

Développement embryonnaire de
Globodera rostochiensis et *G. pallida*
en fonction de la température, en conditions contrôlées
et naturelles

Marianne LANGESLAG * ⁽¹⁾, Didier MUGNIERY * et Guy FAYET ** ⁽²⁾

* INRA, Laboratoire de Recherches de la Chaire de Zoologie,
Domaine de la Motte-au-Vicomte, B.P. 29, 35650 Le Rheu et ** Unité de Calcul ENSA,
65 rue de Saint-Brieuc 35042 Rennes Cedex.

RÉSUMÉ

Une méthode permettant de suivre l'embryogenèse *in vitro* de *Globodera rostochiensis* et *G. pallida* est décrite. Grâce à cette méthode, il est possible d'étudier l'effet de la température sur la durée de l'embryogenèse. Ceci est réalisé pour quelques populations des deux espèces d'origines géographiques différentes. Chacune est caractérisée

rature sur la durée de l'embryogenèse pour voir dans quelle mesure elle est utilisable dans les conditions naturelles.

Effet de la température au laboratoire

L'embryogenèse se déroulant exclusivement à l'intérieur des femelles, l'observation directe est impossible. Il convient d'extraire les œufs de l'utérus et de les faire évoluer sur un milieu convenable. Les rares expérimentations effectuées jusqu'alors sont dues à Sosa Moss (1966) qui a observé toute l'embryogenèse d'*Heterodera avenae* en plaçant les œufs en goutte pendante dans du liquide de Ringer. Cette méthode, valable pour l'observation de quelques individus, est peu pratique quand il s'agit de suivre individuellement plusieurs centaines d'œufs. Une méthode nouvelle a donc été mise au point, qui est adaptable à d'autres nématodes à kystes, tels *H. carotae*.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'obtention des œufs s'effectue à partir de femelles élevées en masse sur pommes de terre cultivées en pots. Dès l'apparition des femelles sur les racines, on passe le sol et les racines broyées à l'éluatriateur de Kort (Oostenbrink, 1960). Les femelles sont triées directement à partir du refus de tamis, puis écrasées ensemble délicatement.

Seuls les œufs à une ou deux cellules sont conservés. Après désinfection dans une solution

Pour toutes les autres souches, les températures sont 24,4°, 20,2°, 17,4°, 15,6° et 13,2°.

MESURES ET RÉSULTATS

Les œufs sont suivis individuellement dès le début de chaque expérimentation. L'embryogenèse correspond aux descriptions de Sosa Moss (1966). Comme l'indique cet auteur, il est difficile de noter avec précision les différentes phases de développement, hormis la « mue » L_1 et le début de mobilité de l'embryon qui se situe en fin de gastrulation. Nous n'avons pas noté la « mue L_1 » car, selon la position de la larve, cette mue, d'une durée de 24 h à environ 20°, n'est pas observable pour tous les œufs. Nous avons donc conservé uniquement comme repère le début de mobilité de l'embryon, ce qui correspond à une incertitude d'observation de l'ordre de deux heures à 20°.

Nous n'avons pas noté, pour chaque œuf, la fin du développement des larves L_2 infestantes, car nous n'avons pas pu trouver de critère sûr et stable pour la caractériser.

Pour chaque souche, la figure 1 donne à chacune des températures étudiées les courbes de fréquences des durées de développement observées depuis le stade d'origine « une à deux cellules » jusqu'au stade embryon mobile. A l'aide de ces résultats, nous avons tracé les courbes cumulées de durées de développement que nous avons comparées à divers modèles préétablis. Nous avons retenu le modèle logistique car il s'adapte très bien aux résultats expérimentaux.

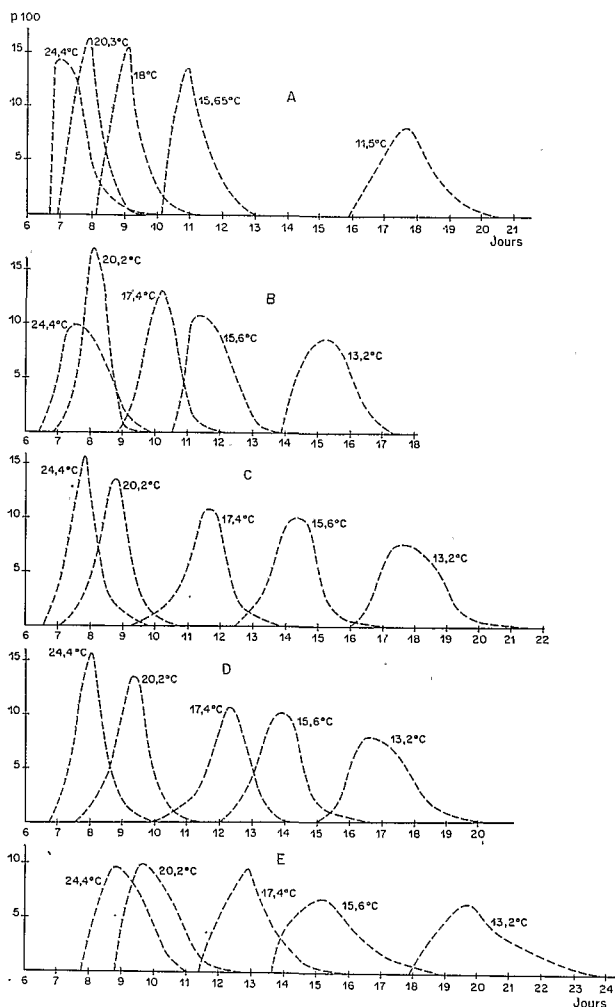


Fig. 1. Fréquence des durées de développement jusqu'à l'apparition du stade « embryon mobile » à diverses températures.

Frequency of the periods of development up to the occurrence of the "mobile embryo" stage at different temperatures.

- *G. pallida*, A : St Malo ; B : Kermat ; C : Béziers.
- *G. rostochiensis*, D : Ré ; E : Noirmoutier.

ment les courbes de vitesse de développement (Fig. 3).

Comme la mortalité enregistrée à 24,4° est beaucoup plus élevée que celles observées par

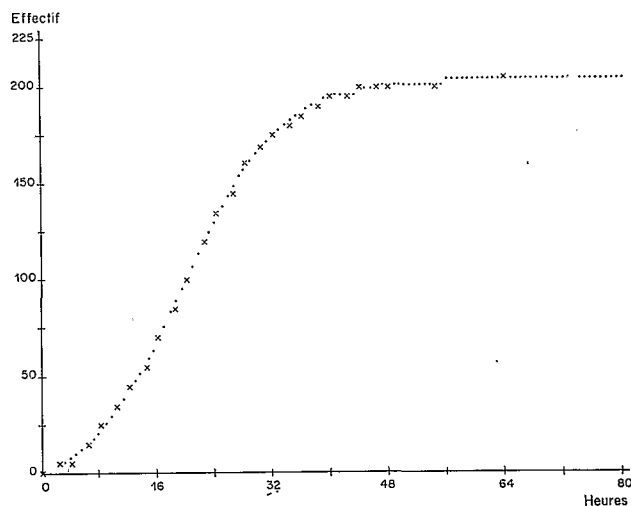


Fig. 2. Exemple d'ajustement au modèle logistique d'une courbe de fréquence cumulée des dates d'apparition du stade « embryon mobile » (cas de *G. pallida* St Malo, 20,3°).

*Example of adjustment to the logistic model of a cumulative frequency curve of the dates of occurrence of the "mobile embryo" stage (case of *G. pallida* St Malo, 20.3°).*

DISCUSSION

Chaque souche peut être caractérisée par son seuil de développement et sa constante thermique⁽¹⁾. On remarquera que les constantes thermiques exprimées en degrés-jours sont extrêmement voisines (Tab. 1). Seule la souche Noirmoutier se distingue par une constante thermique supérieure à celle des autres souches. Par contre, les seuils de développement paraissent plus différents, mais nous n'avons pas développé le test de signification de ces différences. Cependant, on peut estimer l'étendue de la variabilité intra-populations. Pour cela, nous supposons que les individus les plus rapides le sont à toutes les températures, les plus lents également. On découpe chaque courbe de fréquences cumulées des durées de développement en tranches d'égale importance. Pour

Tableau 1

Caractéristiques de la régression température — inverse de la durée de développement
de quelques souches de nématodes à kystes
*Characteristics of the regression between temperature and the inverse of the developmental duration
of some strains of nematodes*

de pression de sélection, analogue à celui observé par Hominick (1976) chez les populations écossaises.

Tableau 2

Mortalité des œufs en fonction de la température. Cas de *G. pallida* Saint-Malo

20,3°, il faut compter une latence de l'ordre de trois jours. La somme des températures s'effectuera donc au bout de trois jours dans les conditions naturelles.

De plus, les durées de développement calculées ne correspondent qu'à l'intervalle zygote, œuf à deux cellules - embryon mobile. Des observations nous ont permis de constater que

Tableau 3

Comparaison des dates de fin de développement de *G. pallida* et *G. rostochiensis* déterminées par l'analyse et estimées par les températures cumulées
 Comparison between the dates of the end of development for *G. pallida* and *G. rostochiensis* as determined by the calculation and by the cumulative temperatures

	<i>Plantation</i>	<i>Stade adulte</i>	<i>Fin de développement embryonnaire</i>		
	Planting time	Adult stage	Observé	Théorique	
			End of embryonic development Observed	Calculated	
<i>G. rostochiensis</i>	Ré	4-03-77	1.06	29.05	
		25-06-77	2-9.08	6.08	
		10-03-78	23-30.05	26.05	
		7-07-78	9.08	11.08	
	Noirmoutier	20-02-76	29-30.04	1.06	30.05
<i>G. pallida</i>	Rennes (souche St Malo)	8-04-77	21-24.06	21-06	
		15-04-77	24.06	24.06	
		22-04-77	28.06-1.07	28.06	
		29-04-77	2.06	30.06	
		6-05-77	5.06	2.07	
		13-05-77	9.06	5.07	
		20-05-77	14-17.06	8-12.07	10.07

DISCUSSION

Les dates théoriques et observées correspondent en général assez bien. Il faut cependant remarquer que nous avons sélectionné parmi d'autres résultats ceux d'expérimentations pendant lesquelles les températures maximales relevées dans le sol ne dépassent pas ou peu 21-22°. Quand les températures maximales du sol atteignent 25-30°, le calcul thermique est strictement inapplicable car on atteint la partie des courbes de la figure 3 où les durées de développement présentent une tendance à s'accroître à nouveau. Dans ces conditions, les dates théoriques sont très en avance sur les dates observées.

CONCLUSION

L'objectif de cette étude, qui était d'apprécier le niveau d'évolution des populations des *Globo-dera* dans les conditions naturelles sans avoir à procéder à des analyses de laboratoire, semble atteint : que ce soit pour le développement endo-radicaire ou embryonnaire, les températures

cumulées permettent, avec une marge d'erreur qui est celle de l'observation, d'apprécier à tout moment à quel niveau du cycle les populations de nématodes sont parvenues ; ceci à condition que les températures du sol ne dépassent pas un certain seuil, d'environ 22°.

Il est évident qu'une récolte pratiquée après la ponte des premiers œufs ne peut, en théorie, arrêter leur évolution puisqu'elle est indépendante de l'organisme maternel. La pratique montre que dans certains cas, on aboutit néanmoins à une destruction totale de la génération en formation (Mugniery, 1978b). Cela signifie qu'il existe obligatoirement des facteurs à seuil, telle l'humidité relative, qui, en dessous d'une certaine limite, peuvent intervenir pour arrêter brutalement l'embryogenèse.

Une autre conclusion évidente est l'existence d'écotypes à caractéristiques particulières. Au vu de ces résultats, on peut supposer que chaque population isolée constitue un écotype dont on ne peut prévoir les réactions avant de les avoir étudiées. Chacun de ces écotypes s'est adapté, à partir de sa variabilité d'origine, aux conditions climatiques locales et on peut voir qu'il

existe entre écotypes des différences très marquées. Par la suite, les pratiques agricoles sont intervenues comme pression de sélection pour laminer les populations et ne laisser subsister que celles parfaitement adaptées à l'ensemble des exigences climatiques et agronomiques du biotope considéré.

RÉFÉRENCES

- HOMINICK, W. M. (1976). Adaptation of *Heterodera rostochiensis* to low heat accumulation during the growth of early potatoes in Ayrshire. *XIIIth intern. Nemat. Symp., Dublin, 5-11 sept. 1976* : 43-45.
- MUGNIERY, D. (1978 a). Vitesse de développement, en fonction de la température, de *Globodera rostochiensis* et *G. pallida* (Nematoda : Heteroderidae). *Revue Nématol.*, 1 : 3-12.
- MUGNIERY, D. (1978 b). Lutte culturale contre les nématodes à kystes de la pomme de terre, *Globodera rostochiensis* (Wollenweber) et *G. pallida* (Stone) et perspective de lutte intégrée. *Ann. Zool. Ecol. anim.*, 10 : 187-203.
- MUGNIERY, D. & PERSON, F. (1977). Méthode d'élevage de quelques nématodes à kystes du genre *Heterodera*. *Sci. Agron., Rennes*, 217-220.
- OOSTENBRINK, M. (1960). Estimating nematode populations by some selected methods. In : Sasser, J. N. & Jenkins, W. R. (Eds) *Nematology*. Chapel Hill, The University of North Carolina Press, 480 p.
- SHEPHERD, A. M. CLARK, S. A. & KEMPTON, A. (1973). Spermatogenesis and sperm ultrastructure in some cyst nematodes, *Heterodera* spp. *Nematologica*, 19 : 551-560.
- SOSA MOSS, C. (1966). Contribution à l'étude d'un nématode phytoparasite, *Heterodera avenae* Woll. *Thèse Fac. Sci., Paris*, 149 p.

Accepté pour publication le 9 septembre 1981.