

**CONTRIBUTION A L'ÉTUDE  
DU « ROUGE CRYPTOLOGAMIQUE »  
DES PINS DU A  
*Lophodermium Pinastris* (Schrad.) Chev.**

PAR

**L. LANIER**  
Ingénieur  
des Eaux et Forêts  
C.N.R.F.  
Station d'Ecologie

**P. LEROY**  
Ingénieur Principal  
des Eaux et Forêts  
Chef de Service  
Haguenau

**R. TOMASSONE**  
Ingénieur  
des Eaux et Forêts  
C.N.R.F.  
Station de Biométrie

---

**INTRODUCTION**

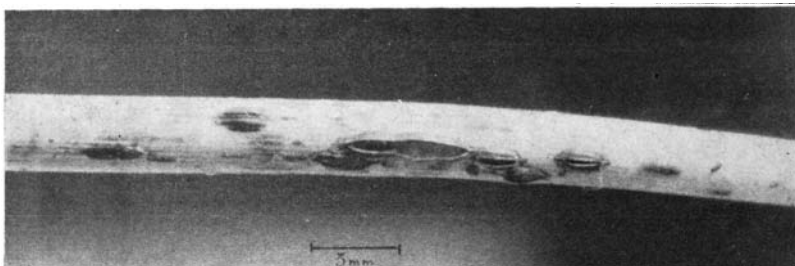
Parmi les agents cryptogamiques parasites des jeunes pins, l'agent du « Rouge », *Lophodermium pinastri* (Schrad.) Chev. joue un rôle prépondérant par les dégâts qu'il peut entraîner certaines années.

Il a été signalé sur la majorité des Pins à deux Feuilles (12)\*, dans diverses parties du monde et sur des arbres d'âge varié. Dans le cas de *Pinus silvestris* L. qui nous préoccupera plus spécialement ici, les jeunes plantations jusqu'à l'âge de 7 ou 8 ans, mais surtout entre leur deuxième et leur cinquième année, sont parfois l'objet d'attaques massives et définitives pouvant détruire 80 % des plants.

Il est alors nécessaire de reconstituer un peuplement complet dans des conditions rendues difficiles par le recru forestier et les morts-bois.

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

La lutte contre ce champignon présente, de ce fait, dans les régions où la sylviculture du Pin sylvestre constitue une part importante de l'activité, un double caractère d'obligation et de réus-



*Lophodermium pinastri* - Apothécies.

site; de très nombreux travaux dont les plus anciens datent de la fin du siècle dernier, ont tendu, en Allemagne principalement (cf. Bibliographie) à mettre au point des méthodes de lutte efficace et pratique.

### 1 — Biologie.

Fondamentalement, *Lophodermium pinastri* est un saprophyte dont le mycélium se nourrit aux dépens des vieilles aiguilles de pin sur l'arbre d'abord, puis lorsqu'elles tombent au sol. Il concourt alors à leur décomposition au même titre que de nombreux autres saprophytes. Le phénomène de décurtation des rameaux courts chez le Pin sylvestre se produit normalement à l'automne de la quatrième année d'existence des aiguilles. Dans certaines conditions, sous l'influence d'agents très variés (troubles de l'alimentation en eau, carences, attaques d'insectes, champignons dont *Lophodermium pinastri*), cette chute de rameaux courts se produit plus tôt et dans les cas les plus défavorables, dès la fin de leur première année d'existence.

Ainsi que nous le verrons, les causes d'affaiblissement des arbres sont fréquemment liées. On a constaté que *Lophodermium pinastri* était d'autant plus actif que les plants étaient plus faibles; le phénomène paraît lié à la résistance naturelle qu'oppose un hôte sain au développement du parasite.

Etant donné qu'il existe normalement sur les aiguilles constituant la litière au sol, *Lophodermium pinastri* est d'une remarquable ubiquité et sa répartition coïncide exactement avec les aires de tous nos pins à deux feuilles. Son comportement diffère toutefois suivant les espèces en cause et le climat considéré.

Sur les jeunes plantations de pins sylvestres, son cycle annuel comprend trois phases principales :

- *La phase saprophyte normale* sur les vieilles aiguilles aboutissant à la formation l'été, des apothécies noir-brillant, ellipsoïdes, de 1 à 2 mm sur leur grand axe, libérant à maturité les ascospores filiformes caractéristiques.
- *Une phase d'invasion* à partir des ascospores disséminées surtout d'avril à novembre avec un maximum en année moyenne de fin juillet à début septembre : les filaments germinatifs issus de ces ascospores pénètrent par les stomates. Extérieurement, l'aiguille encore verte présente alors ces petites taches jaunâtres puis brunissantes qui indiquent souvent le début d'une attaque de « Rouge ».
- *Une phase de développement* en parasite faible à l'intérieur des aiguilles avec formation des pycnides de la forme conidienne (*Leptostroma pinastri*) puis différenciation des apothécies et retour à la phase saprophyte.

Les difficultés d'étude de cet agent et les contradictions qui ont fréquemment opposé les auteurs, proviennent de ce que ces phases se produisent à différentes époques suivant la date de chute des aiguilles et les conditions climatiques.

De plus, la vitesse de développement du champignon, sa rapidité de colonisation saprophytique des aiguilles dépendent de la résistance que sont en mesure de lui opposer les tissus de l'hôte. Cette résistance sera fonction de l'ancienneté des aiguilles attaquées et à la limite, sera pratiquement nulle pour les aiguilles de plus de trois ans. Mais elle dépendra également de l'état physiologique de l'ensemble du plant ainsi que de son potentiel génétique.

Par dessus cet ensemble de facteurs liés au support, on peut mettre en évidence le rôle considérable que jouent à tous les stades, les conditions atmosphériques ; il est d'observation courante qu'il y a des « années à Rouge » et des « années sans Rouge ». Ainsi, à la suite de l'été 1959 qui s'était montré particulièrement sec, les attaques de 1960 furent très sporadiques.

Ce fait tient à la dépendance étroite que la maturation des apothécies manifeste vis-à-vis de l'état hygrométrique avec certaines exigences particulières : ainsi un état hygrométrique constamment élevé est moins favorable à une maturation rapide des apothécies qu'un état hygrométrique alternativement élevé et faible. La température joue également un rôle important et si son optimum (14-16°) se maintient, on peut diviser par 2 ou 3 la durée du cycle parasitaire.

Tous ces facteurs interviennent ensemble et l'expérimentation devra se placer dans les conditions telles que ne variera si possible qu'un seul de ces facteurs. L'étude de cette influence des condi-

tions climatiques sur *Lophodermium pinastri* et celle d'autres facteurs tels que le sol ou la génétique de l'hôte, auront pour but de rechercher pourquoi il lui arrive de quitter sa condition saprophyte pour se transformer en parasite très actif.

## 2 — Revue de la littérature.

Les Auteurs s'accordent à reconnaître que *Lophodermium pinastri* offre une extrême variabilité de comportement. Son mycélium est doué d'une grande plasticité et peut par exemple cesser son développement pendant plus d'un an lorsqu'il se trouve en conditions défavorables puis le reprendre dès que la température et l'état hygrométrique seront convenables (LANGNER - 1933). On a pu penser par ailleurs, qu'il existait différentes races physiologiques de ce champignon. C'est pourquoi, bien que les premiers travaux importants dus à Von TUBEUF (22) puis à HAACK (7) datent déjà de plus de 50 ans, de nombreux points de biologie restent encore dans l'ombre. Pourtant, les premiers auteurs, en corroborant l'observation de terrain et l'expérimentation au laboratoire avaient précisé beaucoup du comportement de *Lophodermium pinastri*: leurs études sur la dissémination des ascospores, leur germination, leur mode de pénétration dans l'aiguille conduisirent naturellement à l'application d'anticryptogamiques et dès le début du siècle, on avait reconnu l'intérêt de la bouillie bordelaise appliquée à certaines époques. Plus près de nous, de nombreux chercheurs, DONAUBAUER (3), FISCHER (6) et SCHÖNHAR (18) ont précisé, en employant des méthodes inspirées des avertissements agricoles, les époques de traitement et les produits adaptés (dithiocarbamates), ainsi que leur dosage et les prix de revient. Toutefois, des échecs sont constatés certaines années parce que les conditions climatiques ont été exceptionnelles et que les vols principaux d'ascospores se sont produits en dehors des périodes habituelles.

C'est pourquoi, tout en poursuivant des études de plus en plus fouillées sur la biologie de l'agent, les recherches les plus récentes s'engagent sur les voies indirectes dont les premiers résultats prouvent tout l'intérêt.

On a constaté en effet des différences considérables de sensibilité entre les provenances de Pins sylvestres: la sélection des races, des provenances ou même des individus résistant au « rouge » a guidé les travaux de BURGER (1), DENGLER (2), HUFFEL (9), LANGNER (11), LEIBUNDGUT et SOYKAN (13), MAYR (16) et SCHÜTT (19). Cette voie de l'amélioration génétique est certainement pour l'avenir l'une des plus prometteuses, dans la mesure où de nouvelles races de *Lophodermium* ne s'adapteront pas aux pins résistants.

Parallèlement, les causes profondes de la résistance sont étudiées sous un angle fondamental par HATTEMER (8).

Etant donné enfin le caractère saprophytique de *Lophodermium* et les nombreuses observations qui le montrent d'autant plus actif que l'hôte est physiologiquement moins robuste, une voie de recherche fructueuse consiste à améliorer la physiologie des pins. Les observations de DUFRENOY (4) et de l'un d'entre nous (14) justifient dès à présent les travaux entre les lignes qui ont pour effets cumulés d'aérer le sol et d'enfouir les aiguilles porteuses d'apothécies.

Des expériences de fumure minérale ont été entreprises en Allemagne et plus récemment en France. Leurs résultats positifs pour EGGERT (5) dans les sols pauvres du Schleswig-Holstein, sont plus nuancés pour MAYER-KRAPOLL (15) en sols variés. Dans le cas de Haguenau, l'expérimentation entreprise consistait en un essai comparatif d'application de différents engrais à des doses variées et de produits anticryptogamiques classiques en partant de l'hypothèse qu'une amélioration physiologique à attendre d'une fertilisation pouvait agir indirectement sur le comportement vis-à-vis du « rouge ».

### 3 — Partie expérimentale.

#### 31 — Conditions de l'essai.

Le plan expérimental établi par blocs comportait 4 répétitions des 6 modalités choisies.

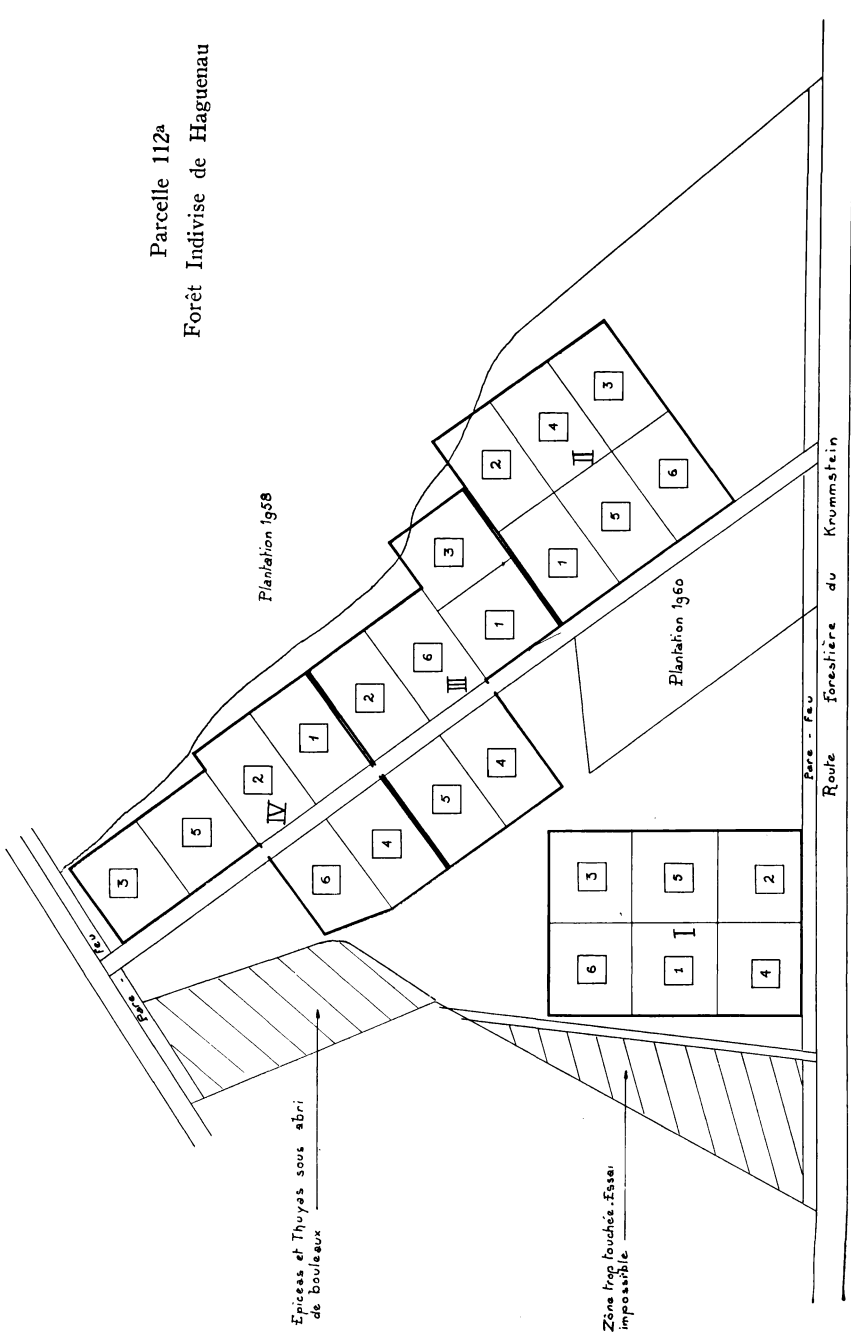
Les quatre blocs sont situés dans la parcelle 112 A de la II<sup>e</sup> série, en forêt indivise de Haguenau (Bas-Rhin). Il s'agit d'une plantation sur labour en plein effectuée au printemps 1959 avec des semis de 1 an suivant la technique classique en forêt de Haguenau. L'espacement avait été maintenu à  $1,50 \times 0,50$  m avec un rang sur 5 à 0,25 m, ainsi qu'il est couramment pratiqué.

Le sol dans cette zone de forêt est du type podzolique à pseudogley. Des analyses effectuées par le Laboratoire de Pédologie dans une parcelle voisine ont donné une teneur correcte en N, P, K et une légère carence en Mg.

Au moment de la mise en place de l'essai, la végétation herbacée était très peu abondante; seuls quelques genêts et touffes de Molinie et de Canche flexueuse avaient repoussé après le dernier sarclage de juin 1961.

Les 6 placeaux correspondant aux modalités avaient, chaque fois que cela a été possible,  $30 \times 33,33$  m (10 ares), exceptionnellement  $40 \times 25$  m. L'emplacement des 4 blocs avec leurs 6 placeaux a été reporté sur le plan joint. La disposition des placeaux à l'intérieur du bloc a été déterminée par tirage à l'aide d'une table de nombres au hasard. La correspondance suivante existe entre les chiffres du plan et les traitements.

Parcelle 112<sup>a</sup>  
 Forêt Indivise de Haguenau



Numéro des placeaux	Caractéristiques	
1	Traitement anti-cryptogamique.	2 traitements au Dithane aux dates indiquées par la Station.
2	Fertilisation N	Ammonitrate 34,5% = 200 k. à 1'ha (soit 20 k.)
3	Fertilisation N, P, K, Mg forte.	Ammonitrate 34,5% = 200 k. à 1'ha (soit 20 k.) Superphosphate 17% = 500 k. à 1'ha (soit 50 k.) Patentkali 48% K <sub>2</sub> O 9% MgO = 500 k. à 1'ha (soit 50 k.)
4	Fertilisation N, P, K, forté.	Ammonitrate 34,5% = 200 k. à 1'ha (soit 20 k.) Superphosphate 17% = 500 k. à 1'ha (soit 50 k.) Sulfate de potasse 28% K <sub>2</sub> O = 280 k. à 1'ha (soit 28 k.)
5	Fertilisation N, P, K, faible.	Ammonitrate 34,5% = 100 k. à 1'ha (soit 10 k.) Superphosphate 17% = 250 k. à 1'ha (soit 25 k.) Sulfate de potasse 28% = 140 k. à 1'ha (soit 14 k.)
6	Témoin.	

Au centre de chaque placeau un sous-placeau de 1 are (10 × 10) a été aménagé et matérialisé sur le terrain par des piquets. De cette façon, des zones de sécurité considérables sont ménagées entre les différents traitements.

En réalisant les comptages à partir des mêmes points et suivant le même itinéraire chaque année, chaque plant mesuré a pu être retrouvé les années suivantes.

### 32 — Mesures effectuées:

Etant donné que nous voulions estimer les éventuelles différences de vigueur des plants suivant les traitements, nous avons choisi de mesurer en premier lieu la longueur de la pousse. Celle-ci représente en effet assez bien chez les résineux, l'état physiologique. De façon à pouvoir tenir compte chaque année des hauteurs atteintes les années précédentes, les mesures suivantes ont été effectuées:

X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, X<sub>3</sub>, X<sub>4</sub> hauteurs respectivement atteintes fin 1960, fin 1961, fin 1962 et fin 1963.

X<sub>5</sub>, X<sub>6</sub>, X<sub>7</sub> Intensités d'attaque estimées en juin 1961, juin 1962 et fin mai 1963.

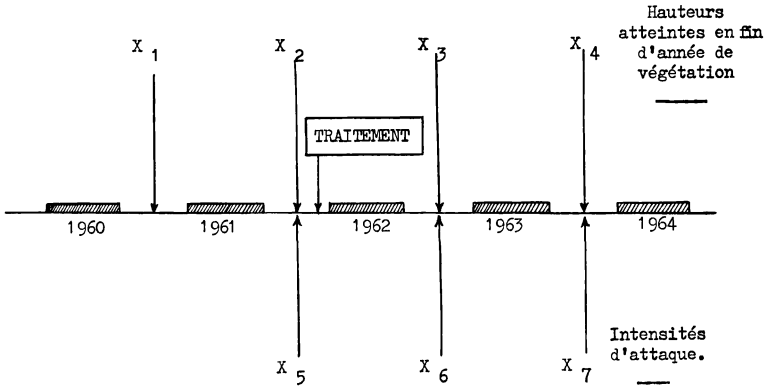


TABLEAU 0

Notation des caractères mesurés.

Pousse 1961  $Y_2 = X_2 - X_1$

Pousse 1962  $Y_3 = X_3 - X_2$

L'intensité d'attaque par le *Lophodermium* a été estimée pour chaque plant observé. Pour ce faire, les plants ont été classés en trois catégories :

- 1° Aiguilles de la pousse terminale et du premier verticille vertes et fonctionnelles = Pas d'attaque notable.
- 2° Moitié supérieure au moins des aiguilles de la pousse terminale vertes et fonctionnelles = Attaque faible.
- 3° Proportion élevée d'aiguilles atteintes et chute d'une partie des aiguilles = Attaque forte.

Des tests ont été effectués pour juger de la capacité des observateurs à bien classer les plants dans chacune des catégories. Ces essais ont montré qu'une fois les catégories définies, les différences d'interprétation entre observateurs étaient très faibles (moins de 5 % par catégorie sur 100 mesures).

### 33 — Résultats:

Il n'y avait pas en 1963 de différence significative pour l'ensemble des 6 traitements quant à la mortalité.

La pousse 1962 ( $Y_3$ ) a été analysée en tenant compte des conditions initiales différentes. Les hauteurs mesurées ont été ajustées par une analyse de covariance\* qui a montré que plus la hauteur

\* NOTA: Les lecteurs intéressés par l'appareil mathématique utilisé peuvent trouver des détails sur la méthode dans l'article de l'un d'entre nous (21) paru dans les Annales des Sciences Forestières où l'expérimentation de Haugenau a été utilisée.



initiale était grande, plus celle des années suivantes l'était. On peut interpréter ce fait : la sensibilité au *Lophodermium* est surtout élevée l'année suivant la plantation et les plants poussent alors relativement lentement ; les sources de contamination sont à proximité immédiate des plants qui subissent dans le même temps la crise de transplantation.

En revanche, dès qu'ils se dégagent du niveau du sol et de la végétation herbacée, les plants poussent plus vite et sont d'autant plus vigoureux qu'ils l'ont été l'année précédente.

L'intensité d'attaque ( $X_6$ ) a également été ajustée par une analyse de covariance et il existe entre les traitements des différences significatives à 5 %. Le classement s'établit ainsi :

Moyenne ajustée	
$\hat{X}_6$	
—	
Traitement 1 .....	1,887
— 3 .....	1,896
— 4 .....	1,962
— 2 .....	1,963
— 6 .....	2,018
— 5 .....	2,183

L'analyse a montré que plus l'intensité d'attaque d'une année est grande, plus celle de l'année suivante l'était. L'étude biologique établit en effet que *Lophodermium* constitue ses réservoirs infectieux sur les aiguilles attaquées l'année précédente et tombées.

Enfin, on a précisé que plus le plant était grand, moins il était attaqué, ce qui lie étroitement la hauteur initiale et l'intensité d'attaque et ceci *quel que soit le traitement*.

Si l'on pousse l'analyse en tenant compte des deux facteurs principaux (intensité d'attaque et hauteur initiale) par application d'un *index de sélection\**, c'est le traitement 3 qui vient toujours en tête. Les analyses foliaires du Laboratoire de Pédologie avaient révélé une carence en Mg, justifiant ainsi le conseil d'incorporer Patentkali à la fumure classique N P K.

En 1964, des analyses complémentaires n'ont pu permettre de déceler de différences significatives entre les différents dosages d'engrais.

Après ajustement, on obtient finalement pour la hauteur 1963, le classement suivant :

Anticryptogamique	: 146,2.
Témoin	: 143,4.
Engrais réunis	: 142,5.

\* cf. nota page précédente.

## 4 — Discussion - Conclusion.

Les principaux enseignements à tirer des expériences relatées peuvent se résumer comme suit :

— La sensibilité à *Lophodermium pinastri* est surtout élevée au cours des années suivant immédiatement la plantation.

— Les plants qui se dégagent le moins rapidement des zones avoisinant le sol, sont les plus sensibles, étant les plus directement soumis aux contaminations par les ascospores venues du niveau de la litière d'aiguilles.

— En ce qui concerne l'influence des engrais, compte tenu des précautions dont nous nous sommes entourés dans le plan d'expérience, on peut dire que les différences entre les traitements sont très faibles dans les sols relativement riches de Haguenau.

Même la carence en un ion (Mg) qui peut être encore notable quatre ans après la plantation peut s'estomper lorsque les racines du plant sont suffisamment développées et qu'il peut exploiter un plus grand volume de sol.

C'est pourquoi les expérimentations ultérieures de fertilisation prévues à Haguenau porteront sur l'influence des amendements appliqués *aussitôt que possible*, essentiellement dans des plantations de 1 ou 2 ans.

Le « coup de fouet » entraîné permettra alors certainement de pallier les éventuelles carences, de minimiser la crise de transplantation et de faire se dégager très rapidement le plant du niveau dangereux des contaminations par *Lophodermium*.

Nous tenons à remercier ici tout le personnel de l'Inspection de Haguenau — en particulier M. l'Ingénieur des Travaux BROISSAND — qui a participé à la réalisation de nos conceptions et aux comptages avec un zèle, une précision et un esprit d'équipe remarquables.

## BIBLIOGRAPHIE SELECTIONNÉE

concernant *Lophodermium pinastri* (Schrad.) Chev.

1. BURGER (H.). — Einfluss der Herkunft des Samens auf die Eigenschaften der forstlichen Holzgewächse. III. Mitt. die Föhre. *Mitt. Schweiz. Zentralanst. Forstl. Versuchswes.*, 1931, **16**, 153-230.
2. DENGLER (A.). — Schütteversuch mit finischen und märkischen Kiefern. *Archiv. f. Forstwes.*, 1955, **4**, 1, 4-8.
3. DONAUBAUER (E.). — Über die Schüttekrankheit der Kiefer. *Allg. Forstzeitung, Wien*, 1958, **69**, 13/14, 180-181.
4. DUFRENOY (J.). — Rouge et chute des aiguilles de *Pinus silvestris*. *Revue des Eaux et Forêts*, 1926, **64**, 95-96.
5. EGGERT (J.). — Neue Wege zur Überwindung der Kieferschütte. *Bauernbl. Landpost für Schlesw. Hols.*, 1962, 31.
6. FISCHER (H.). — Zur Föhrenschütte *Lophodermium pinastri*. *Schw. Zeits. f. Forstw.*, 1957, **108**, 4-5, 260-270.

7. HAACK (O.). — Der Schüttepilz der Kiefer.  
*Zeits. Forst- u. Jagdw.*, 1911, **43**, 4, 329-57, 402-23, 481-501.
  8. HATTEMER (H.-H.). — Die Reaktion und der osmotische Wert des Nadelzellsaftes von Kiefern (*Pinus silvestris* L.) verschiedener geographischer Herkünfte im Zusammenhang mit der Anfälligkeit gegen die Schütte (*Lophodermium pinastri*).  
*Mitteil. Bundesforsch. Reinbeck*, 1964, **56**, 97 p.
  9. HUFFEL (G.). — Influence de la provenance des graines sur la qualité des plantes.  
*Revue des Eaux et Forêts*, 1912, **51**, 673-82, 705-15, 737-44.
  10. LANGNER (W.). — Über die Schüttekrankheit der Kiefernadeln (*P. silvestris* und *P. strobus*).  
*Phytopatholog., Zeitschr.*, 1933, **6**, 625-640.
  11. LANGNER (W.). — Individuelle Reaktion einjähriger Kurztreibnaden von *Pinus silvestris* L. auf Befall durch *Lophodermium pinastri* (Schröd.) Chev. und *Phoma acicola*.  
*Silv. Gen.*, 1963, **12**, 2, 58-62.
  12. LANIER (L.). — Monographie pathologique des Pins à deux feuilles.  
*Ann. de l'E.N.E.F. et de la Station de Recherches et Expériences*, 1963, Tome XX, fasc. 1, 75-111.
  13. LEIBUNGUT (H.) et SOYKAN (B.). — Erfahrungen mit verschiedenen Föhren und Lärchenherkünften im Lehrwald Albrisreiderberg.  
*Schw. Zeits., f. Forstw.*, 1959, **110**, 6-7, 435-6.
  14. LEROY (P.). — Enseignements à tirer d'une attaque de « Rouge Cryptogamique » dans les régénérations de Pins sylvestres de la forêt de Haguenau.  
*Rev. For. Fr.*, 1957, **10**, 745-49.
  15. MAYER-KRAPOLL (—). — Auftreten der Kiefernscütte in Abhängigkeit vom Boden.  
*Allg. Forstz.*, 1957, **12**, 37-38.
  16. MAYR (H.). — Schüttekrankheit und Provenienz der Föhre.  
*Forstwiss. Cbl.*, 1911, **33**, 1-14.
  17. RACK (K.). — Neue Beobachtungen über den Entwicklungsgang der Kiefernscütte.  
*Forst- u. Holz.*, 1961, **16**, 11, 241-244.
  18. SCHÖNHAR (S.). — Erfahrungen bei der Bekämpfung der Kiefernscütte in Südwestdeutschland.  
*Allg. Forstz.*, 1959, **18**, 2 p.
  19. SCHÜTT (P.). — Der Schüttelebefall der Kiefer in Abhängigkeit von Herkunft und Anbauort.  
*Forstwiss. Cbl.*, 1964, **83**, 5/6, 140-163.
  20. SCHÜTT (P.). — Beobachtungen zur individuellen Widerstandsfähigkeit der Kiefer gegen *Lophodermium pinastri* Befall.  
*Silv. Gen.*, 1964, **13**, 3, 76-77.
  21. TOMASSONE (R.). — L'analyse de covariance. Théorie et applications en expérimentation forestière.  
*Ann. Sc. For.*, 1964, **21**, 2.
  22. TUBEUF (C. von). — Schüttekrankheit der Kiefer.  
*Naturw. Z. f. Forst- u. Landw.*, 1913, **11**, 369-96.
-