

L'AMÉLIORATION DE LA LUZERNE POUR LA RÉSISTANCE A SES ENNEMIS VÉGÉTAUX ET ANIMAUX

L'INTENSIFICATION DE LA PRODUCTION, LE DÉPLACEMENT DES ZONES DE CULTURE VERS LE BASSIN PARISIEN (CHAMPAGNE, NORMANDIE...) POUR LES LUZERNIÈRES DESTINÉES à la déshydratation, vers le Sud pour celles destinées à la production de semences ont modifié et accru l'importance des insectes ravageurs et des parasites de la luzerne. Nous nous proposons, dans cette note, de mettre l'accent sur les espèces nuisibles jouant un rôle dans la production fourragère. L'essentiel des résultats présentés dans cette étude est le fruit de l'activité du groupe « Luzerne » dans le cadre de l'action thématique programmée « Amélioration et régulation de la production de luzerne » (1). Il faut considérer ces résultats comme une photographie incomplète de la situation, mais qui permet déjà de faire un bilan et de préciser les objectifs de travail des entomologistes, des pathologistes, des sélectionneurs et des vulgarisateurs. BOURNOVILLE et RAYNAL, aidés par ALLIOT, CAUBEL et GONDRAN, se sont efforcés de préciser la liste des ravageurs et des parasites prédominants en France, leur importance relative, les régions les plus infestées, les niveaux atteints par les populations d'insectes lors d'attaques sensibles.

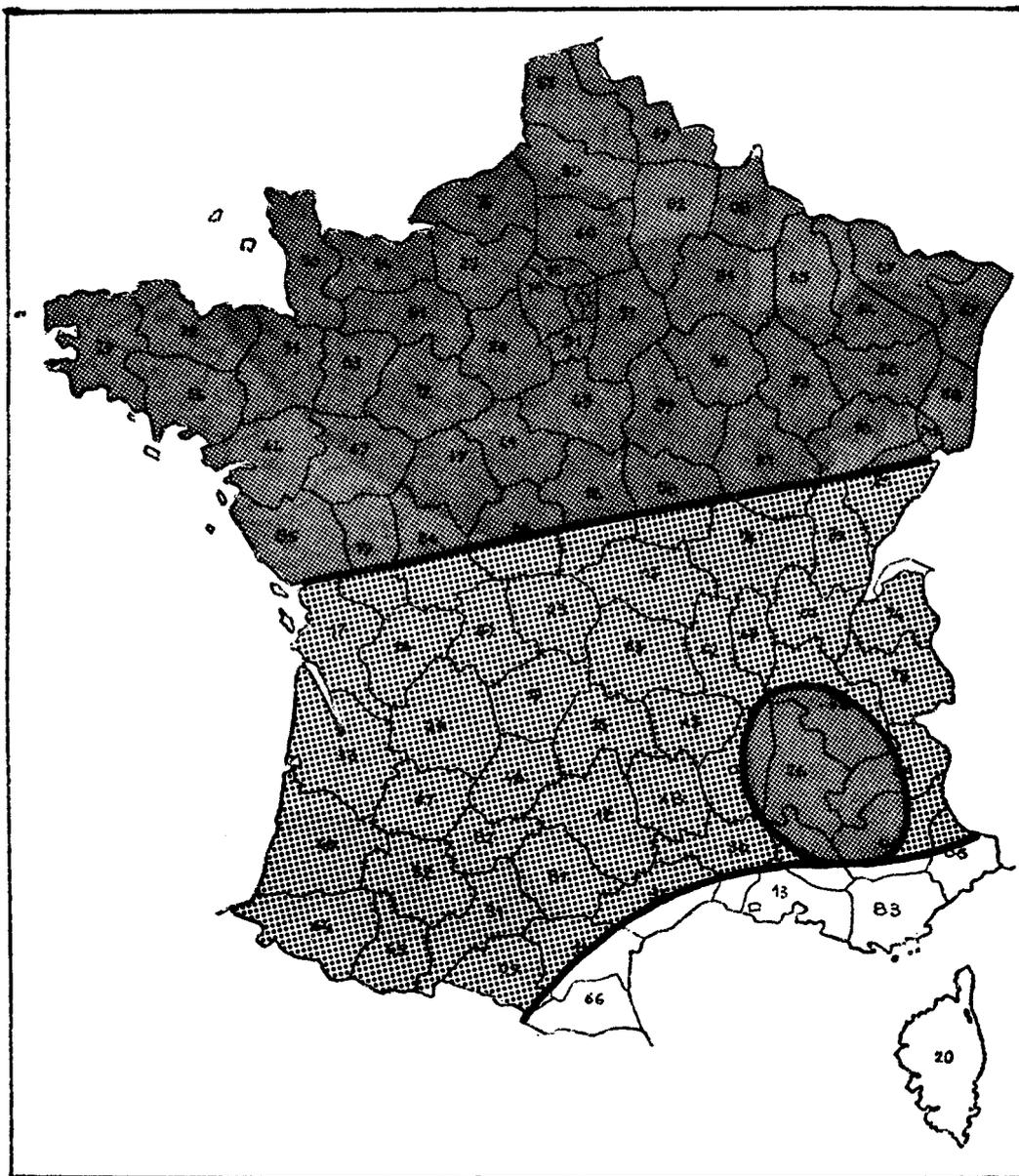
1) Répartition des principaux agents pathogènes de la luzerne

(rédigé par G. RAYNAL, B. ALLIOT, G. CAUBEL et J. GONDRAN, 01, 02, 06, 07, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18).

Les pertes les plus importantes sont dues au nord de la Loire à la Verticilliose (*Verticillium albo-atrum*, figure 1), principalement en Bretagne, Champagne et Normandie, où elles sont souvent importantes dès la deuxième année normale (2) d'exploitation. L'Anthracnose (*Colletotrichum trifolii*, figure 2), bien que moins dommageable, provoque également des dégâts souvent masqués par ceux de la Verticilliose. La maladie des taches foliaires (*Pseudopeziza medicaginis*) et la maladie des taches noires (*Ascochyta imperfecta*) ne sont pas figurées sur les cartes car elles sont généralisées à l'ensemble de la France. Ce sont des affections banales pouvant être localement graves principalement au printemps et en arrière-saison, ou lorsque les coupes sont effectuées tardivement. La pourriture du collet (*Sclerotinia trifoliorum*, figure 3) est une maladie printanière qui peut être grave dans la zone océanique à la suite d'hivers doux et humides. Les tumeurs marbrées du collet (*Urophlyctis alfalfae*) peuvent faire des dégâts locaux importants. Cette affection ne se rencontre que dans les terres très humides ou dans les cultures irriguées. Les maladies à virus (figure 4) semblent surtout importantes dans le Midi méditerranéen.

Le nématode des tiges (*Ditylenchus dipsaci*, figure 5) provoque des dégâts bien visibles au printemps. Il est plus fréquent dans la moitié nord de la France que dans la moitié sud. Certaines zones méridionales de production de semences sont cependant très contaminées (Aude...). Les autres maladies (mildiou, rouille, *Leptosphaerulina*, rhizoctone violet) peuvent être localement importantes, mais elles n'influent pas apparemment sur le rendement.

Rappelons que les cartes sont des extrapolations de résultats d'enquêtes et de visites sur le terrain. Elles ne prétendent pas être définitives ni complètes et devront être précisées au cours des années.



(Voir symboles page 32.)

FIGURE 1
VERTICILLOSE A *VERTICILLIUM ALBO-ATRUM*

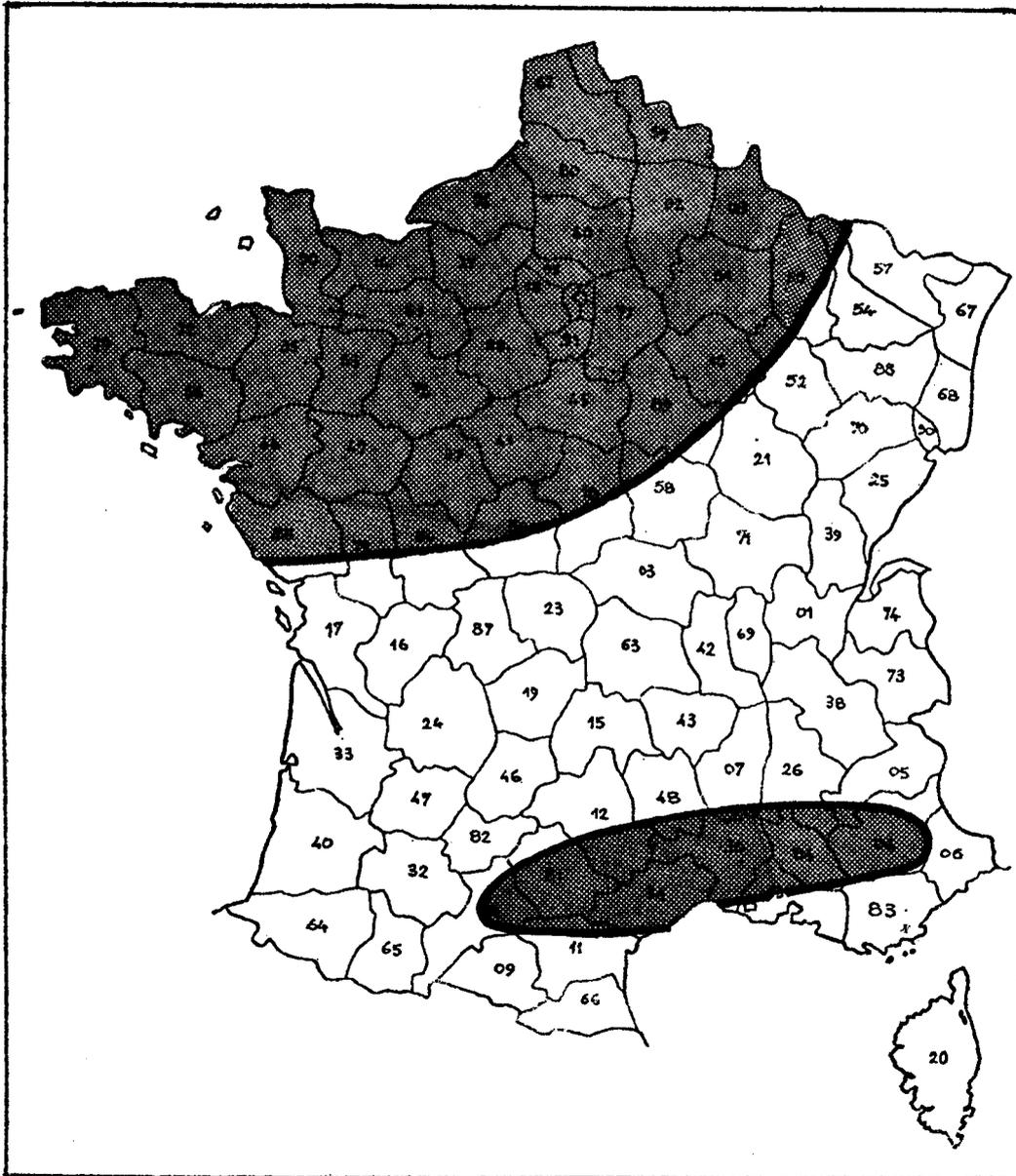


FIGURE 2
ANTHRACNOSE A *COLLETOTRICHUM* spp.

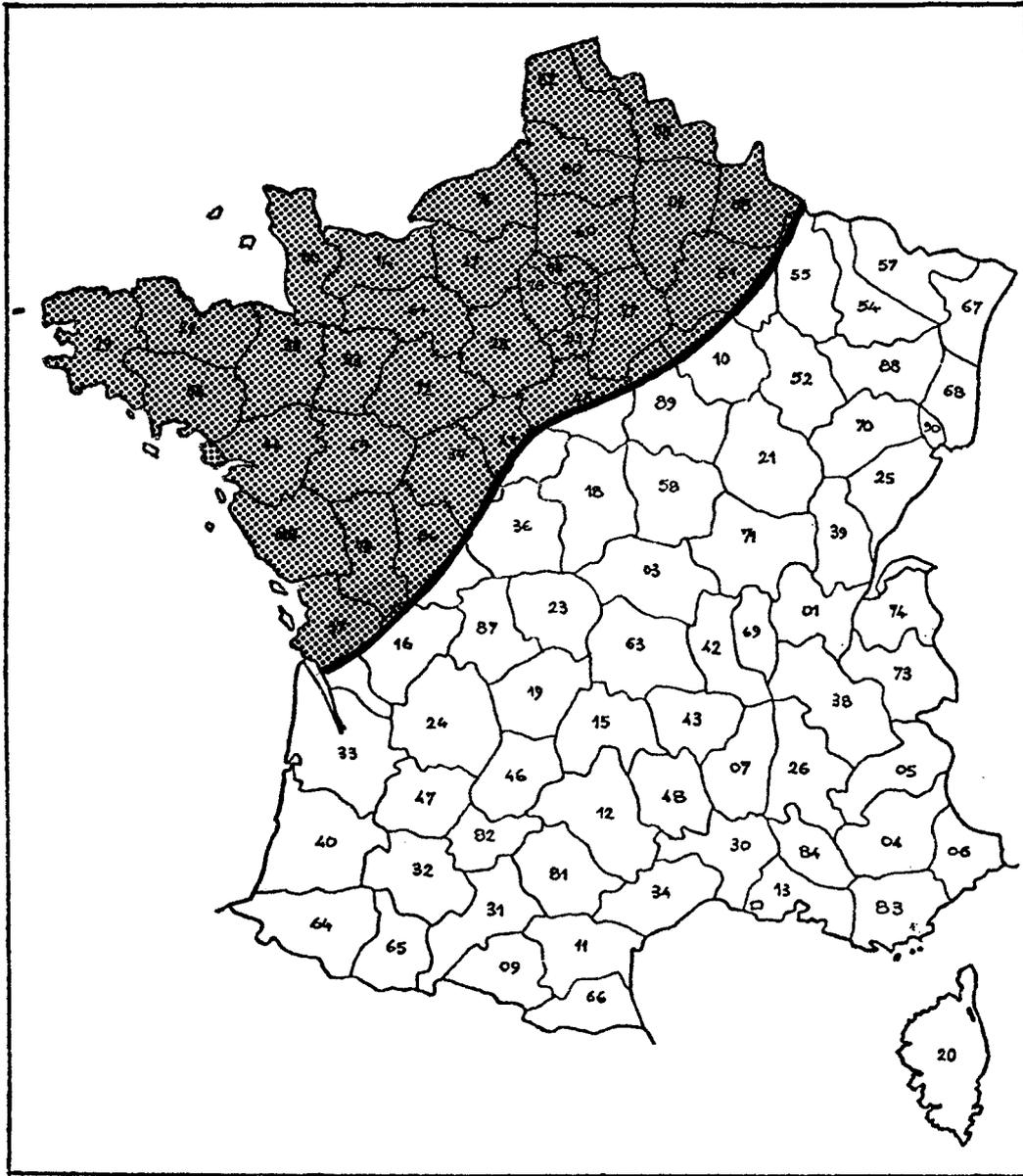


FIGURE 3
 POURRITURE DU COLLET A *SCLEROTINIA TRIFOLIORUM*

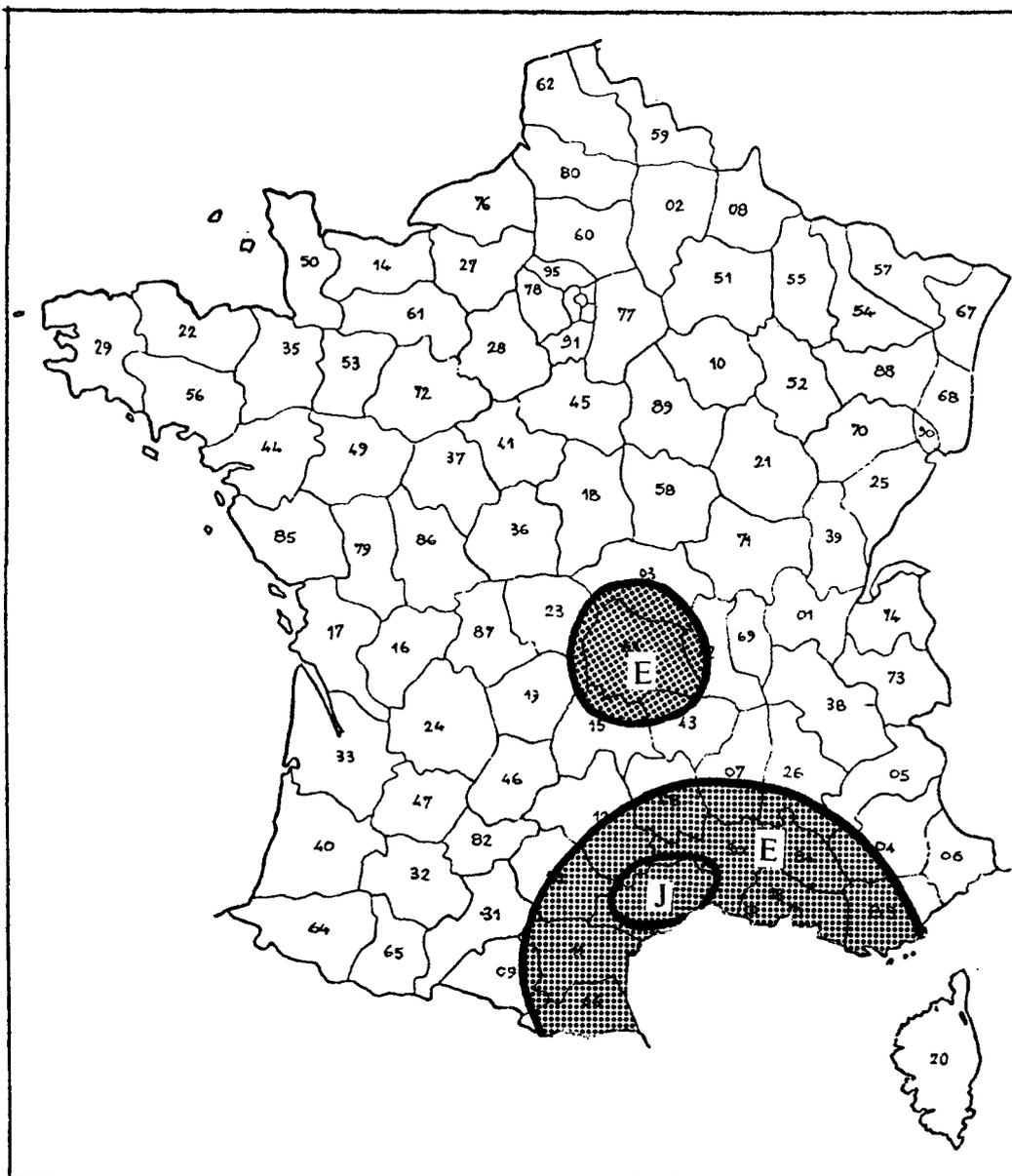


FIGURE 4
 VIROSES IMPORTANTES
 E : Enations J : Jaunisse

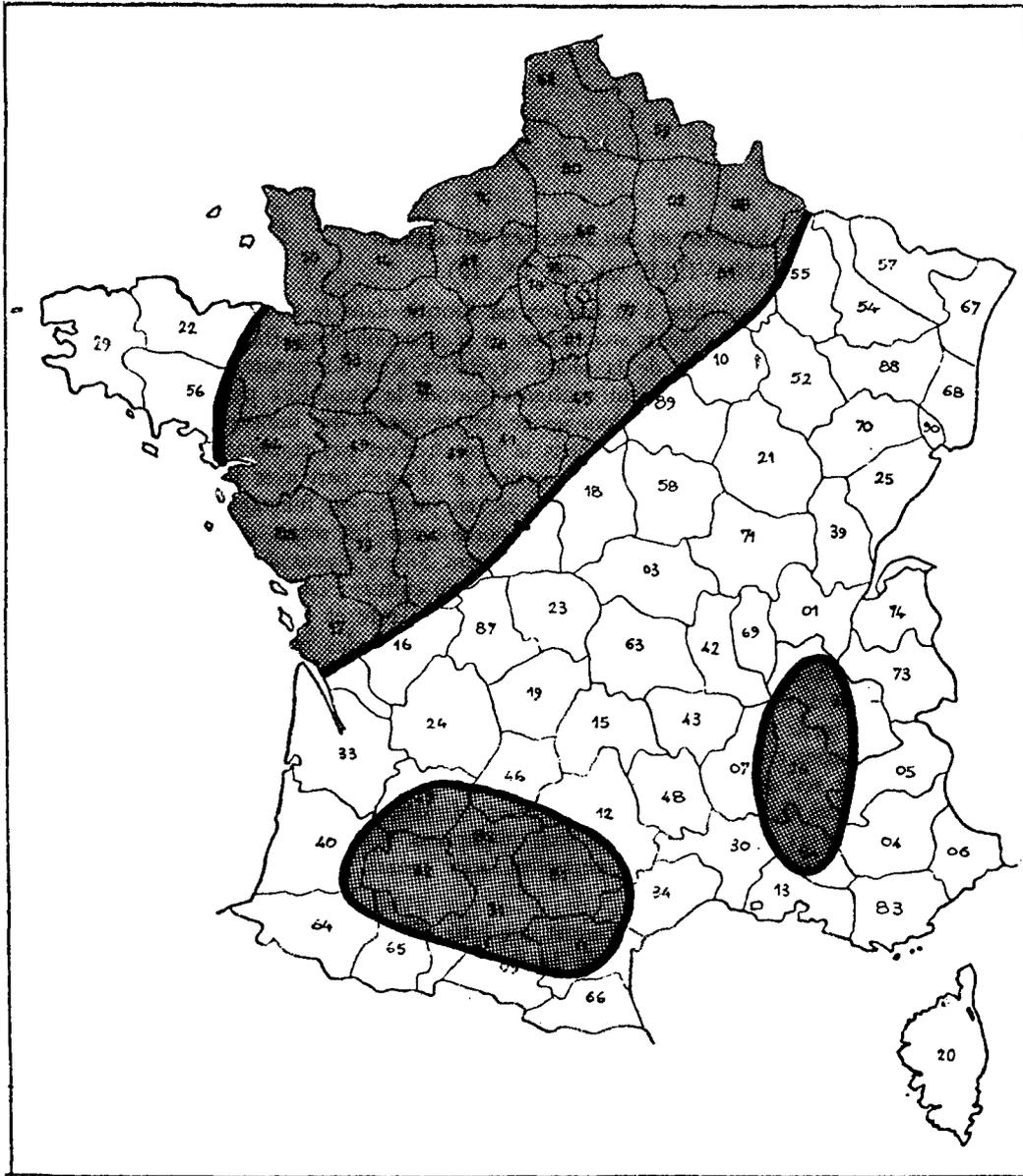


FIGURE 5
 NÉMATODE DES TIGES, *DITYLENCHUS DIPSACI*

2) Relations entre la luzerne et les insectes ravageurs

(rédigé par R. BOURNOVILLE, 03, 04, 05, 10).

La liste des insectes nuisibles à la luzerne est fournie dans le tableau I, sans tenir compte de divers ravageurs souterrains au régime polyphage (hanne-ton, taupins). Plusieurs ennemis de la phase végétative sont dommageables à la luzerne porte-graines, mais il faut souligner surtout la nuisibilité parti-culière pour cette production des cécidomyies et des ravageurs des semences. La présence de toutes les espèces citées dans le tableau n'est pas constante : elle est en rapport d'une part avec leur répartition et d'autre part avec leur cycle et leurs exigences alimentaires. A ce propos, en production fourragère, les adultes de diverses espèces de Sitones se portent sur les semis qu'ils peuvent endommager. Cependant, c'est essentiellement *Sitona humeralis* que l'on trouve sur la luzerne lors des années ultérieures de culture ; en effet, les larves de cette espèce se nourrissent des racines de la plante et plus parti-culièrement des nodosités. Plus généralement, la répartition des espèces de coléoptères phytophages dépend de l'âge de la culture. Ainsi, dans une luzernière, les larves du phytonome (*Phytonomus variabilis*) ne sont abon-dantes, sur la seconde pousse, que lors des années normales d'exploitation. L'apion des bourgeons (*Apion pisi*), qui accomplit son cycle larvaire en hiver, effectue également ses dégâts sur la première pousse de ces mêmes années. Les insectes à pièces buccales piqueuses : punaises Miridés, puceron du pois (*Acyrtosiphon pisum*) dont les effectifs sont importants respectivement sur la troisième et la quatrième pousses annuelles, sont moins influencés par l'âge de la culture.

Le choix de l'époque de la coupe permet une lutte efficace contre certains ravageurs de la production fourragère de la luzerne. C'est particulièrement vrai, dans le cas du phytonome, lors de la seconde pousse. Il y a lieu aussi de ne pas négliger la dernière coupe de l'année qui empêche l'accroissement souvent important des effectifs du puceron du pois. Elle favorise également la suppression d'un bon nombre de pontes et de larves de l'apion des bourgeons.

3) Aspect génétique de la résistance

(08, 09, 18).

Même si ce phénomène est banal, nous ne manquerons pas de nous étonner de trouver chez l'espèce *Medicago sativa* des résistances génétiques de modalités très variées à un nombre élevé de parasites. Ainsi, il existe des résistances :

- aux bactéries comme *Corynebacterium insidiosum* ;
- aux champignons comme *Verticillium albo-atrum* ;
- aux nématodes comme *Ditylenchus dipsaci* ;
- aux insectes piqueurs et broyeurs ;
- aux virus...

Les mécanismes biologiques mis en œuvre sont très divers. Les cas de résistance absolue sont rares. Il y a quelques exemples où la résistance est contrôlée par un seul gène (*Colletotrichum*, nématodes, mildiou, puceron du pois), encore que quelques auteurs signalent plusieurs mécanismes génétiques même pour ces cas simples.

La stratégie de la sélection pour la résistance aux maladies est fondée sur trois éléments :

- une connaissance objective, non biaisée, de l'impact réel des ravageurs et de leur hiérarchie. Elle est le fruit de l'expérience, d'enquêtes systématiques et de l'expérimentation ;
- un test établi en conditions contrôlées qui soit en bonne corrélation avec ce qui se passe au champ. Il devra être, de plus, fidèle, suffisamment sévère, discriminant et susceptible d'être appliqué à des milliers de plantes sans travail excessif ;
- une connaissance du déterminisme génétique de la résistance qui orientera le choix du modèle variétal (base large ou étroite), la manière de l'obtenir et de la construire pour aboutir de préférence à une résistance horizontale (adjectif équivalent à « générale » pour un sélectionneur) (3).

L'état d'avancement des connaissances et de la création variétale diffère, au moins en France, en ce qui concerne les champignons, les nématodes et les insectes. Nous prendrons quelques exemples.

(3) Lorsque le classement des sensibilités des variétés est indépendant des races du parasite, la résistance de la plante est dite *horizontale*. Dans ce cas, le sélectionneur créera des obtentions à résistance durable.

Lorsque le classement des sensibilités des variétés dépend des races de l'agent pathogène, la résistance est dite *verticale* ; la résistance des variétés est souvent détruite par l'apparition de nouvelles races du parasite.

Les champignons.

Verticillium albo-atrum.

La résistance paraît polygénique, sensible aux conditions de milieu et à l'état physiologique de la plante. L'importance du milieu fait que même dans les conditions contrôlées de chambre de culture, les progrès sont lents.

Le caractère polygénique de la résistance implique que les progrès sont quasi constants de génération en génération (tableau II) et que la résistance est horizontale. Le classement des variétés pour la résistance au *Verticillium* est le même au champ et en condition artificielle. Il est maintenu quel que soit le pays (France, Grande-Bretagne, Suède...) où le test est réalisé. Les variétés les plus résistantes sont Maris Kabul, Vertus, Sabilt, Verneuil et Prima. Maris Kabul, obtenue par croisement interspécifique *Medicago hemicycla* × *Medicago sativa*, est de loin la plus résistante. Mais en pratique, contrairement à d'autres espèces à moindre variabilité, la recherche de résistance par croisement interspécifique est ici peu intéressante. Chez la luzerne, il est plus facile de sélectionner les rares plantes résistantes d'une population de bonne valeur agronomique que de trouver des plantes de bonne valeur agronomique dans un croisement interspécifique ou dans une population inadaptée.

Colletotrichum trifolii.

Un seul gène majeur à déterminisme autotétraploïde permet d'expliquer les résultats expérimentaux américains ou français. La classification des plantes sensibles à résistantes proposée par OSTAZESKI (1969) est aisée. Les méthodes d'inoculation sont très efficaces. Dans les conditions de chambre de culture, le gène de résistance a un effet majeur supérieur aux effets du milieu. Plusieurs études américaines et françaises ont porté sur l'importance de la prédominance de l'allèle de résistance. Les conclusions sont concordantes à quelques nuances près. L'échelle des génotypes la plus probable nous paraît être la suivante :

RRRR	RRRS	RRSS	très résistant
	RSSS		résistant
	SSSS		sensible

Le simplex RSSS serait de résistance intermédiaire, probablement suffisante dans les conditions agricoles françaises. Parmi les variétés disponibles, la moins sensible serait Vertus. D'importants travaux français de sélection

devraient permettre la création d'une variété résistante à l'antracnose et de bonne valeur agronomique. La simple sélection massale des plantes sans symptômes et des plantes avec points nécrotiques permet un progrès très rapide de génération en génération (tableau II). Actuellement, la résistance

TABLEAU II
ÉVOLUTION COMPARÉE DE LA TOLÉRANCE AU NÉMATODE,
AU COLLETOTRICHUM, AU VERTICILLIUM
ET AU PUCERON DU POIS
AU COURS D'UN CYCLE DE SÉLECTION MASSALE
(Pourcentage de plantes tolérantes)

Données expérimentales

Co	3	14	74
CI	31	56	82
CI — Co	28	42	6
<i>Colletotrichum (Lusignan)</i>			
Vo	7	17	46
VI	15	25	52
VI — Vo	8	8	6
<i>Verticillium (Lusignan)</i>			
Nn	2	60	79
Nn + I	60	79	86
Nn + I — Nn	58	19	7
<i>Nématode (Per LUNDIN, 1969)</i>			
Pn	20	33	
Pn + I	33	51	
Pn + I — Pn	13	18	

est essentiellement de type horizontal bien que l'on puisse observer de faibles interactions « variété de luzerne-isolat de *Colletotrichum* ». (GONDRAN, communication personnelle). A terme, le risque est réel de voir s'accroître l'importance de la résistance verticale, de voir apparaître par mutation et sélection des isolats agressifs pour les variétés sélectionnées pour leur résistance. Il paraît prudent de cumuler au même locus, dans les variétés à créer, des allèles de résistance d'origine différente pour limiter les risques de sélection de souches agressives.

Sclerotinia trifoliorum.

Nos connaissances sont très limitées. Notons simplement qu'à l'occasion d'un essai variétal en Normandie, Everest a présenté la plus forte résistance.

Le nématode des tiges.

Ditylenchus dipsaci est le nématode responsable en France des dommages les plus importants. Le déterminisme de la résistance paraît assez complexe. Aux températures fraîches de 10 à 14 °C, la résistance est, dans certaines populations, déterminée par un gène majeur dominant (GRUNDBACKER, Per LUNDIN, 1969). Les progrès de la sélection pour la résistance peuvent être très rapides (tableau II). Aux températures plus élevées, la tolérance est plus faible : le déterminisme pourrait être différent et partiellement polygénique. La résistance se traduit par une hypersensibilité des plantes et par une incapacité au nématode de se reproduire sur ces plantes. Actuellement, la seule variété résistante disponible est Vertus.

Les insectes.

Si, dans le cas des maladies fongiques et bactériennes, KEHR pouvait encore écrire en 1972 qu'il n'était pas encore apparu de nouvelles races physiologiques capables d'attaquer les variétés résistantes, il n'en est pas de même pour les insectes. Au moins chez une espèce, le puceron tacheté (*Therioaphis maculata*), de nouveaux biotypes sont apparus, capables d'attaquer les variétés résistantes (STANFORD, 1959) ; d'autre part, les résultats de NIELSON (1974) montrent une résistance à la fois horizontale et verticale. En d'autres termes, le classement des biotypes pour leur taux de survie sur la luzerne varie avec le clone de luzerne considéré ; de plus, la résistance n'est si stable, ni acquise une fois pour toutes. Malheureusement, le déterminisme de la résistance à *Therioaphis maculata* n'est pas connu. D'ailleurs, s'il y a quel-

ques connaissances sur les mécanismes de la résistance (antibiosis, non-préférence de l'insecte, tolérance de la plante), il y en a peu sur les déterminismes génétiques. Le cas le plus connu est la tolérance au puceron du pois (*Acyrtosiphon pisum*) contrôlée par un gène dominant (GLOVER, 1966).

La sélection de variétés de luzerne résistantes aux insectes fait l'objet de nombreux travaux aux Etats-Unis. Le progrès génétique est souvent rapide (tableau II). Dans ce pays, on dispose actuellement de variétés résistant :

- à un coléoptère : le phytonome (*Phytonomus variabilis*), variétés Team et Arc,
- à un hyménoptère : *Bruchophagus roddi*, variété Lahontan,
- à quatre homoptères : deux pucerons *Acyrtosiphon pisum* et *Therioaphis maculata*, variété Kanza, une cicadelle (*Empoasca fabae*) et un cercopidé (*P. spumarius*).

Les travaux débutés en France dans ce domaine concernent les méthodes d'étude de cette lutte par le moyen de la génétique végétale. Ainsi, au sujet du puceron du pois (assez abondant en France), le taux net de reproduction (établi à 20 °C et sous une photopériode de 16 heures) à deux semaines de vie imaginale paraît être un bon critère de mise en évidence des différences variétales. En revanche, à propos du phytonome (très répandu dans la moitié sud de la France), les tests réalisés en conditions contrôlées sur la ponte des adultes, l'alimentation et la survie larvaire ou l'alimentation de l'adulte établissent moins bien les variations entre variétés. Il semble en effet que le comportement de la plante (vigueur de reprise après une forte attaque), qui s'exprime surtout dans les essais de plein champ, soit la composante principale de la résistance à cet insecte.

Conclusion.

Au fur et à mesure de l'intensification des cultures de luzerne, le problème des parasites et des ravageurs prend de l'importance. Il est souvent possible, parfois aisé, de trouver des familles résistantes à tel ou tel parasite ; il est beaucoup plus difficile de regrouper au sein d'une même variété des résistances multiples et une bonne valeur agronomique. La variété idéale à vocation universelle n'existe pas. Il est probable que les sélectionneurs mettront prochainement à la disposition des agriculteurs français davantage de bonnes variétés résistantes au *Verticillium*, au *Colletotrichum* et au nématode et, plus tard, à des insectes comme le puceron du pois.

Il n'en faut pas pour autant négliger les progrès acquis. Les cartes (figures 1 à 5) établies par RAYNAL doivent alerter les techniciens sur les problèmes de maladies pouvant se poser dans leur secteur. Est-il admissible de perdre 5 tonnes de matière sèche par hectare en deuxième année d'exploitation dans certaines zones de Bretagne en utilisant une variété sensible au *Verticillium* comme Du Puits plutôt qu'une variété résistante comme Verneuil ou Vertus ? De même, dans l'Aude, un agriculteur producteur de semences peut avoir intérêt à multiplier la variété Vertus tolérante au nématode. En bref, il nous apparaît qu'une régionalisation des variétés s'impose assurément pour la production fourragère et occasionnellement pour la production de semence.

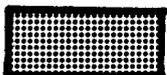
P. GUY,

*Station d'Amélioration des Plantes Fourragères,
I.N.R.A., 86600 Lusignan.
Secrétaire du groupe « Luzerne ».*

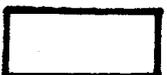
Symboles des figures :



Maladie présente, provoquant généralement des dégâts importants.



Maladie présente, peu importante ou provoquant des dégâts localisés.



Maladie non décelée.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

En raison du caractère général de l'article, les publications françaises ne sont pas mentionnées dans le texte. Mais il nous a paru utile de rassembler ici les plus récentes et d'y renvoyer par un numéro en tête de chapitre.

Références françaises :

- (01) BARRIERE Y. (1974) : « Eléments pour la réalisation de contaminations artificielles à partir de cultures pures de *Pseudopeziza medicaginis* (Lib.) Sacc », *Ann. Phytopathol.*, 6, 101-102.
- (02) BARRIERE Y., MASSENOT M., RAYNAL G. (1974) : « Les maladies des légumineuses fourragères. - II. Les maladies du feuillage. Taches foliaires à *Leptosphaerulina* (Pepper spot) », *Ann. Phytopathol.*, 6, 341-347.
- (03) BOURNOVILLE R. (1975) : « Etude de la dynamique saisonnière du puceron du pois *Acyrtosiphon pisum* Harris et de quelques facteurs qui la déterminent », thèse Doct. 3^e cycle, Université Paris VI, 75 p.
- (04) BOURNOVILLE R., DELAUDE A. (1975) : « Résultats d'enquêtes sur les insectes phyllophages et séminivores de la luzerne porte-graines ». *Rev. Zool. agric. pathol. vég.*, 74 (sous presse).
- (05) CAIRASCHI E.A. (1974) : *Les luzernes-graines. Trois années de recherches sur leur protection sanitaire*, doc. I.N.R.A.-I.T.C.F., 49 p.
- (06) GONDRAN J. (1973) : « Le *Verticillium* de la luzerne », *Cultivar*, 49, 23
- (07) GONDRAN J., MAINER-CASADO A. (1973) : « Inoculation artificielle de la luzerne avec *Colletotrichum trifolii* Bain et Essary. Classement de dix-neuf cultivars de luzerne suivant leur résistance au parasite », *Ann. Amélior. Plantes*, 23, 367-380.
- (08) GUY P. (1974) : « Déterminisme génétique de la tolérance au *Colletotrichum trifolii* chez *Medicago sativa* L. » *Eucarpia, Medicago sativa* group, *Slupia-Wielka*, Pologne (sous presse).
- (09) GUY P., GENIER G. (1973) : « Aspects de la sélection pour la tolérance au *Verticillium* de *Medicago sativa* » *Eucarpia, Medicago sativa* group, *Kompolt*, 49-58.
- (10) LECLANT F., ALLIOT B., SIGNORET P.A. (1973) : « Transmission et épidémiologie de la maladie à étiologies de la luzerne (LEV). Premiers résultats », *Ann. Phytopathol.*, 5, 441-445.

- (11) MASSENOT M., RAYNAL G. (1973) : « Les maladies des légumineuses fourragères. - I. Les anthracoses provoquées par les Mélanconiales », *Ann. Phytopathol.*, 5, 83-100.
- (12) MASSENOT M., RAYNAL G. (1974) : « *Leptosphaerulina briosiana* (Poll.) Graham et Luthell sur luzerne en Champagne », *Ann. Phytopathol.*, 6, 216.
- (13) RAYNAL G. (1973) : « Premiers résultats d'une enquête sur les maladies de la luzerne en France », *Ann. Phytopathol.*, 5, 319.
- (14) RAYNAL G., MARTY M. (1975) : « L'irrigation des luzernes et la maladie des tumeurs marbrées à *Urophycitis alfalfae* (Pat. et Larg.) », *Phytoma* (sous presse).
- (15) SIGNORET P.A., ALLIOT B., LECLANT F. (1971) : « Virus diseases of alfalfa and sorghum in the Southern France », *Proc. 7th Conf. Czechoslovak. Plant Virologists*.
- (16) X. (1974) : *La désinfection des semences fourragères*, doc. I.N.R.A.-I.T.C.F.-F.N.A.M.S., 51 p.
- (17) (1972) : *Journée d'étude sur les maladies des plantes fourragères, 5 décembre 1972*. Dix communications. Ronéoté, 65 p., I.N.A.P.G., Centre de Grignon, 78850 Thiverval-Grignon.
- (18) X. (1975) : « Recherches sur les plantes fourragères I.N.R.A. (1969-1971) », *Fourrages*, 62, 142 p.

Autres références citées dans le texte :

- GLOVER D.V. et STANFORD E.H. (1966) : « Tetrasomic inheritance of resistance in alfalfa to pea aphid », *Crop. Sci.*, 6, 161-165.
- HUNT O.J. et al. (1971) : « Development of two alfalfa populations with resistance to insect pests. Nematodes and diseases I aphid resistance », *Crop. Sci.*, 11, 73-75.
- KEHR W.R. et al. (1972) : « Breeding for disease resistance in alfalfa science and technology », 338 *Hanson, America Society of Agronomy, Wisconsin*.
- LUNDIN P. (1969) : « Breeding of lucerne for resistance to stem nematode and *Verticillium wilt*. », *Sver. Utsädesfär Tidskr.*, suppl. 133-137.
- NIELSON M.W., DON H. (1974) : « Interaction between biotypes of the spotted alfalfa aphid and resistance in alfalfa », *J. Econ. Entomol.*, 67, 3, 368-370.
- OSTAZESKI S.A. et al. (1969) : « Laboratory selection of alfalfa for resistance to anthracnose, *Colletotrichum trifolii* », *Crop. Sci.*, 9, 351-354.
- STANFORD E.H. et McMURTRY J.A. (1959) : « Indications of biotypes of the spotted alfalfa aphid », *Agron. J.*, 51, 430-431.
- VAN der PLANK J.E. (1968) : *Disease resistance in plants*, Academic Press, London, 206 pp., traduction française 1974. Agence de coopération culturelle et technique, Paris.

*A m é l i o r a t i o n
de la luzerne,
résistance aux parasites*