CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DU ROUGE CRYPTOGRAMIQUE DU PIN SYLVESTRE DU AU *LOPHODERMIIUM PINASTRI* (SCHRAD.) CHEV.

ÉTUDE PHÉNOLOGIQUE SUR LA CHUTE DES AIGUILLES
ET SUR LA MATURATION DES HYSTÉROTHÉCIES*

L. LANIER

avec la collaboration technique de Monique MORELET
*Laboratoire de Pathologie,
Centre national de Recherches forestières, 54-Nancy
Institut national de la Recherche agronomique*

SOMMAIRE

Depuis 1965, dans une parcelle plantée en Pin sylvestre de la forêt de Haguenau, des comptages sont effectués chaque semaine pour estimer la chute des aiguilles, son importance et les périodes où elle se produit.

Les résultats montrent que ce phénomène est concentré principalement sur deux périodes, l'une au printemps, l'autre à l'entrée de l'hiver.

Sur les récoltes, des études sont conduites au laboratoire pour déterminer les périodes où se forment le plus grand nombre de fructifications du *Lophodermium pinastri* ; ces périodes correspondent, en effet, si les conditions de l'infection sont réalisées par ailleurs, aux époques les plus favorables aux contaminations.

INTRODUCTION

Le phénomène d'abscission des rameaux courts ou euphylls chez le Pin sylvestre s'apparente à celui de la chute des feuilles chez les Angiospermes ligneuses.

* Hystérothécie désigne mieux qu'apothécie la fructification caractéristique des *Lophodermium*.

Intéressante sur le plan de la physiologie de l'arbre sain, l'étude de ce phénomène a une importance plus considérable encore pour comprendre la biologie du *Lophodermium pinastri* (Schrad.) Chev. dont les hystérothécies se développent de préférence dans les conditions favorables qu'offre la litière d'aiguilles*. Dans le but de suivre son développement au cours de l'année, il est nécessaire de savoir quand et dans quelles conditions se produit la décurtation des rameaux courts.

Ce phénomène, auquel nos collègues allemands ont donné le nom de « Schütte », coïncide avec la formation à la base du rameau court d'une zone liégeuse d'abscission. Les aiguilles ne sont plus tenues que par leurs tissus de conduction qui cèdent sous l'effet du gel, combiné aux actions du vent et des frottements. Si l'on connaissait l'âge normal et la période de l'année où doit se produire le phénomène ainsi que son ordre de grandeur, on pourrait estimer l'influence réelle des parasites qui perturbent la phénologie de l'hôte.

En soustrayant de la litière des échantillons d'aiguilles récoltées sur une surface donnée, comptées, stockées et périodiquement observées, on peut suivre l'évolution du *L. pinastri* et de la microflore associée. On peut, en corollaire, étudier les modalités et la vitesse de décomposition des aiguilles suivant la date de leur chute. Accessoirement des observations complémentaires peuvent être faites, en particulier sur des phénomènes biologiques précis. Ainsi le nombre élevé d'écaillés de bourgeons trouvées dans les récoltes de fin avril et de début mai 1965 permet de situer le déboulement, à une semaine près, entre le 23 et le 30 avril 1965 à Haguenau.

1. — MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les observations ont été conduites avec des méthodes inspirées de l'important travail de RACK [8]**, seul chercheur à notre connaissance ayant eu l'idée non seulement de récolter les aiguilles mais après un premier tri, de les stocker par groupes, différenciés suivant leur date de chute, en vue d'étudier leur comportement ultérieur.

Pour l'étude de la chute des aiguilles à Haguenau, nous avons procédé à des récoltes hebdomadaires d'aiguilles tombées sur 6 tamis de laiton de 0,5 m², disposés dans une jeune plantation en ligne (parcelle 103 a), âgée de 3 ans au début des observations (1965). L'échantillonnage était très extensif puisque portant sur 3 m² d'une surface totale pour la parcelle d'environ 3 ha. Les 6 tamis ont été partagés en deux groupes de 3, correspondant aux parties Ouest et Est de la parcelle, l'une de ces parties située en bordure d'un peuplement adulte (Ouest), l'autre près d'une route.

Sur les lignes séparées de 1,50 m, les pins se trouvent à 0,80 m l'un de l'autre et les 3 tamis sont disposés suivant le schéma ci-contre, un entre deux lignes, un entre deux pins d'une ligne et le troisième en oblique.

La parcelle avait été fortement attaquée par le rouge cryptogamique en 1963 et 1964, et grâce aux traitements chimiques, s'en était assez bien remise. Le pourcentage des manquants, tribut payé après l'attaque du *Lophodermium* à l'Armillaire ou à l'Hylobe, était, au début de l'expérience, de l'ordre de 10 à 15 %.

Les aiguilles tombées étaient récoltées chaque semaine, triées et comptées puis stockées dans des tamis fermés du type tamis de meunerie (voir fig. 2, 3, 4 et 5) par groupes correspondant aux dates de chute de deux en deux mois.

Ultérieurement, ces aiguilles devaient être étudiées sur le plan du développement des hystérothécies : pour ce faire, elles étaient périodiquement observées, en échantillonnant au dixième, au

* Rappelons que ce parasite des aiguilles des pins revêt une particulière importance sur les jeunes plantations de Pin sylvestre de l'Europe Moyenne. Il arrive certaines années à détruire jusqu'à 80 % des sujets de 2 à 3 ans, en particulier en Allemagne et dans le Nord-Est de la France.

** Les numéros entre parenthèses renvoient à la bibliographie *in fine*.

FIG. 1. — *Position des tamis*

● ● ● *Position théorique des arbres*

□ *Tamis 1 m × 0,80 m, 1 entre deux pins, 2 entre deux lignes, 3 en oblique.*

vingtième ou au cinquantième suivant l'importance de la récolte, puis par passage à la loupe bino-
culaire, en comptant les hystérothécies sur l'ensemble de l'échantillon.

Les hystérothécies sont considérées comme mûres lorsque la fente de déhiscence est nette, en ne tenant pas compte de celles qui semblent entièrement formées mais qui ne s'ouvrent pas dans les meilleures conditions d'humidité. La différence est en effet fondamentale sur le plan épidémiologique, les hystérothécies mûres pouvant fournir immédiatement des ascospores, les autres non. L'interprétation est parfois délicate et exige des prélèvements suivis de mise en chambre humide ou de coupes microscopiques pour juger de l'état précis de maturité. Seules les hystérothécies mûres, non vides et actives, ont été enregistrées.

2. — RÉSULTATS

2.1. — CHUTE DES AIGUILLES

Les résultats sont exprimés en nombre absolu d'euphylls totalisés chaque semaine dans chacun des groupes de tamis. Si l'on veut une estimation du nombre d'aiguilles individuelles tombées au m² sur l'ensemble de la parcelle, ce qui compte tenu de la densité de plantation (environ 8 500 à l'hectare) et des manquants, est du même ordre de grandeur que la moitié du nombre d'aiguilles tombées par arbre, on trouve :

FIG. 2. — *Parcelle expérimentale 103 a. Aspect en 1966*

FIG. 3. — *Tamis de récolte en place*

FIG. 4. — *Tamis de stockage fermé*

FIG. 5. — *Tamis de stockage ouvert*

	Nbre total d'aiguilles tombées au m ²
9 mois de 1965	36 491
1966	53 376
11 mois de 1967	31 044

Dans chaque lot d'aiguilles tombées, on peut distinguer trois grands groupes : les vertes, les rouge-brun et celles qui portent dès leur chute des hystérothécies.

FIG. 6. — Récolte 1965. Nombre d'aiguilles vertes et d'aiguilles à hystérothécies mûres
En haut : groupe Est. En bas : groupe Ouest

Pour ce qui est des aiguilles tombant à l'état vert, elles ont été comptées à part (voir fig. 6, 7, 8) et n'ont pas été placées dans les tamis de stockage pour études ultérieures. En effet leur chute est due le plus souvent à des phénomènes parasitaires accidentels (morsures d'insectes) ou mécaniques (frottements de branches) dans lesquels le *Lophodermium* n'intervient pas ou n'intervient que peu. Leur nombre dans les récoltes varie d'ailleurs peu d'une année sur l'autre et représente en moyenne moins de 10 % du total ramassé.

Les aiguilles portant dès leur chute des hystérothécies apparentes sont plus

FIG. 7. — Récolte 1966. Nombre d'aiguilles vertes et d'aiguilles à hystérothécies mûres
En haut : groupe Est. En bas : groupe Ouest

intéressantes, par leur nombre d'abord qui peut être élevé dans telle ou telle récolte (souvent près de 40 % du total ramassé), mais aussi par leur rôle. Elles tombent souvent en deux temps sous l'action combinée du gel, du vent et du *Lophodermium*. On observe fréquemment des groupes compacts de telles aiguilles aux aisselles des pseudoverticilles en « litière suspendue » ; on les trouve aussi mêlées aux aiguilles vivantes qui les retiennent au passage. Leurs hystérothécies mûrissent sur l'arbre même ; et comme leurs ascospores sont parfaitement aptes à germer dans le courant de l'été et sont disséminées uniquement lorsque l'état hygrométrique de l'air est élevé, elles bénéficient au départ de conditions bien meilleures que les ascospores provenant de la litière au sol. Ces dernières doivent en effet être prises, pour conta-

FIG. 7. — Récolte 1967. Nombre d'aiguilles vertes et d'aiguilles à hystérothécies mûres
En haut : groupe Est. En bas : groupe Ouest

miner des aiguilles vivantes, dans des courants ascendants d'air humide qui sont relativement peu fréquents. Le nombre de ces aiguilles portant des hystérothécies est élevé en avril et septembre et elles jouent à coup sûr un rôle important dans la propagation de la maladie.

La fraction de la récolte restant la plus abondante est constituée d'aiguilles soit entièrement rouges, soit déjà porteuses de la forme imparfaite du *Lophodermium*, le *Leptostroma pinastri* Desm., soit couvertes de nombreuses taches jaunes à brunâtres qui montrent en coupe microscopique les pelotons mycéliens caractéristiques du *Lophodermium*. L'application de la méthode préconisée par LANGNER [4]* permet de lever l'incertitude dans les cas douteux.

Il est évident d'après les figures 9, 10 et 11 que d'une année sur l'autre, ainsi que RACK l'avait constaté en Allemagne, l'allure générale des courbes se reproduit.

FIG. 9. — Récolte 1965. Nombre d'aiguilles « rouges ».
Maximum octobre et novembre pour le groupe Ouest.
Maximum mai et novembre pour le groupe Est.

* Des fragments d'aiguilles portant des taches suspectes sont stérilisés extérieurement dans une solution d' HgCl_2 à 1/1 000 et placés après lavages dans des boîtes de Pétri contenant un milieu de culture convenable, généralement une gélose au malt. Les isolements ainsi pratiqués fournissent fréquemment le mycélium du *Lophodermium pinastri*.

On trouve toujours une chute importante au printemps et une autre à l'automne, séparées par une longue période d'été où les récoltes sont très faibles. On doit noter l'importance particulière de la chute de printemps surtout lorsque de nombreuses formes imparfaites et des ébauches d'hystérothécies couvrent les aiguilles ; une maturation rapide dans les premiers mois de l'été aboutira à la formation de très nombreuses hystérothécies fonctionnelles en juillet et août, période où le taux de germination des ascospores est le plus élevé, donc où le risque de contamination est maximum.

FIG. 10. — Récolte 1966. Nombre d'aiguilles « rouges ». Maximum avril-mai et octobre-novembre pour le groupe Ouest. Maximum avril-mai et octobre-novembre pour le groupe Est.

Selon les années toutefois, il y a une certaine variation dans les périodes de décurtation maximum. En 1965 par exemple, la chute de printemps s'est produite dans la deuxième quinzaine de mai et la première quinzaine de juin ; en 1966, elle s'est produite un mois plus tôt.

On note peu de différences entre les groupes Est et Ouest, ce qui signifie qu'à partir de 3 à 4 ans, l'inoculum principal entraînant la chute des aiguilles est fourni par les hystérothécies recouvrant les aiguilles du peuplement lui-même. Cela avait été observé dès le début du siècle par HAACK [3] et von TUBEUF [10] qui distinguaient :

— le rouge « à distance » provoqué par les ascospores s'étant formées sur les aiguilles d'un vieux peuplement et qui infectaient rarement les jeunes peuplements au-delà d'une trentaine de mètres depuis la limite du peuplement adulte.

— le rouge « proche » résultant des contaminations à partir des aiguilles tombées de la jeune plantation elle-même et particulièrement actif parce que les sources deviennent rapidement assez homogènes.

Tout au plus peut-on noter dans le cas de Haguenau en 1965 une chute d'automne un peu plus importante dans le groupe Ouest. Il est probable que les plants de

FIG. 11. — Récolte 1967. Nombre d'aiguilles « rouges ».
Maximum mai et octobre-novembre pour le groupe Ouest.
Maximum avril-mai et octobre pour le groupe Est.

cette zone ont davantage souffert du rouge « à distance » en 1963-1964 et ont perdu davantage d'aiguilles ; les effets des contaminations se font sentir jusqu'en 1965.

2.2. — MATURATION DES HYSTÉROTHÉCIES (fig. 12)

Les chiffres que nous indiquons correspondent à des moyennes portant sur l'observation de 1 000 à 2 000 aiguilles pour certains groupes, chiffres ramenés ensuite à 100 aiguilles.

TABLEAU I

Evolution du nombre des hystérothécies d'après la date de récolte

Aiguilles tombées	Nombre	Echantillonnage	Nbre d'hystérothécies mûres pour 100 aiguilles
du 1- 4-65 au 30- 5-65	14 260	1/10	maximum en août 66 (107)
du 1- 6-65 au 31- 7-65	16 721	1/10	maximum en oct. 65 (307) puis le 21-12-65 213 le 13- 4-66 76 le 18- 8-66 116
du 1- 8-65 au 30- 9-65	7 090	1/10	maximum en août 66 (79)
du 1-10-65 au 30-11-65	38 680	1/20	maximum en avril 66 (112) puis le 8- 6-66 96 le 1- 9-66 99 le 28-11-66 36 le 2- 5-66 96 le 13- 6-66 85 le 25- 7-66 94 le 9- 9-66 80 le 17- 1-67 33
du 1-12-65 au 31- 1-66	8 560	1/10	maximum en août 66 (121) puis le 19- 1-67 11
du 1- 2-66 au 31- 3-66	2 120	1/5	observées en avril 67 seulement (68)
du 1- 4-66 au 30- 5-66	57 954	1/50	maximum en avril 67 (152)
du 1- 6-66 au 31- 7-66	5 616	1/10	maximum en juillet 67 (42)
du 1- 8-66 au 30- 9-66	13 792	1/20	maximum en mai 67 (73)
du 1-10-66 au 30-11-66	46 597	1/50	maximum en juin 67 (119)
du 1-12-66 au 31- 1-67	11 575	1/20	à peu près constant de juin à sept.
du 1- 2-67 au 31- 3-67	5 722	1/10	puis le 25- 4-67 62 le 25- 5-67 145 le 16- 8-67 137 le 27- 9-67 141
du 1- 4-67 au 30- 5-67	43 042	1/50	une seule observation : 86 en août

FIG. 12. — Aiguille de Pin sylvestre portant différents types de fructifications :

a — hystérothécie mûre.

b — hystérothécie immature.

c — forme imparfaite Leptostroma.

(Noter les bandes noires caractéristiques du Lophodermium)

3. — DISCUSSION

Si l'on distingue aisément deux grandes périodes de chute d'aiguilles, on distingue à Haguenau plus difficilement qu'à Lüneburg ce que RACK appelle la chute d'automne par rapport à la chute d'hiver. Il y a bien à Haguenau comme dans les Landes de Lüneburg une chute d'aiguilles débutant fin septembre pour atteindre son maximum dans la première (1967) ou dans la deuxième (1966 et 1965) quinzaine d'octobre ; mais presque immédiatement après et au plus tard dans la deuxième quinzaine de novembre s'amorce une deuxième chute d'intensité égale sinon supérieure à celle d'octobre.

Peut-on affirmer que l'une ou l'autre de ces deux chutes est due au *Lophodermium pinastri* ? Il faudrait pour cela savoir quels sont la date et l'âge normaux de la chute des rameaux courts pour un Pin sylvestre en l'absence du *L. pinastri*.

Pour RACK, dans le cas de cultures « saines » de pins, cette chute « normale », caractéristique de l'espèce, devrait se produire vers l'automne de la quatrième année. Nous sommes d'un avis différent, depuis qu'il nous a été donné de voir des Pins sylvestres plantés isolément, en l'absence totale du *Lophodermium pinastri*, dans une zone où les essences naturelles étaient le *Pinus strobus*, les *Picea glauca* et *P. rubens*, différents érables... dans la région de Drummondville, entre Québec et Montréal. Nous avons pu compter sur des rameaux du *Pinus silvestris* jusqu'à cinq années d'aiguilles parfaitement saines, sinon toutes fonctionnelles, sans les taches caractéristiques du *Lophodermium* et étroitement solidaires du rameau long.

Il semble donc que le *Lophodermium pinastri* soit à l'origine de la plus grande part des chutes d'aiguilles chez le Pin sylvestre, si elles se produisent avant 4 à 5 ans. Or il n'est pas rare de rencontrer en Europe des peuplements de Pin sylvestre apparemment sains et ne portant plus que les aiguilles de l'année en cours et une fraction seulement de celles de l'année précédente. Chez nous, le Pin sylvestre vit en présence permanente de son parasite principal, le *Lophodermium pinastri* et ainsi que l'a également montré RACK [7], dès que la densité d'infection, toujours plus forte sur les aiguilles les plus âgées — puisqu'elle est la somme des infections passées — dépasse un certain seuil, la résistance de l'aiguille diminue, l'activité du saprophyte s'en trouve renforcée et il se forme une zone d'abscission à la base qui sépare le rameau court du rameau long. Nous avons même pu situer de façon précise ce phénomène. Il se produit lorsque le mycélium du *L. pinastri* a réussi à forcer la barrière de l'endoderme et pénétrer dans le cylindre central de l'aiguille.

Nous avons pu montrer par ailleurs, (LANIER [5]), que la perte d'aiguilles de plus de deux ans était sans influence notable sur la croissance du Pin sylvestre.

Il n'en reste pas moins vrai qu'il est difficile de séparer dans une chute d'aiguilles enregistrée globalement ce qui est dû au *L. pinastri* en tant que parasite des jeunes aiguilles de ce qui lui est attribuable en tant que parasite faible et peu nocif des aiguilles les plus âgées. On peut le faire, en estimant parmi les aiguilles tombées la proportion des différentes classes d'âge. RACK l'a tenté sur la base de leur longueur et de leurs positions sur l'arbre, ce qui paraît malaisé. Il semble plus facile, encore que très long, de compter les aiguilles de chaque classe d'âge sur un certain nombre d'arbres et de suivre l'évolution de ces chiffres pendant plusieurs années. Nous rendrons compte ultérieurement de ces essais actuellement en cours.

Dès à présent, grâce aux travaux de RUTTER [9] conduits d'ailleurs dans un tout autre but, on peut avoir une assez bonne estimation des rapports entre les masses foliaires d'une année à l'autre. RUTTER a étudié les changements saisonniers de poids sec de chaque portion de plants chez le Pin sylvestre, en distinguant racines, tiges et aiguilles. Il a récolté des pins entiers, d'âges correspondant à nos propres expérimentations. Il en a pesé les différentes fractions en distinguant chez les aiguilles celles de l'année en cours par rapport à celles des années précédentes. Il obtient pour la troisième année de croissance (1953) :

$$\frac{\text{Poids sec des aiguilles de 1953 en fin de saison}}{\text{Poids sec des vieilles aiguilles au début de la même saison}} = \frac{6,18}{1,48} \approx 4$$

ce qui fournit une estimation assez bonne de la proportion en nombre, car la taille moyenne des aiguilles d'un même arbre varie assez peu d'une année sur l'autre. Elle semble être une caractéristique individuelle.

Pour la quatrième année de croissance (1954) :

$$\text{sur sol relativement riche : } \frac{\text{Poids sec des aiguilles de 1954}}{\text{Poids sec des vieilles aiguilles}} = \frac{102,3}{50,3} \approx 2$$

$$\text{sur sol sableux } \frac{\text{Poids sec des aiguilles de 1954}}{\text{Poids sec des vieilles aiguilles}} = \frac{39,2}{26,8} \approx 1,5$$

Pour la cinquième année de croissance (1955) :

$$\frac{\text{Poids sec des aiguilles de 1955}}{\text{Poids sec des vieilles aiguilles}} = \frac{8,2}{8,3} \neq 1$$

On voit donc qu'à partir de la cinquième année de croissance, qui, aux densités utilisées par le Pin sylvestre, coïncide avec l'occupation totale de l'espace disponible au-dessus du sol, donc avec le début d'une concurrence active entre les branches latérales due à la fermeture du couvert, le nombre des aiguilles ne s'accroît plus guère.

En comparant ces données avec nos chiffres, on retrouve de fait qu'en 1967 la chute totale sera sensiblement la même qu'en 1966 à Haguenau.

Il serait intéressant de savoir si ce nombre d'aiguilles qui, par sa liaison étroite avec la surface d'assimilation, est une caractéristique physiologique importante des arbres, augmente à nouveau après les éclaircies ou se stabilise. Il est d'ailleurs curieux de se livrer à une comparaison de chiffres sur les surfaces des aiguilles.

Par des procédés différents, OVINGTON [6] et BÜRGER [1 et 2] ont trouvé pour la surface utile des chiffres respectifs de 3,3 et 2,9 ha d'aiguilles par hectare de forêt.

Si nous assimilons, comme il est possible, l'aiguille à un plan de $7 \times 0,2$ cm, sa surface de $1,4 \text{ cm}^2$ donnera pour 50 000 aiguilles tombées en moyenne au m^2 : $7 \text{ m}^2/\text{m}^2$.

Si l'on affecte ce chiffre d'un coefficient pour tenir compte des variations de taille des aiguilles, de l'inutilité de certaines d'entre elles, on reste dans le même ordre de grandeur, pour des peuplements de 5 ans, que les surfaces trouvées par OVINGTON pour des arbres de 20 ans et davantage et par BÜRGER pour des arbres de 32 à 88 ans.

Il se pourrait donc que la surface d'aiguilles soit constante à partir d'un certain âge qui coïncide d'ailleurs avec celui où les pins sylvestres cessent d'être sensibles au *Lophodermium*. Compte tenu de l'échantillonnage, ce résultat est indicatif et demande à être confirmé.

Il sera intéressant de voir dans quelle mesure ces données seront en accord avec les dénombrements directs d'aiguilles qui devraient permettre de chiffrer avec précision le nombre d'aiguilles destinées à tomber.

Pour ce qui est des chiffres résultant du comptage des hystérothécies, ils peuvent paraître faibles quand on sait que certaines aiguilles portent jusqu'à 20 à 30 fructifications.

L'intérêt de la méthode d'échantillonnage systématique aura été d'éviter les erreurs classiques lorsque l'on prélève des échantillons directement sur le sol. Le choix se porte presque automatiquement sur les aiguilles fournies en hystérothécies, ce qui rend les résultats trop subjectifs.

Une source d'erreur n'a pu toutefois être évitée par notre procédé. Tant que l'échantillonnage n'a pas été fait, les aiguilles sont entassées dans les tamis fermés sur une épaisseur supérieure à celle de la litière naturelle. Il peut se produire alors des multiplications de saprophytes qui gênent le développement du *Lophodermium*.

Assez rapidement toutefois, des dispositions ont été prises pour conserver dans les tamis une épaisseur de litière comparable à celle de la nature.

CONCLUSIONS

De l'ensemble de ces observations et de la discussion on peut conclure :

1) les périodes de chute d'aiguilles chez le Pin sylvestre sont au nombre de deux, l'une au printemps, l'autre à l'automne, cette dernière pouvant se subdiviser en deux sous-périodes plus ou moins espacées suivant la région où sont faites les observations ;

2) les chutes d'aiguilles à un âge compris entre deux et cinq ans sont dues essentiellement au *Lophodermium pinastri* agissant comme parasite peu actif.

3) l'ordre de grandeur de la chute totale des aiguilles semble être une constante à partir d'un âge très précoce chez le Pin sylvestre. Ce résultat est provisoire et demande à être confirmé par des études en cours.

4) le nombre des hystérothécies fonctionnelles est relativement faible et réparti dans l'année sur certaines périodes favorisées (fin mai à octobre, exceptionnellement avril).

5) une litière épaisse favorisant le développement des saprophytes et « enfermant » de nombreuses aiguilles semble défavorable au *Lophodermium*.

Reçu pour publication en mars 1968

REMERCIEMENTS

Nous remercions le personnel du Centre de Gestion de l'Office des Forêts à Haguenau, et en particulier Monsieur l'Agent technique principal SCHAEFFER qui a assuré la récolte et l'expédition à Nancy des lots d'aiguilles destinées à l'analyse.

SUMMARY

ELEMENTS FOR A STUDY ON THE NEEDLE-CAST FUNGUS OF SCOTS PINE
LOPHODERMIIUM PINASTRI (SCHRAD.) CHEV.
PHENOLOGICAL STUDY : FALL OF NEEDLES AND DEVELOPMENT OF HYSTEROTHECIA

In order to study the phenomenon of the fall of needles of the Scotch pine with regard to the development of the *Lophodermium pinastri*, the author has placed in a forest sieves of standard size. The weekly harvests have then been stocked in groups every 2 months. Then after a systematic sampling these have been analysed with regard to the development of the hysterothecia.

As will be shown by the diagrams summing up the results of the last three years the fall of needles occurs regularly at the same moment each year with two favorite periods : one during the spring (April-May), the other in autumn (October-November).

The average number of fruit bodies per 100 needles varies according to the time of the year and the date of the fall of the needles, which have been analysed.

However it has been noticed that there were more favorable periods of ripening from late in May to October : these periods correspond to the time of dissemination of the ascospores of the fungus (maximum from July to September).

Comparative estimations on the foliar surface lead us to the conclusion that this surface might be constant in the Scotch pine from a very early age.

ZUSAMMENFASSUNG

STUDIEN ÜBER DIE VON *Lophodermium pinastri* HERVORGESCHAFTE SCHÜTTEKRAUKHEIT DER KIEFER
PHÄNOLOGIE DES NADELFALLS UND DER ENTWICKLUNG DER HYSTEROTHEZIEN

Um den Nadelabfall bei der Kiefer (*Pinus silvestris* L.) zu untersuchen, der von der Entwicklung von *Lophodermium pinastri* abhängig ist, wurden vom Verfasser Nadelfallen mit standardisierter Auffangfläche im Walde aufgestellt. Die wochenweise eingesammelten Nadeln wurden in Gruppen von zwei zu zwei Monaten aufbewahrt und anschliessend analysiert, nachdem vorerst eine systematische Stichprobennahme durchgeführt worden war, welche die Entwicklung der Hysterothezien betraf.

Die Abbildungen, welche die Ergebnisse der letzten drei Jahre zusammenfassen, lassen erkennen, dass der Nadelfall regelmässig zu den gleichen Zeitpunkten, vorzugsweise im Frühjahr (April-Mai) und im Herbst (Oktober-November) erfolgt.

Die mittlere Anzahl der Fruchtkörper pro 100 Nadeln hängt von der Jahreszeit und dem Abfalldatum der untersuchten Nadeln ab. Es konnten jedoch Perioden (Ende Mai bis Oktober) mit günstiger Reifung festgestellt werden, die den Zeitpunkten der Ascosporenausdehlerung (Maximum von Juli bis September) entsprechen.

Vergleichende Schätzungen der Blattoberflächen lassen vermuten, dass diese bei der Kiefer bereits ab einem Alter von wenigen Jahren konstant bleiben.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] BÜRGER H., 1941. — Holz, Blattmenge und Zuwachs. V - Fichten und Föhren verschiedener Herkunft aus verschiedenen Kulturorten. *Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Versuchs.*, **22**, 10.
- [2] BÜRGER H., 1948. — IX - Die Föhre. *Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Versuchs.*, **25**, 435
- [3] HAACK G., 1911. — Der Schüttepilz der Kiefer. *Forst-und Jagdw.*, **43**, 329-357.
- [4] LANGNER W., 1933. — Über die Schüttekrankheit der Kiefernadel (*Pinus silvestris* und *Pinus strobus*). *Phytopathol. Z.*, **6**, 625-640.
- [5] LANIER L., 1967. — Influence des aiguilles de différents âges sur la croissance du Pin sylvestre (*Pinus silvestris* L.). *Communication au 14^e Congr. I.U.F.R.O.*, Section 24, Munich, pp. 501-508.
- [6] OVINGTON J.D., 1957. — Dry matter production by *Pinus silvestris* L. *Ann. Bot.*, **11**, 287.
- [7] RACK K., 1959. — Beziehungen zwischen Infektionsdichte und Nadelfall bei der Kiefern-schütte. *Nachr. B1. dtsh. Pfl. SchDienst.*, **11**, 177-181.
- [8] RACK K., 1963. — Untersuchungen über die Kiefern-schütte. *Z. f. Pflanzenkrankheiten u. Pflanzensch.*, Teil I, **70**, 3, 137-146. Teil II, **70**, 5, 257-272. Teil III, **70**, 7, 385-398.
- [9] RUTTER A.J., 1957. — Studies in the growth of young plants of *Pinus silvestris* L. I - The annual cycle of assimilation and growth. *Ann. Bot.*, **21**, 83, 399-426.
- [10] TUBEUF C. von, 1901. — Studien über die Schüttekrankheit der Kiefer. *Arb. aus d. Biol. Anst. f. Land- u. Forstwirtschaft.*, **11**, 1-178.