la figure 3. La largeur du cerne annuel ne sera plus jamais égale à celle du cerne potentiel et il sera donc impossible d'avoir une estimation de la qualité intrinsèque de la station, donc de chiffrer l'importance des dégâts : tout se passe comme si la chenille processionnaire devenait un facteur constant du milieu. Dans ce deuxième cas, il n'y a plus que la période de jeunesse de l'arbre qui permette des comparaisons, puisque c'est la seule époque de la vie du peuplement où il n'y a pas d'attaques.

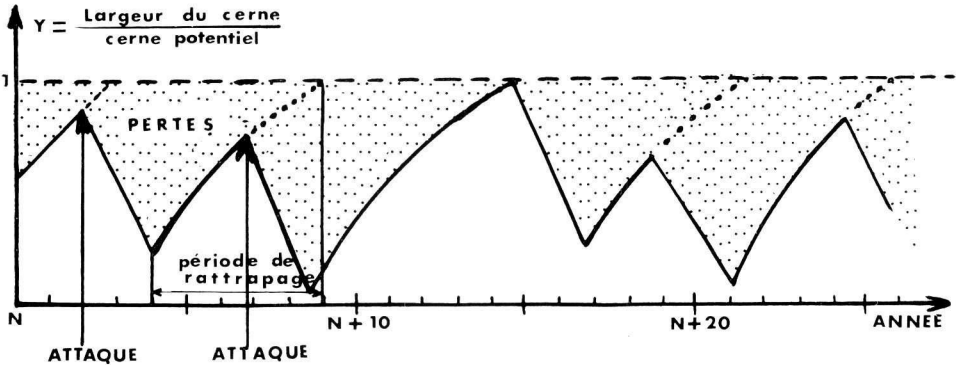


FIG. 3. — Courbe théorique du rapport de la largeur du cerne à sa largeur potentielle, lorsque la période sans attaque est plus petite que la période de rattrapage

FIG. 3. — When the period without any attack is shorter than the recovering period

Dans le premier cas, en principe, les périodes calmes (sans attaques de chenilles) devraient permettre une comparaison ; mais on se heurte à deux difficultés :

— on ne connaît pas la longueur de la période de récupération ;

— les périodes calmes sont toujours brèves : deux ou trois ans ; étant donné la variation individuelle des largeurs des cerne, ce laps de temps est beaucoup trop court pour autoriser une bonne précision ; il s'ensuit qu'il est impossible d'utiliser la méthode dendrochronologique, basée sur les comparaisons des largeurs de cerne annuels, notamment pour faire une datation.

Pratiquement, on est donc amené dans les deux cas à se référer dans un premier stade à la comparaison des peuplements dans leur jeune âge.

2.2. — Comparaison dans le jeune âge

Les premières attaques n'ayant lieu qu'après l'âge de six ans, on a, au début de la vie des peuplements une possibilité de comparaison « hors processionnaire » ; cela suppose que l'on travaille sur les rondelles prises à la souche avec toutes les difficultés que cela représente pour passer ultérieurement des pertes de croissance mesurées sur la souche aux pertes de croissance en volume.

On sait que l'allure des accroissements annuels en fonction de l'âge se présente comme sur la figure 4.

La courbe moyenne est d'abord ascendante au cours d'une période dite « anarchique » parce que les accroissements sont très variables d'une année à l'autre puis, après dix à vingt ans on observe une décroissance exponentielle, la variabilité étant beaucoup plus faible et sensiblement proportionnelle à la largeur du cerne elle-même. On conçoit que les méthodes dendrochronologiques classiques soient inutilisables dans la première partie de la courbe ; or, c'est précisément notre domaine d'observation. Nous devons donc travailler sur un indice moyen ignorant la variabilité ; nous référant à J. CALLAS qui pense que la perte de croissance ne suit pas immédiatement l'attaque, estimant que les arbres qui nous sont parvenus

n'ont pas été gravement attaqués dans leur jeune âge, ignorant les temps de pépinière, nous avons pris comme critère de station : LA SURFACE TERRIÈRE DE LA SOUCHE A DIX ANS, SOUS ÉCORCE.

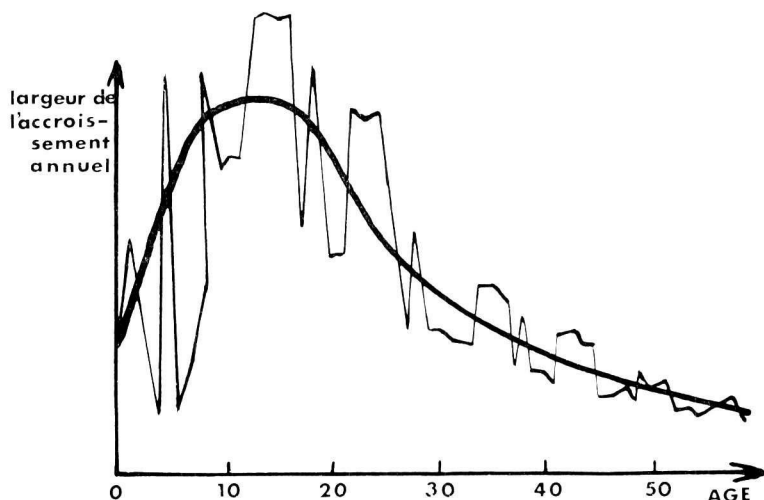


FIG. 4. — Courbe donnant l'allure des accroissements annuels au cours de la vie d'un arbre

FIG. 4. — Current ring width increment curve during the life of a tree

Remarquons immédiatement que si les influences des attaques se sont faites sentir avant l'âge de dix ans, l'indice de l'arbre correspondant sera fictivement abaissé et donc l'influence ultérieure du défoliateur sous-estimée. Comme nous le verrons § 4.1, les âges des arbres étudiés sont différents (43 à 70 ans); on doit par conséquent faire une hypothèse supplémentaire, qui paraît avoir des chances sérieuses d'être vérifiée, étant donné qu'on a à faire à des plantations qui ont été traitées de manière identique :

Hypothèse C : Une période de dix ans est suffisante pour déterminer la valeur d'une station indépendamment des fluctuations climatiques annuelles de ces dix années. En d'autres termes, la moyenne climatique d'une période de dix ans est suffisamment proche de la moyenne réelle d'une station pour que l'estimation de l'indice de station défini plus haut soit valable.

3. — MATÉRIEL EXPÉRIMENTAL

3.1. — Choix des parcelles et prélèvement

Compte tenu des hypothèses précédentes et du contexte général processionnaire, nous avons choisi différentes parcelles dans lesquelles ont été effectuées les prélèvements suivants :

50 pins noirs fortement attaqués correspondant aux zones de clairières (lots n^{os} 1, 2, 3 de la carte),

20 pins noirs moyennement attaqués, ayant subi des dégâts occasionnels (lot n^o 4),

30 pins noirs non attaqués appartenant à un versant nord (lot n^o 5).

Dans les mêmes zones, et respectivement, 15, 5, 0 chênes pubescents ont été abattus.

5 autres chênes ont été prélevés dans une zone extérieure (lot n^o 6).

Les données complètes sont précisées dans le tableau 1.

Nous avons prélevé les chênes pour une comparaison entre essences différentes sur la même station ; les mesures correspondantes n'ont pas encore été exploitées.

TABLEAU 1 - TABLE 1

Etat récapitulatif des échantillons prélevés sur le terrain
 Recapitulatory list of the field samplings

Zone N°	Lot N°	Forêt domaniale	Parcelle	Alt.	Exp.	Pente	Chêne pubescent			Pin noir d'Autriche			Observations
							Nom- bre	N°s	Nbre (2) Rondelles	Nom- bre	N°s	Nbre (1) Ron- delles	
I	1	Malaucène	1	710 m	S.S.W. (190°)	7°	5	11 à 15	5	16	35 à 50	48	50 arbres attaqués (150 ron- delles)
I	2	Malaucène	1	730 m	S.S.E. (170°)	17°	5	6 à 10	5	17	18 à 34	51	
I	3	Beaumont	1	760 m	S.W. (215°)	18°	5	1 à 5	5	17	1 à 17	51	
II	4	Beaumont	1	790 m	N.W. (320°)	18°	5	16 à 20	5	20	51 à 70	60	20 arbres initialement attaqués
III	5	Beaumont	5	1.250 m	N.NW. (330°)	22°	pas de chêne pubescent à cette altitude			30	71 à 100	90	30 arbres non attaqués
IV	6	Beaumont	5	1.150 m	N.NW.	33°	10	21 à 30	10	—	—	—	
Total							30	1 à 30	30	100	1 à 100	300	

(1) 3 rondelles par arbre (souche - 1 m 30 - H/5).

(2) 1 seule rondelle par arbre (à 50 cm de hauteur).

3.2. — *Technique utilisée*

Pour lever les difficultés liées aux corrections à faire lors de l'étude de carottes de sondage à la tarière, nous avons observé les cernes sur des sections à divers niveaux, notamment à la souche. Ces observations ont été faites à l'aide de la machine d'Ecklund.

4. — COMPARAISON DES PEUPELEMENTS

4.1. — *Ages*

Le tableau 2 donne, pour les cinq peuplements, l'âge moyen et l'intervalle de confiance de cette moyenne au seuil de 0,05.

L'arbre le plus jeune du peuplement n° 2 avait 43 ans, le plus âgé du peuplement n° 5, 70 ans.

TABLEAU 2

Peuplement	Age moyen (en années)	Intervalle de confiance de cette moyenne en années
1	56 ans	54 à 58 ans
2 } très attaqué	53	50 à 55
3 }	55	52 à 57
4 moyennement attaqué ...	61	58 à 63
5 référence	64	63 à 65

Notons que ces âges lus sur les souches ne correspondent pas à ceux (plus élevés) indiqués par l'aménagiste de la forêt en 1958 pour les peuplements 1 et 2. Ils sont par contre très voisins de ceux de GRISON, MAURY, VAGO (1959). Nous les conserverons en retenant que si les attaques ont provoqué la disparition de cernes dans les deux premiers peuplements, nous aurons une évaluation par défaut des dégâts.

4.2. — *Indice de station*

Rappelons que nous avons pris comme indice de la station le rayon quadratique moyen de la souche à 10 ans : RQM_{10} .

Le tableau 3 donne la moyenne des RQM_{10} pour chaque peuplement, ainsi que leur intervalle de confiance au seuil de 0,05.

TABLEAU 3

Peuplement	R Q M ₁₀ moyen (en cm)	Intervalle de confiance de R Q M ₁₀ (en cm)
1	2,9 cm	2,5 à 3,4 cm
2 } fortement attaqués	2,6	2,3 à 3
3 }	2,6	2,4 à 2,7
4 moyennement attaqué	2,8	2,4 à 3,2
5 référence	3,0	2,8 à 3,3

4.3. — *Discussion*

On observe des différences entre certains des quatre premiers peuplements et le peuplement de référence n° 5, à la fois en ce qui concerne les âges et l'indice de station. On voit donc que les hypothèses B et C sont absolument indispensables pour pouvoir poursuivre. Notons cependant qu'elles sont très vraisemblables. Elles expliquent la méthode de calcul que nous avons utilisée.

5. — RÉSULTATS

5.1. — *Mise en évidence des dégâts*

On sait que dans un peuplement il existe une très bonne relation entre l'accroissement en surface terrière des arbres et leur surface terrière ; A. TEMPLE-BOWEN (1964) cite des coefficients de corrélation de 0,982. Cette relation, établie en général sur des périodes courtes, et pour les sections à 1,30 m, a été utilisée ici pour les souches sur des périodes beaucoup plus longues.

Nous avons défini des valeurs proportionnelles aux surfaces terrières : $(RQM_{10})^2$ et $(RQM_A)^2$, (RQM_A) étant le rayon quadratique moyen à l'âge A. Nous avons calculé les relations $i = a + bG$ entre la surface terrière $G = (RQM_{10})^2$ (à un coefficient constant près) et l'accroissement :

$$I = \frac{(RQM_A)^2 - (RQM_{10})^2}{A - 10}$$

Pour cette relation, seul le peuplement n° 5 présente un coefficient b (pente) significativement différent de zéro, avec un coefficient de corrélation très faible, $R = 0,4$, ceci pouvant s'expliquer :

- par le fait que la valeur G a été définie à 10 ans, c'est-à-dire à une période de la vie du peuplement où les arbres n'ont pas tous encore acquis leur position sociale définitive ;
- par la grandeur de l'intervalle de temps $A - 10$, devant 10 ans.

Les coefficients de corrélation pour les quatre autres peuplements sont de : 0,29 ; 0,29 ; 0,29 ; 0,07.

En l'absence de toute attaque, on aurait pu s'attendre à un résultat inverse ; en effet, le cinquième peuplement étant le plus âgé, c'est pour lui que R aurait dû être le plus faible. Notre *hypothèse A* nous conduit à attribuer ce résultat à la Processionnaire du Pin. Biologiquement, cela correspondrait à une observation devenue classique (DÉMOLIN, 1968) : les femelles de Processionnaire pondent de préférence sur les arbres qui se découpent en silhouette, donc ce sont les dominants ou les arbres isolés qui subissent le maximum de dégâts.

Nous avons ainsi mis en évidence un comportement des peuplements attaqués aberrant par rapport aux lois de croissances classiques.

5.2. — Evaluation des dégâts

Ayant prouvé l'existence des dégâts, il nous reste à en chiffrer l'importance. Les observations faites sur les arbres du peuplement témoin n° 5 nous permettent de calculer une relation :

$$R = aA + br + c \quad (1)$$

avec A = Age en années,

R = RQM_A = rayon quadratique moyen de la souche à l'âge A,

r = RQM₁₀,

R et r sont exprimés en cm ; on trouve :

$$\hat{R} = 0,189 A + 2,301 r - 2,05$$

Pour chaque arbre, on peut calculer la différence $ei = \hat{R}i - Ri$ entre cette estimation $\hat{R}i$ et la valeur réelle de Ri . Le tableau 4 donne, pour chaque peuplement, la

TABLEAU 4

Peuplement	Age moyen (années)	Moyenne des différences ei à la courbe théorique (cm)	Ecart-type de cette moyenne	Intervalle de confiance au seuil de 0,05
1	56	4,15	0,445	3,20 à 5,09
2	53	3,40	0,388	2,57 à 4,22
3	55	3,53	0,295	2,90 à 4,16
4	61	1,70	0,680	0,27 à 3,12
	Age			
5	52	— 0,05	0,338	— 0,74 à 0,64
	61	— 0,09	0,387	— 0,88 à 0,70
	70	— 0,01	0,428	— 0,88 à 0,88

(1) Nous avons choisi cette régression qui avait un coefficient de corrélation multiple égal à 0,72 de préférence à la régression entre les carrés R^2 et r^2 proportionnels aux surfaces terrières, le même coefficient n'étant que de 0,65.

moyenne des *ei*, son écart type et son intervalle de confiance au seuil de 0,05. Les trois dernières lignes de ce tableau donnent les mêmes valeurs pour le 5^e peuplement, à trois âges différents.

Les différences entre les trois premiers peuplements et le peuplement 5 sont très significatives ; alors qu'entre le quatrième et le cinquième, la différence n'est significative qu'au seuil de 0,03 ; de plus, il y a une différence significative entre les arbres des trois premiers peuplements et ceux du quatrième ; enfin, il n'y a pas de différence significative entre les 3 premiers peuplements.

Interprétation.

Le peuplement 4 était celui qui avait été primitivement retenu comme témoin, ce n'est qu'à l'abattage qu'on a découvert des nids de chenilles, il a alors été mis dans le lot des peuplements attaqués ; le choix de ce peuplement n'avait pas été arbitraire ; il se trouve probablement dans une station régulièrement envahie, mais ces invasions sont en moyenne moins graves que dans les trois premières stations.

Compte tenu des hypothèses formulées plus haut, *on peut dire que la chenille Processionnaire du Pin est responsable d'une perte d'accroissement radial à la souche dont la moyenne est de 3,5 à 4 cm pour les peuplements très atteints et de 1,7 cm pour les peuplements moyennement atteints.*

5.3. — *Passage au peuplement*

Ce passage est encore prématuré. La méthode mise au point permet de chiffrer les pertes individuelles. Il faudrait, par un échantillonnage approprié pouvoir passer au peuplement. Les seuls renseignements que nous possédions quant à l'étude des zones de dégâts d'intensités diverses proviennent d'enquêtes faites en 1959 et en 1970 à partir de photographies aériennes pour la dernière ; et notre méthode ne nous permet pas de passer des cinq lots étudiés aux trois strates de densité de peuplements définies par GÉRI dans un travail en cours.

De plus, nous ne possédons pas encore de tarifs de cubage suffisamment précis pour passer des pertes de croissance radiale à la souche, aux pertes de croissance en volume.

Nous pensons qu'à ces pertes s'ajoutent probablement des pertes de qualité du bois que nous ne connaissons pas non plus, et qu'il faudrait également chiffrer. C'est pourquoi, nous nous bornerons, pour l'instant, à ce qui suit.

Principe du calcul.

Les arbres du premier peuplement ont un rayon moyen à la souche de 11,09 cm à 56 ans. Ils ont perdu en moyenne 4,15 cm d'accroissement ; comme d'une part, il y a dans chaque peuplement une très bonne relation linéaire entre le diamètre à la souche et D 1,30 diamètre à 1,30 m (DECOURT, 1964) et que, d'autre part, le volume d'un arbre varie comme $(D \ 1,30)^2$, on peut estimer que la perte de production est propor-

tionnelle au carré de la perte d'accroissement radial. On a ainsi une évaluation de la perte de production :

$$\frac{(11,09 + 4,15)^2}{(11,09 + 4,15)^2 - (11,09)^2} \times 100 = 47 \%$$

Le même calcul, fait dans les autres peuplements, donne le tableau 5.

TABLEAU 5

Peuplement	1	2	3	4
Perte de production	47 %	43 %	44 %	20 %

Nous avons distingué trois zones sur la carte :

- zone 3 : pas de dégâts (lot 5) ;
- zone 2 : dégâts moyens (lot 4) ;
- zone 1 : dégâts importants (lots 1, 2, 3).

La zone 3 se passe bien entendu de commentaire en ce qui nous concerne.

La zone 2 recouvre sans doute des intensités de dégâts très variables, et pour l'instant nous en dirons simplement que leur moyenne a des chances de se situer, à 50 ans, autour de 20 % de perte en volume.

Dans la zone 1, par contre, nous pensons pouvoir admettre que ces peuplements de pins noirs soumis périodiquement à des attaques massives de processionnaires du type de la figure 3 accusent, à 50 ans, une perte en volume par rapport à des peuplements indemnes analogues, de l'ordre de 45 %.

Ce chiffre peut paraître considérable : mais il étonnera moins, si on le compare aux pertes trouvées par les Suisses pour les attaques de la pyrale du mélèze : 30 % au moment de chaque attaque massive.

Il paraît fort probable que des peuplements qui « perdent », en 50 ans, 45 % de leur production potentielle — soit, pour fixer les idées, de l'ordre de 110 m³ sur 250 m³ potentiels — justifient les efforts qu'on peut faire pour les protéger des attaques de la Processionnaire du Pin.

CONCLUSION

Les dégâts provoqués par la Processionnaire du Pin ont pu faire l'objet d'une première approche chiffrée. Il est certain que, dans la mesure du possible, cette étude devrait être poursuivie, à la fois pour essayer de lever les hypothèses que nous avons dû faire et pour préciser les résultats.

En ce qui concerne l'hypothèse A, une étude historique des peuplements serait nécessaire.

Par contre, l'hypothèse B présente de sérieuses difficultés puisqu'il n'est pas impossible, dans certaines conditions, de rencontrer des interversions, les peuplements dont la croissance est la moins forte dans le jeune âge pouvant dépasser les autres ultérieurement. Pour l'hypothèse C, une collaboration avec les bioclimatologistes serait nécessaire.

Devant les difficultés que représente le test de certaines de ces hypothèses, nous pensons utiliser une méthode d'approche directe qui consisterait, lors d'attaques massives, à protéger quelques arbres, et ensuite à faire une étude comparative des accroissements ; mais nous pensons également comparer, lorsqu'on les trouve côte à côte, Pin noir et Chêne pubescent ; il faudra d'abord comparer les cernes des deux espèces, en l'absence de dégâts, puis par observation des différences dans les zones attaquées, chiffrer les pertes de production.

Pour préciser les résultats, il faut noter que, dans les calculs, nous nous sommes toujours placés dans les cas minimaux, c'est-à-dire que nous avons toujours sous-estimé les dégâts (voir notamment la remarque précédant l'hypothèse C, paragraphe 2.2, et le troisième alinéa du paragraphe 5.3). Pour affiner notre méthode, une étude microdensitométrique des échantillons permettrait d'évaluer la perte de valeur du bois, et peut-être de déterminer les cernes manquants par une datation ; cette datation pourrait fournir des indications sur la rythmicité des attaques, ce qui, du point de vue biologique, serait fort intéressant, l'historique à laquelle nous avons accès étant relativement limitée dans le temps.

Enfin, parallèlement, nous comptons établir un tarif de cubage précis et procéder à un échantillonnage des deux séries pour avoir une évaluation de l'étendue des diverses zones de dégâts ; en effet, si l'enquête de 1959 indiquait un développement important de la chenille sur 22 % de la forêt de Malaucène, et un développement moindre sur 16 %, il ne nous est pas possible d'affecter les dégâts de 45 % et 20 % à ces superficies, sans avoir fait une enquête préliminaire. Cette enquête est en cours de réalisation par le « groupe Processionnaire », à la fois à partir de l'étude de photographies aériennes et de sondages au sol. Elle devrait aussi nous permettre d'avoir une évaluation de la mortalité des arbres due aux ravages de la Processionnaire du Pin, facteur dont nous n'avons pas tenu compte, ce qui a également pour effet de sous-estimer les dégâts.

Reçu pour publication en avril 1971.

SUMMARY

PRELIMINARY STUDY ON THE PRODUCTION LOSSES IN PINE-LANDS ATTACKED BY THE PROCESSION MOTH *Thaumetopoea pityocampa*

Pine processionary moths bring on great havoc in resinous stands ; the production loss of Austrian Pine stands between 53 and 64 years old (*Pinus nigra* Arn. var. *Austriaca*) has been estimated at Mount Ventoux in the South East of France.

The site quality has been characterized by the mean square radius of the stumps (4 per stump) at the age of ten years, as it was impossible to choose any other index. The

subsequent increment has been compared with this index and it appeared that the production loss ranged between 20 % and 45 %, according to the infested area. We think therefore that the sanitary treatments are greatly recommendable.

We plan to study more precisely this phenomenon.

ZUSAMMENFASSUNG

VORLÄUFIGE UNTERSUCHUNG ÜBER DIE DURCH DEN KIEFERNPROCESSIONSSPINNER (*Thaumetopoea pityocampa* SCHIFF.) VERURSACHTEN ZUWACHSVERLUSTE IN SCHWARZKIEFERBESTÄNDEN

Der KiefernproceSSIONSSPINNER (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.) verursacht bedeutende Schäden in den Kiefernbeständen. Eine Untersuchung der durch ihn verursachten Zuwachsverluste wurde am Mont Ventoux in Südostfrankreich durchgeführt. Die untersuchten Schwarzkiefernbestände hatten ein Alter zwischen 53 und 64 Jahren.

Da es nicht möglich war die üblichen Bonitätsmerkmale zu verwenden, wurde das quadratische Mittel von vier Radien in Stockhöhe bis zum Alter von zehn Jahren als Bonitätsweiser für den Standort verwendet. Der Vergleich der Zuwächse mit diesem Index ermöglichte Zuwachsverluste von 20 % bis 45 % je nach Befallszone aufzuweisen, sodass unseres Erachtens Massnahmen zur Bekämpfung des KiefernproceSSIONSSPINNERS weitgehend gerechtfertigt erscheinen.

Es ist vorgesehen, weitere Untersuchungen zur genaueren Abschätzung der Schäden durchzuführen.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANDROIC M., 1957. Borov Cetnjak Gnejezdar (*Cnethocampa pityocampa* Schiff.). *Annales proexperimentis foresticis*, XIII, 351-459.
- CADAHIA D., INSUA A., 1970. Estimation de los danos producidos por *Thaumetopoea pityocampa* Schiff., en las repoblaciones de *Pinus radiata*. Cologne de Tervel, 2/6 novembre 1970.
- CALAS Julien, 1897-1898. *La processionnaire du pin* (*Cnethocampa pityocampa*); *la processionnaire du pin: Ravages et dégâts, ... principalement dans les jeunes plantations; la processionnaire du pin: Destruction de la processionnaire; la processionnaire du pin: Destruction (suite) et conclusion*. Quatre articles parus dans la *Revue des Eaux et Forêts*: 1897, p. 705-723 et p. 737-749; 1898, p. 14-23 et p. 33-42.
- C.E.R.A.F.E.R., 1969. *La processionnaire du pin. Note d'information sur la biologie et les techniques de lutte* C.E.R.A.F.E.R. I.N.R.A., 1969, 25 pp.
- DECOURT N., 1964. Remarques sur la relation entre les circonférences à hauteur d'homme et les circonférences à hauteur de souche dans les peuplements forestiers. *R.F.F.*, 3, mars 1964.
- DÉMOLIN G., 1968. Comportement des adultes de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. Dispersion spatiale. Importance économique. *Ann. Sci. forest.*, 26, (1), 81-102.
- DÉMOLIN G., 1969. Biologie de la processionnaire du pin. Incidences des facteurs climatiques. *Boletín del Servicio de Plagas Forestales*, (23).
- DUSAUSSOY G., GÉRI C., 1969. Etudes des fluctuations du niveau des populations de la Processionnaire du Pin dans la Vallée du Niolo en Corse. *Ann. Sci. forest.*, 26, (1), 103-125.
- FABRE H., 1899. Souvenirs entomologiques, 6^e série, 298-392. Delagrave. Paris.
- GOBERT J., PAUTOU G., 1969. Feuille de Vaison-la-Romaine (XXX-40). Contribution à l'étude botanique du Ventoux. Extrait de Doc. Carte Vég. Alpes, VII, 1969.
- GRISON P., MAURY R., VAGO C., 1959. La lutte contre la processionnaire du pin dans le massif du Ventoux. Essai d'utilisation pratique d'un virus spécifique. *Rev. forest. fr.*, (5), 353-367.
- GRISON P., 1969. Reflexiones sobre la utilizacion de *Smithiavirus pityocampae* Vago en la lucha microbiologica contra *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. *Bol. Serv. Plagas forestales*, (24), 105-112.
- HUCHON H., DÉCOLIN G., 1970. La biologie de la processionnaire du pin. Dispersion potentielle. Dispersion actuelle. *Revue Forestière Française. Numéro spécial lutte biologique en forêt*, 220-234.

- JOLY R., 1969. Incidence économique des insectes en forêt. Quelques chiffres intéressants sur des expériences d'effeuillage artificiel. *C.R. Hebdo - séances Acad. Agric. France*, **55**, (11), 833.
- JONSSON Bengt, 1969. Studies of variations in the widths of annual rings in Scots pine and Norway Spruce due to weather conditions in Sweden. *Department of Forest Yield research. Royal College of Forestry - research notes*, (16).
- KLÉPAC D., 1959. La détermination de la perte d'accroissement dans les forêts attaquées par *Lymauria dispar*. *Sumarski List.*, (8-9).
- MULLER T., GRIESS M., HENRY E., 1887. La processionnaire du pin (*Cnetnocampa pityocampa*). *Revue des Eaux et Forêts*, sept. 1887 et *Centralblatt für das forstwesen*, février 1887.
- OZENDA P., 1966. Perspectives nouvelles pour l'étude phytogéographique des Alpes du Sud. *Doc. Carte Vég. Alpes IV*, 198 pp.
- RIVÉ J.-L., 1967. Premiers résultats de l'essai destiné à évaluer les conséquences des attaques de chenilles processionnaires sur la croissance des jeunes pins d'Alep. *Bull. inf. inst. Reb. Tunisie*, 6/7.
- TEMPLE BOWEN A., JR, 1964. The relation of tree and stand characteristics to basal area growth of red spruce trees in partially cut stands in eastern Maine. *Maine agricultural experiment station. Bulletin*, 627.
-