

OBSERVATIONS ET PREMIERS RESULTATS DE TRAVAUX SUP LA HERNIE
DANS LES CULTURES DE COLZA OLEAGINEUX (*B. NAPUS* L) EN FRANCE.
PATHOTYPES DE *PLASMODIOPHORA BRASSICAE* ET SENSIBILITE VARIETALE.

F. ROUXEL - M.T. SANSON - M. RENARD * - B. SOUM **

INRA - Station de Pathologie végétale 35650 LE RHEU
* INRA - Station d'Amélioration des Plantes 35650 - LE RHEU
** CETIOM - Avenue Victor Hugo 75116 - PARIS

I. INTRODUCTION.

La Hernie des Crucifères, maladie due à *Plasmodiophora brassicae*, est répandue dans le monde entier. En France, elle est parfois à l'origine de dégâts importants sur colza fourrager, mais jusqu'ici elle restait une curiosité sur colza oléagineux. Depuis deux ans, elle se manifeste avec une certaine intensité sur cette dernière culture dans le centre-est du pays, obligeant dans les cas les plus graves à retourner les parcelles, et à chercher des cultures de remplacement. Ceci nous a incités à nous interroger sur les conditions qui ont permis et sans doute favorisé le développement de la maladie, puis à entreprendre des études sur la nature des pathotypes de *P. brassicae* en cause, ainsi que sur la sensibilité à la Hernie de quelques variétés de colza.

II. IMPORTANCE ET CONDITIONS DE MANIFESTATION DE LA MALADIE.

1) Importance de la Hernie sur colza.

Si des attaques sporadiques ont pu être observées depuis plusieurs années par les producteurs de colza oléagineux du centre-est de la France, c'est au cours de la campagne 1981-1982 que la manifestation de la maladie a pris de l'ampleur dans cette région : plusieurs dizaines d'hectares plus ou moins gravement touchés dans les départements de l'Ain et du Rhône (Val de Saône, Dombes, Plaine de Lyon). Le phénomène s'est poursuivi et, semble-t-il, accentué au cours de la campagne 1982-1983 dans ces mêmes secteurs ; il touche également l'Isère, tout en restant pour l'instant limité à la région du centre-est, d'après les informations en notre possession.

Il est cependant difficile de connaître de façon précise la répartition géographique de la maladie, dans la mesure où ne sont facilement repérables que les parcelles fortement attaquées. Un sondage réalisé à l'aide d'une méthode de piégeage sur une dizaine d'échantillons de sols prélevés en culture montre que sur 5 parcelles considérées comme indemnes, 3 sont contaminées (tableau I). On peut donc penser que les surfaces infestées par le parasite dépassent assez largement celles considérées comme "malades" d'après l'état des cultures.

TABEAU I : Données recueillies en 1981-1982-1983 sur quelques parcelles de Colza oléagineux du centre-est de la France.

(1) ++++ Culture totalement ou partiellement retournée.
- Absence d'attaque visible.

Origine géographique	Importance de la Hernie		pH eau	Potation
	Observations en culture (1)	Piégeage sur chou chinois (% d'attaque)		
Puy-de-Dôme				
Meringues .	+++	100	6	Colza, blé, maïs
Rhône				
Arnas .	++++	95	6,4	Colza, blé
. .	-	3	5,6	Colza, blé
St-Priest .	+++	90	5,1	Colza, blé
. .	+++	92	5,2	Colza, blé, orge
. .	-	12	5,8	Colza, blé, orge
St-Pierre de Chandieu .	-	0	6,5	Colza, blé, maïs
Ain				
Chaleins .	++		7,4	Colza, blé, orge
Illiat .	+++	81	6,9	Colza, blé, orge
. .	-	14	4,6	Colza absent depuis 5 ans
. .	-	0	5,5	Ter Colza
Mogneneins .	++		5,8	Colza, blé, orge
Romans .	+++		5,6	Colza, blé, maïs
St-Didier sur Chaleronne .	++		6,2	Colza, blé, maïs
St-Trivier sur Moignans .	++		6,1	Colza, blé, maïs
Isère				
Septème .	++		6,7	Colza, blé, orge
. .	++		6,5	Colza, blé, maïs

Il est également difficile d'apprécier l'importance économique du problème. Il semble en effet que l'incidence sur les rendements dépende à la fois de la date et du degré de contamination : des attaques précoces et graves ont obligé à retourner plusieurs cultures au cours des campagnes 1981-1983. Dans les cas d'attaques tardives (fin d'automne, hiver), qui peuvent être indépendantes ou s'ajouter aux attaques précoces, l'incidence économique n'est pas connue pour l'instant, mais on peut supposer qu'elle se répercute non seulement sur le rendement, mais aussi sur la qualité de la production.

2) Conditions de manifestation de la maladie.

En absence d'études expérimentales précises, nos observations sur le terrain (tableau I) permettent de penser que plusieurs facteurs sont à relier au développement de la Hernie sur colza au cours des dernières années :

- Des conditions climatiques propices : Les automnes 1981 et 1982 ont été marqués par une pluviométrie abondante dans le centre-est de la France, et en particulier par de fortes averses réputées favorables au parasite : 150 mm d'eau dans la région lyonnaise en septembre 1981, avec 70 mm pour la seule journée du 26 septembre, pour une moyenne mensuelle de 95 mm établie sur les 10 dernières années.

Ces pluies abondantes au cours des semaines qui ont suivi les semis de colza, à une époque de l'année où les températures restent élevées (maxima entre 20 et 25°C) ont certainement favorisé les attaques repérées dès la fin de l'automne 1981. Le début de l'automne 1982 a été moins humide, malgré quelques averses importantes en fin septembre (35 mm en 24 heures). Par contre, la pluviométrie a été exceptionnellement élevée en novembre : 165 mm, avec 75 mm pour la seule journée du 26 novembre, alors que la moyenne mensuelle des 10 dernières années était de 80 mm. On peut penser que ces conditions climatiques sont en partie responsables des attaques plus tardives observées au cours de l'hiver 1982-1983.

- La nature et l'état des sols : A première vue, les attaques se manifestent aussi bien dans les sols de graviers filtrants (région Lyonnaise) que dans des sols limoneux battants et souvent hydromorphes (Dombes), ce qui laisserait supposer une absence de relation entre texture et développement de la maladie. Une observation plus fine montre cependant que dans la majorité des cas, les sols filtrants infestés reposent sur une couche imperméable, soit naturelle (semelle argileuse dans la région Lyonnaise), soit artificielle (semelles de labour, phénomènes de compactage à la suite de passages répétés de matériel lourd). En définitive, c'est donc sur des sols fragiles (sols limoneux pauvres en matière organique) ou naturellement asphyxiants qu'apparaissent les attaques les plus graves, l'association pluie-mauvais drainage du sol favorisant le développement du parasite.

La relation avec l'acidité semble moins évidente. En effet, si la plupart des sols infestés ont des pH compris entre 5 et 6, la présence d'attaque à pH = 7,4 montre que ce facteur ne suffit pas à lui-même à conditionner la manifestation de la maladie.

- Des rotations de courte durée : Lorsque le *P. brassicae* est présent dans un sol et que les conditions sont réunies pour qu'il s'exprime, le retour fréquent de crucifères sensibles ne peut que contribuer à accroître le stock d'inoculum du sol et donc la gravité des attaques. Ce point est confirmé par l'observation des rotations sur les parcelles les plus infestées : Colza tous les 3 ans, voire tous les 2 ans depuis de nombreuses années (10 et même 15 années).

Nous avons par ailleurs noté que certaines parcelles de colza infestées sont d'anciens sols maraichers dans lesquels des attaques de Hernie ont déjà été observées par le passé (raves, choux). On peut sans doute y rechercher l'origine des attaques, de même que chez certaines Crucifères sauvages (capselle, sanves) qui parfois abondantes contribuent à perpétuer et multiplier l'inoculum du parasite en absence de culture de colza.

III. CARACTERISATION PHYSIOLOGIQUE DE QUELQUES POPULATIONS DE *P. BRASSICAE*.

Nous avons cherché à définir la nature des pathotypes de *P. brassicae* responsables des attaques dans quelques parcelles. La méthode utilisée est l'ECD set (BUCZACKI *et al.*, 1975), basée sur la réaction au parasite de 15 hôtes différentiels. L'infestation est réalisée dans un mélange terreux traité à la chaleur (pH = 5,1), à la dose de 10^7 spores/ml de sol. Après 6 semaines de culture, les plantules (25 par hôte) sont arrachées puis réparties en 4 classes en fonction de l'importance des galles sur le système racinaire. L'indice pathologique est calculé en affectant chaque classe d'un coefficient : 0 - 0,25 - 0,5 - 1 - Le code ECD représentatif du pathotype est obtenu en considérant comme sensible toute plantule dont l'indice pathologique est > 10.

Le tableau 2 rapporte les résultats obtenus avec 9 isolats de *P. brassicae* (7 issus de cultures de colza oléagineux du centre-est de la France, 2 issus de cultures de colza fourrager du bassin rennais). Globalement, les populations de *P. brassicae* analysées s'apparentent à la race I, sensu WILLIAMS (1966) et aux races N2 et N3, sensu JOHNSTON (1968).

TABLEAU 2 :

Caractérisation physiologique de populations de *F. brassicae* issues de Colza :
Indices pathologiques et Code ECD (pour IP > 10).

Origine Hôtes E.C.D.	Colza oléagineux							Colza fourrager	
	Mogèneins Ain	Romans Ain	Illiat Ain	Meringues Puy-Dôme	St-Priest Rhône	St-Priest Rhône	Arnas Rhône	Ogèles I. V. V. V.	St-Germe- I. V. V. V.
<i>B. campestris</i>									
O1 aABCC	2	4	7	0	3	1	3	4	2
O2 AAbCC	0	2	1	0	3	1	1	2	0
O3 AABCC	0	10	14	21	26	31	14	10	0
O4 AABCC	0	0	2	0	0	0	0	0	0
O5 Grenat	83	72	100	100	100	100	100	72	82
<i>B. napus</i>									
O6 Dc ICI (NEVIN)	67	70	100	100	52	0	2	70	67
O7 Dc I19	68	52	100	100	100	100	100	52	68
O8 Dc I28	80	79	100	81	100	100	100	79	80
O9 Dc I29	72	56	96	82	0	0	4	56	72
O10 Dc I30	78	63	100	100	100	86	100	63	78
<i>B. oleracea</i>									
I1 BadgerShipper	11	0	27	12	0	0	5	0	11
I2 Bindsachsener	75	5	40	77	10	0	1	5	75
I3 Jersey Queen	35	35	73	85	35	EE	35	35	35
I4 Septe	62	64	100	95	73	74	100	64	62
I5 Verheul	2	0	7	4	4	19	17	0	2
Code E.C.D.	16-31-15	1F-31-12	20-31-15	20-31-15	20-23-12	20-22-2E	20-22-2E	16-31-12	16-31-15

Les hôtes appartenant à l'espèce *B. napus* sont sensibles à tous les isolats, hormis NEVIN et DC I29 qui résistent à 3 souches provenant du département du Rhône. Parmi les *B. oleracea*, Badger Shipper et Verheul ne sont pratiquement pas attaqués, mais on sait déjà que ces hôtes sont sensibles à d'autres pathotypes présents en France sur plusieurs cultures légumières (ROUXEL *et al.*, 1983), ce qui les prive d'intérêt pratique en tant que géniteurs. Ce sont les *B. campestris rapifera* qui offrent le meilleur degré de résistance, en particulier les hôtes O2 et O4, ce dernier ayant déjà été utilisé avec succès par GOWERS (1982) pour transférer la résistance à la Hernie au colza oléagineux.

IV. COMPARAISON DE LA SENSIBILITE A LA HERNIE DE QUELQUES VARIETES DE COLZA.

I4 variétés de types différents (tableau 3) ont été confrontés à un pathotype de *P. brassicae* (ECD = 20 - 22 - 28) issu d'une culture de colza oléagineux fortement attaquée en 1982 dans la région de LYON. Le principe de l'expérimentation, réalisée en conditions contrôlées, consiste à semer chaque variété de colza (25 plantules par traitement) dans un mélange terreux traité à la chaleur puis infesté à l'aide de doses croissantes d'inoculum du parasite (10^3 à 10^7 spores /ml de sol). Après 6 semaines de culture, les plantules sont arrachées et l'indice pathologique est calculé pour chaque dose d'inoculum selon la formule déjà présentée.

Le tableau 3 montre qu'il existe une corrélation positive entre les doses d'inoculum (log) et l'évolution de l'indice pathologique pour toutes les variétés testées, hormis NEVIN qui résiste même à la dose la plus élevée (IP = 4 %). L'intérêt pratique de cette variété pour un programme de sélection reste néanmoins limité puisqu'elle est sensible à plusieurs pathotypes présents en France non seulement sur colza (tableau 2) mais aussi sur différents cultures légumières (ROUXEL *et al.*, 1983). Toutes les variétés de colza oléagineux testées sont sensibles, indépendamment de leur spécificité : printemps-hiver, avec ou sans acide érucique et glucosin-

TABLEAU 3 :

Etude de la sensibilité variétale chez le Colza, par infestation artificielle à l'aide de doses croissantes d'inoculum (10^3 à 10^7 spores/ml de sol). Nature de l'isolat de *P. brassicae* : Colza oléagineux - ECD : 20-22-28.

(1) F : Fourrager - 01 : Oléagineux - (2) H : Hiver - P : Printemps

Variété	Type		Acide érucique	Glucosinolates	Relation entre l'indice pathologique (IP) et la dose d'inoculum (Log I)		
	(1)	(2)			Paramètres de la droite IP = a + b (log I)	Coefficient de corrélation r	Valeur de IP calculée pour I = 10^7 spores/ml
Gorzanski	01	H	+	+	- 94 + 24,9	0,99	81
Nokkaido	01	P	+	+	- 121 + 33,8	0,87	104
Jet Neuf	01	H	0	+	- 83 + 21,6	0,98	68
Kid	01	H	0	+	- 79 + 21,6	0,84	72
Bienvenu	01	H	0	+	- 122 + 30,7	0,98	82
Garant	01	H	0	+	- 71 + 23,4	0,88	62
Brink	01	H	0	+	- 115 + 28,5	0,67	85
JN 404	01	H	0	0	- 93 + 23,7	0,95	73
Libra	01	H	0	0	- 85 + 27	0,60	101
Brutor	01	P	0	+	- 58 + 20,5	0,91	56
Line	01	P	0	0	- 81 + 25,6	0,85	66
Wesway	01	P	0	+	- 98 + 27,6	0,99	68
Régent	01	P	0	0	- 109 + 30	0,94	101
Nevin	F	H	+	+	-	-	4

nolates (IP calculés à partir de la régression linéaire compris entre 68 et 105 pour la dose d'inoculum 10^7 spores /ml de sol). Il est intéressant de noter que l'absence de glucosinolates n'accroît pas la résistance à la maladie (Fig. 1) ; ceci est particulièrement net avec la variété JN 404 qui ne se différencie de Jet Neuf que par sa faible teneur en glucosinolates.

Nos résultats ne permettent donc pas de confirmer chez le colza le postulat de BUTCHER *et al.*, (1974) selon lequel l'absence de composés soufrés dans un cultivar se traduit par sa résistance à la Hernie.

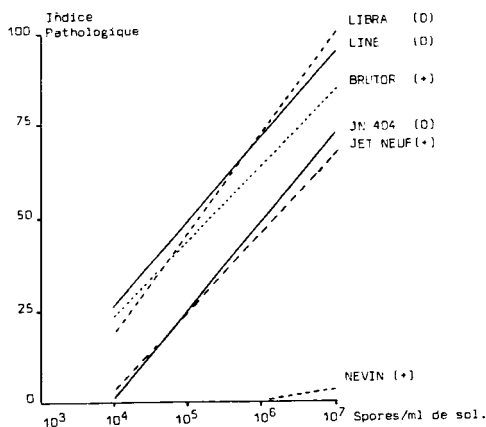


Figure 1 :

Comparaison de variétés de Colza à faible (0) ou forte (+) teneur en glucosinolates pour leur sensibilité à la Hernie. Nature de l'isolat de *P. brassicae* : Colza oléagineux - Code ECD : 20-22-28.

V- CONCLUSION.

Il apparaît bien que la Hernie n'est plus une simple curiosité sur colza oléagineux en France, même si pour l'instant sa manifestation semble limitée au centre-est du pays. Une enquête actuellement en cours permettra prochainement de connaître avec plus de précision son importance et sa répartition géographique.

Des conditions particulières (forte pluviométrie automnale) ont probablement accéléré le développement de la maladie au cours des dernières années, mais il est à craindre que l'accroissement de l'inoculum du parasite dans le sol qui en a résulté augmente aussi les risques pour les prochaines cultures. En absence de méthode de lutte réellement efficace, les agriculteurs doivent envisager dès à présent des méthodes prophylactiques (allongement des rotations, préservation et amélioration de la structure des sols, amendements calcaires), en particulier dans les secteurs les plus exposés à la maladie qui peuvent être détectés par des études de réceptivité des sols.

Nos résultats font apparaître que les principales variétés de colza actuellement cultivées en France ou en cours de création sont très sensibles aux pathotypes de *P. brassicae* détectés dans les cultures. Si la faible teneur en glucosinolates ne semble pas apporter une solution, par contre des sources de résistance existent chez certains *B. campestris*. Il a été montré par ailleurs que des *Raphanobrassica* présentent de l'intérêt pour lutter contre la Hernie (Mc NAUGHTON, 1978), intérêt qui est confirmé face aux pathotypes attaquant le colza oléagineux (ROUXEL *et al.*, 1983). Le matériel résistant de base existe donc pour faire face à une extension éventuelle de la maladie, mais compte tenu de la grande variabilité du parasite, la prospection et la caractérisation physiologique des populations de *P. brassicae* doivent être poursuivies et étendues à l'ensemble des zones de production de colza.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

- BUCZACKI S.T., TOXOPEUS H., MATTUSCH, JOHNSTON T.D., DIXON G.R., HOBOLTH L.A., 1975. Study of physiologic specialization in *Plasmodiophora brassicae*; proposals for attempted rationalization through an international approach. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 65, 295-303.
- BUTCHER D.M., EL-TIGANI S., INGRAM D.S., 1974. The rôle of indole glucosinolates in the clubroot disease of the Cruciferae. *Physiol. Pl. Path.*, 4, 127-140.
- GDWERS S., 1982. The transfer of characters from *Brassica campestris* L. to *Brassica napus* L. production of clubroot-resistant oil-seed rape (*B. napus* ssp. *oleifera*). *Euphytica*, 31, 971-976.
- JOHNSTON T.D., 1966. Clubroot in *Brassica*: a standard inoculation technique and the specification of races. *Pl. Path.*, 17, 164-167.
- Mc NAUGHTON I.H., 1978. *Raphanobrassica* - an intergeneric hybrid species as a clubroot resistant alternative to rape. *Rep. Scot. Pl. Breeding Stn. for 1977-78*, 36-37.
- ROUXEL F., HERVE Y., ROUSSELLE P., 1983. Etude de la spécialisation physiologique de *Plasmodiophora brassicae*. Identification de divers pathotypes en France. Comportement de quelques crucifères vis-à-vis de ces pathotypes. *Agronomie*, 3, 1, 93.
- WILLIAMS P.H., 1966. A system for the determination of races of *Plasmodiophora brassicae* that infect cabbage and rutabaga. *Phytopathol.* 56, 624-626.

TABEAU I : Données recueillies en 1981-1982-1983 sur quelques parcelles de Colza oléagineux du centre-est de la France.

(1) ++++ Culture totalement ou partiellement retournée.
- Absence d'attaque visible.

Origine géographique	Importance de la Hernie		pH eau	Rotation
	Observations en culture (1)	Piégeage sur chou chinois (% d'attaque)		
<u>Puy-de-Dôme</u> Maringues .	+++	100	6	Colza, blé, maïs
<u>Rhône</u> Arnas .	++++ -	95 3	6,4 5,6	Colza, blé Colza, blé
St-Priest .	++++ +++ -	90 92 12	5,1 5,2 5,8	Colza, blé Colza, blé, orge Colza, blé, orge
St-Pierre de Chandieu .	-	0	6,5	Colza, blé, maïs
<u>Ain</u> Chaleins .	++		7,4	Colza, blé, orge
Illiat .	++++ -	81 14	6,9 4,6	Colza, blé, orge Colza absent depuis 5 ans
	-	0	5,5	Ier Colza
Mogneneins .	++		5,8	Colza, blé, orge
Romans .	++++		5,6	Colza, blé, maïs
St-Didier sur Chalaronne .	++		6,3	Colza, blé, maïs
St-Trivier sur Moignans .	++		6,1	Colza, blé, maïs
<u>Isère</u> Septème .	++ ++		6,7 6,5	Colza, blé, orge Colza, blé, maïs

TABLEAU 2 : Caractérisation physiologique de populations de *P. brassicae* issues de Colza : Indices pathologiques et Code ECD (pour IP>10).

Origine Hôtes E.C.D.	Colza oléagineux										Colza fourrager		
	Magneneins Ain	Romans Ain	Illiat Ain	Marianges Puy-Dôme	St-Priest Rhône	St-Priest Rhône	Arnas Rhône	Cogiers I. Vilaine	St-Germain I. Vilaine				
<i>B. campestris</i>													
01 aabBCC	2	4	7	0	3	3	3	3	4				2
02 AAbBCC	0	2	1	0	3	1	1	1	2				0
03 AABbCC	0	10	14	21	26	31	14	10	10				0
04 AABbCC	0	0	2	0	0	0	0	0	0				0
05 Granaat	83	72	100	100	100	100	100	100	72				83
<i>B. napus</i>													
06 Dc 101 (NEVIN)	67	70	100	100	52	0	2	70	67				67
07 Dc 119	69	52	100	100	100	100	100	52	69				69
08 Dc 128	80	79	100	81	100	100	100	79	80				80
09 Dc 129	72	96	96	82	0	0	4	66	72				72
10 Dc 130	78	63	100	100	100	86	100	63	78				78
<i>B. oleracea</i>													
11 BadgerShipper	11	0	27	12	0	0	5	0	11				11
12 Bindsachsenner	75	5	40	77	10	0	1	5	75				75
13 Jersey Queen	35	35	73	95	35	66	33	35	35				35
14 Septa	62	64	100	95	73	74	100	64	62				62
15 Verheul	2	0	7	4	4	19	17	0	2				2
Code E.C.D.	16-31-15	16-31-12	20-31-15	20-31-15	20-23-12	20-22-28	20-22-28	16-31-12	16-31-15				

TABLEAU 3 :

Etude de la sensibilité variétale chez le Colza, par infestation artificielle à l'aide de doses croissantes d'inoculum (10^3 à 10^7 spores/ml de sol). Nature de l'isolat de *P. brassicae* : Colza oléagineux - ECD : 20-22-28.

(1) F : Fourrager - 01 : Oléagineux - (2) H : Hiver - P : Printemps

Variété	Type (1) (2)	Acide étrucique	Glucosi- nolates	Relation entre l'indice pathologique (IP) et la dose d'inoculum (Log I)		
				Paramètres de la droite IP = a + b (log I)	Coefficient de corrélation r	Valeur de IP calculé pour I = 10^7 spores/ml
Gorzanski	01 H	+	+	- 94 + 24,9	0,99	80
Hokkaido	01 P	+	+	- 131 + 33,8	0,97	105
Jet Neuf	01 H	0	+	- 83 + 21,6	0,99	68
Kid	01 H	0	+	- 79 + 21,6	0,94	72
Bienvenu	01 H	0	+	- 122 + 30,7	0,98	93
Garant	01 H	0	+	- 71 + 23,4	0,86	93
Brink	01 H	0	+	- 115 + 26,6	0,97	85
JN 404	01 H	0	0	- 93 + 23,7	0,95	73
Libra	01 H	0	0	- 89 + 27	0,90	101
Brutor	01 P	0	+	- 50 + 20,5	0,91	85
Line	01 P	0	0	- 91 + 26,6	0,95	95
Wesway	01 P	0	+	- 98 + 27,6	0,99	95
Régent	01 P	0	0	- 109 + 30	0,94	101
Nevin	F H	+	+	-	-	4

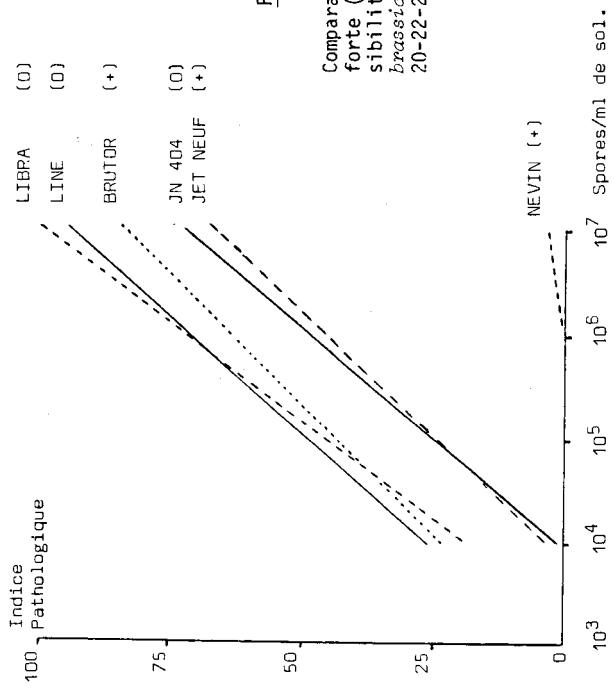


Figure I :

Comparaison de variétés de Colza à faible (0) ou forte (+) teneur en glucosinolates pour leur sensibilité à la Hernie. Nature de l'isolat de *P. brassicae* : Colza oléagineux - Code ECD : 20-22-28.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

- BUCZACKI S.T., TOXOPEUS H., MATTUSCH, JOHNSTON T.D., DIXON G.R., HOBOLTH L.A., 1975. Study of physiologic specialization in *Plasmodiophora brassicae* ; proposals for attempted rationalization through an international approach. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 65, 295-303.
- BUTCHER D.M., EL-TIGANI S., INGRAM D.S., 1974. The rôle of indole glucosinolates in the clubroot disease of the Cruciferae. *Physiol. Pl. Path.*, 4, 127-140.
- GOWERS S., 1982. The transfer of characters from *Brassica campestris* L. to *Brassica napus* L. production of clubroot-resistant oil-seed rape (*B. napus* ssp. *oleifera*). *Euphytica*, 31, 971-976.
- JOHNSTON T.D., 1968. Clubroot in *Brassica* : a standard inoculation technique and the specificatio of races. *Pl. Path.*, 17, 184-187.
- Mc NAUGHTON I.H., 1978. *Raphanobrassica* - an intergeneric hybrid species as a clubroot resistant alternative to rape. *Rep. Scot. Pl. Breeding Stn. for 1977-78.* 35-37.
- ROUXEL F., HERVE Y., ROUSSELLE P., 1983. Etude de la spécialisation physiologique de *Plasmodiophora brassicae*. Identification de divers pathotypes en France. Comportement de quelques crucifères vis-à-vis de ces pathotypes. *Agronomie.* 3, 1, 93.
- WILLIAMS P.H., 1966. A system for the determination of races of *Plasmodiophora brassicae* that infect cabbage and rutabaga. *Phytopathol.* 56, 624-626.