

LES COMPLEXES NÉMATO-BACTÉRIENS ENTOMOPATHOGÈNES : DES SYMBIOSES NÉMATODES-BACTÉRIES QUI PARASITENT LES INSECTES.

emelianoff.svt@free.fr

Equipe Interactions, Institut des Sciences de l'Evolution de Montpellier (ISE-M), UMR CNRS 5554, Université Montpellier 2, France

Les partenaires de la symbiose

Il existe 2 genres de nématodes entomopathogènes : *Steinernema* (du nom d'un de ses découvreurs, Steiner) et *Heterorhabditis*, respectivement associés aux bactéries des genres *Xenorhabdus* et *Photorhabdus*.

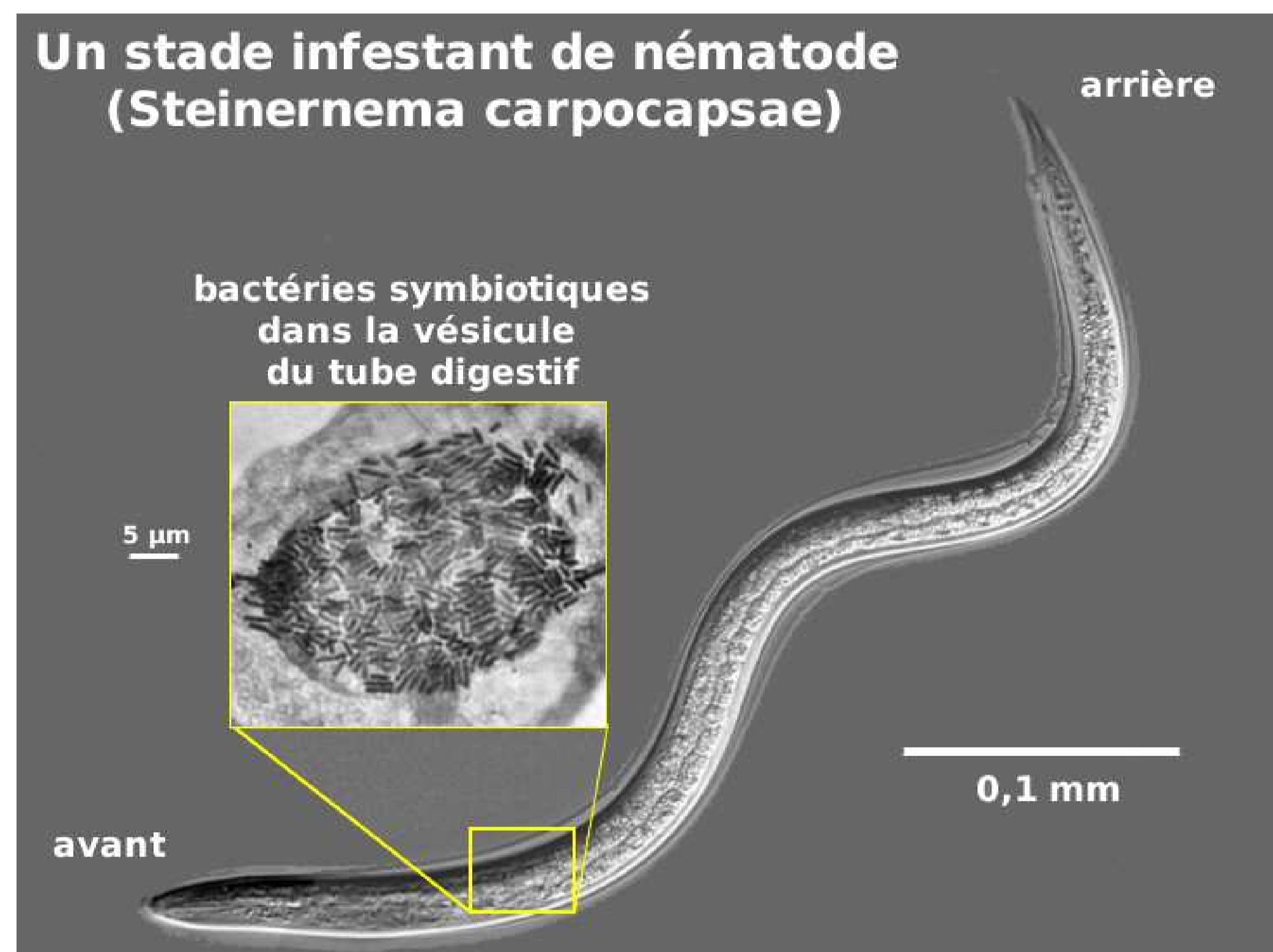
Le nématode

LES nématodes sont des animaux proches des arthropodes (groupe comprenant les insectes et les crustacés) dans la phylogénie^a. Ce sont des "vers" ronds non segmentés (contrairement aux vers de terre). Comme celui des arthropodes, le corps des nématodes est entouré d'une paroi externe épaisse relativement solide et imperméable, la cuticule. Cette cuticule est un obstacle à la croissance qui, comme chez les arthropodes, n'est pas continue et se fait par mues^b sous contrôle hormonal. Le développement des nématodes comporte quatre stades larvaires et un stade adulte.

Les nématodes occupent des milieux très variés : mers, lacs, sédiments, sources chaudes, sols^c (de 1 à 20 millions d'individus par mètre carré)... D'autres espèces parasitent des plantes, des insectes ou des vertébrés. Les nématodes les plus connus sont parasites de l'homme : *Ascaris lumbricoides*, parasite du tube digestif ; *Onchocerca volvulus*, parasite de l'oeil, provoquant l'onchocercose (cécité des rivières) ; *Trichinella spiralis*, parasite de l'intestin et des muscles^d, agent de la trichinose ; la filaire de Bancroft *Wuchereria bancrofti*, parasite du système lymphatique, responsable de l'éléphantiasis.

Les plus grands nématodes atteignent plusieurs décimètres (notamment l'*Ascaris*) ; les plus petits sont à peine visibles à l'oeil nu (quelques dixièmes de millimètre). Chez les nématodes entomopathogènes du genre *Steinernema*, les 3^{èmes} stades larvaires (libres, dans le sol) sont microscopiques mais les adultes sont visibles à l'oeil nu.

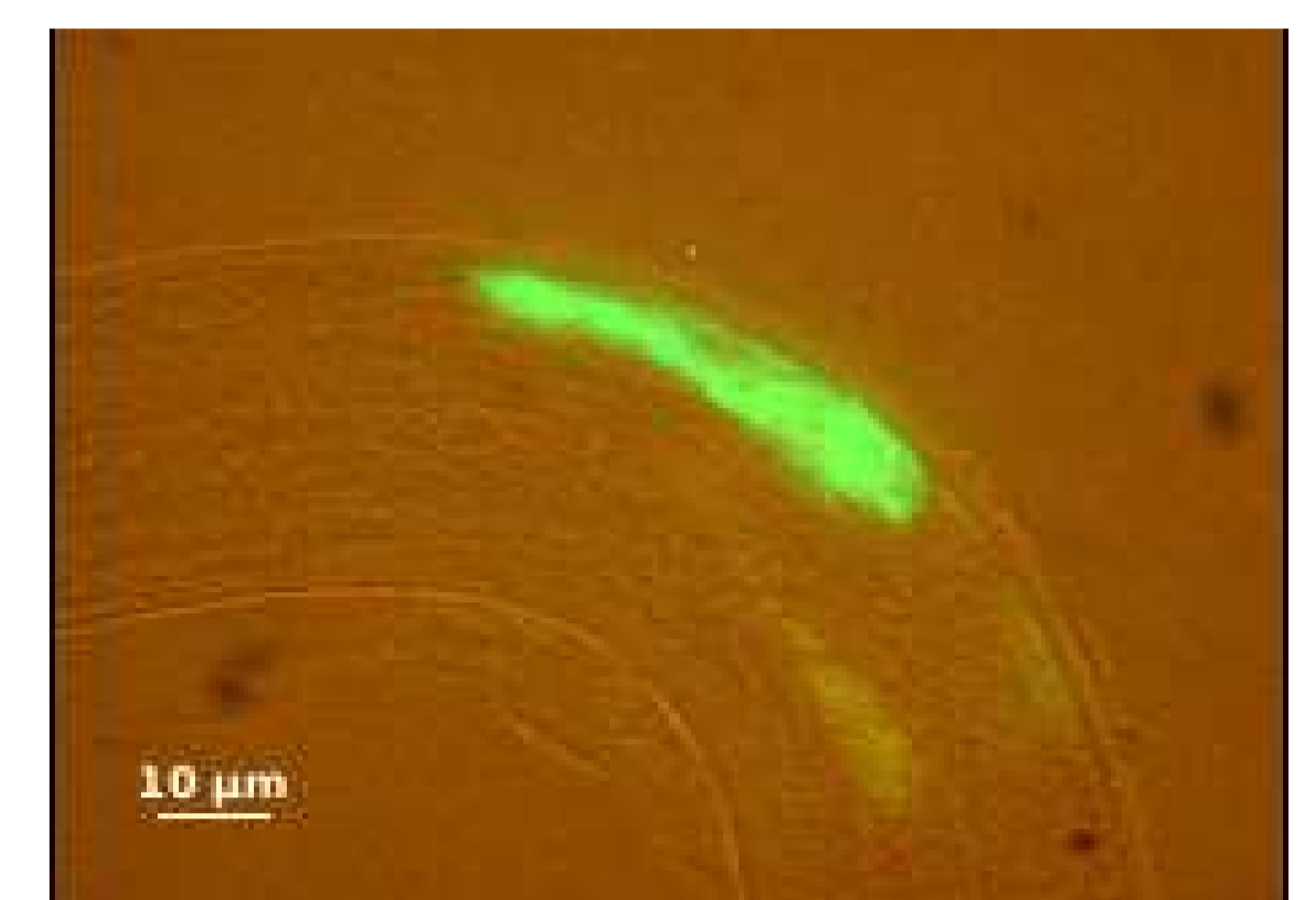
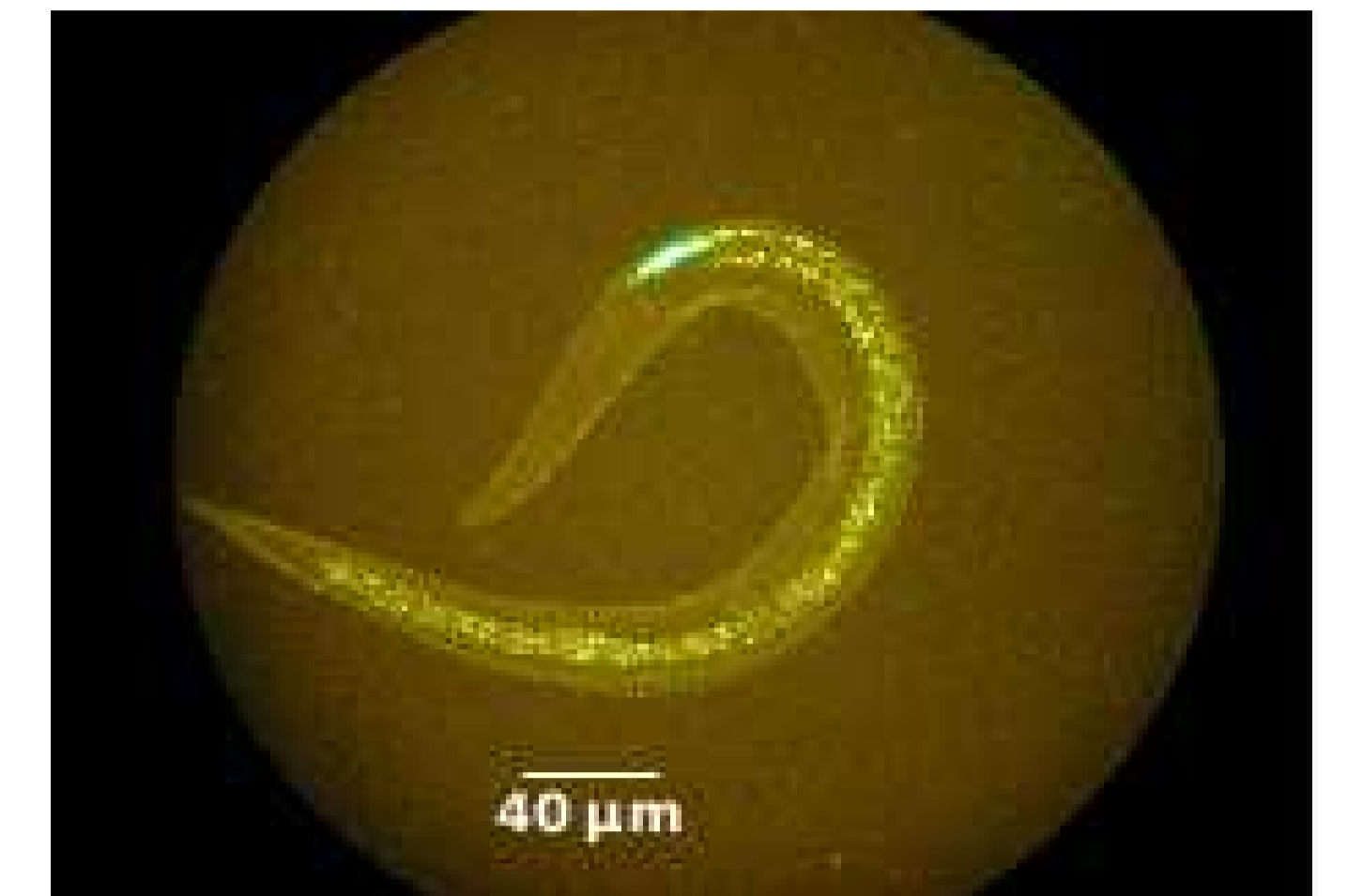
a. classification évolutive des êtres vivants, regroupés selon leur degré de parenté
b. fabrication d'une nouvelle cuticule et perte de l'ancienne
c. les nématodes représentent la plus grosse biomasse des sols, devant celle des vers de terre (lombrics)
d. L'Homme peut s'infester en consommant de la viande de porc insuffisamment cuite



La bactérie

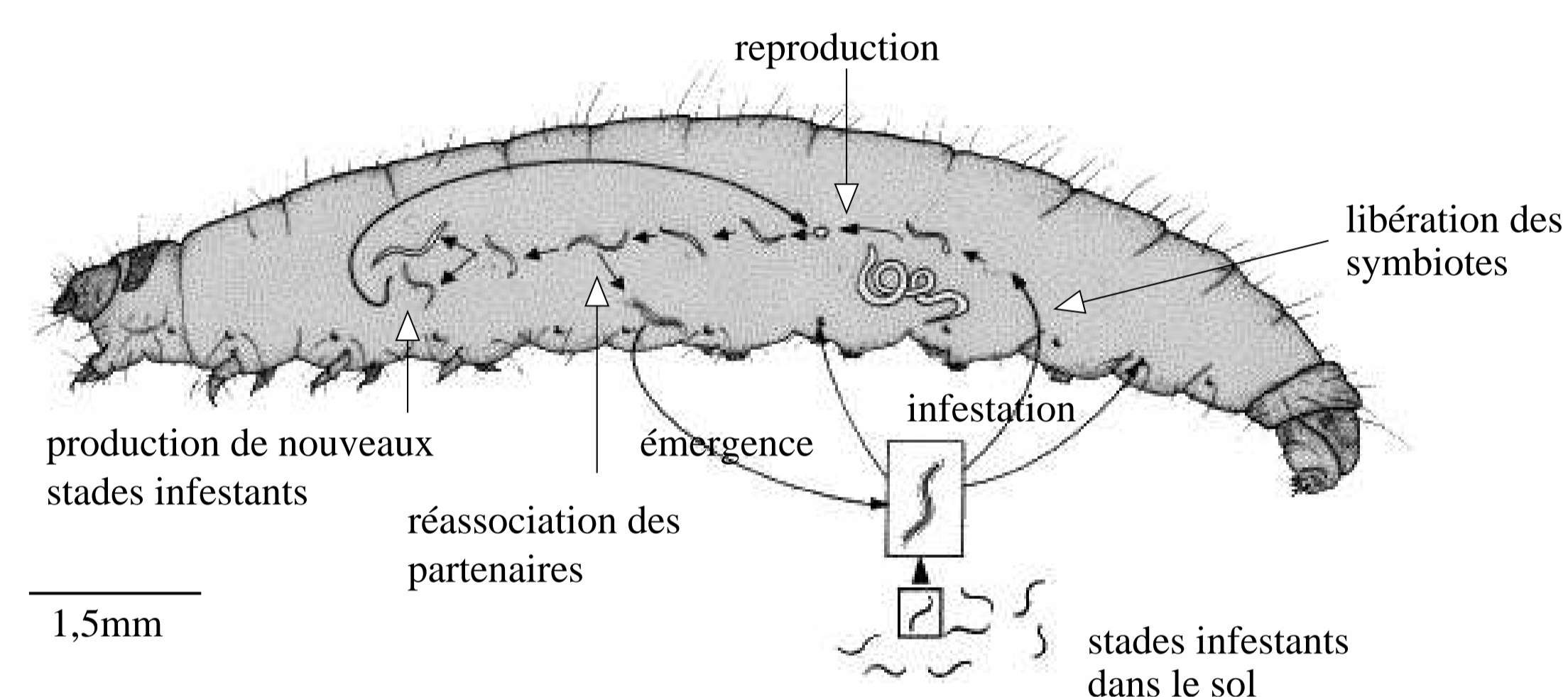
Les bactéries du genre *Xenorhabdus* (de *xeno*, hôte et *rhabdus*, nématode) sont des Entérobactéries. Cette famille de bactéries regroupe une quarantaine de genres et comprend notamment les salmonelles (dont l'agent de la fièvre typhoïde), le colibacille *Escherichia coli* (commensal du tube digestif humain) et *Yersinia pestis*, agent de la peste.

Stade infestant de *Steinernema carpocapsae* portant des bactéries fluorescentes.



Zoom sur la vésicule contenant les bactéries.

Le cycle de vie des complexes némato-bactériens



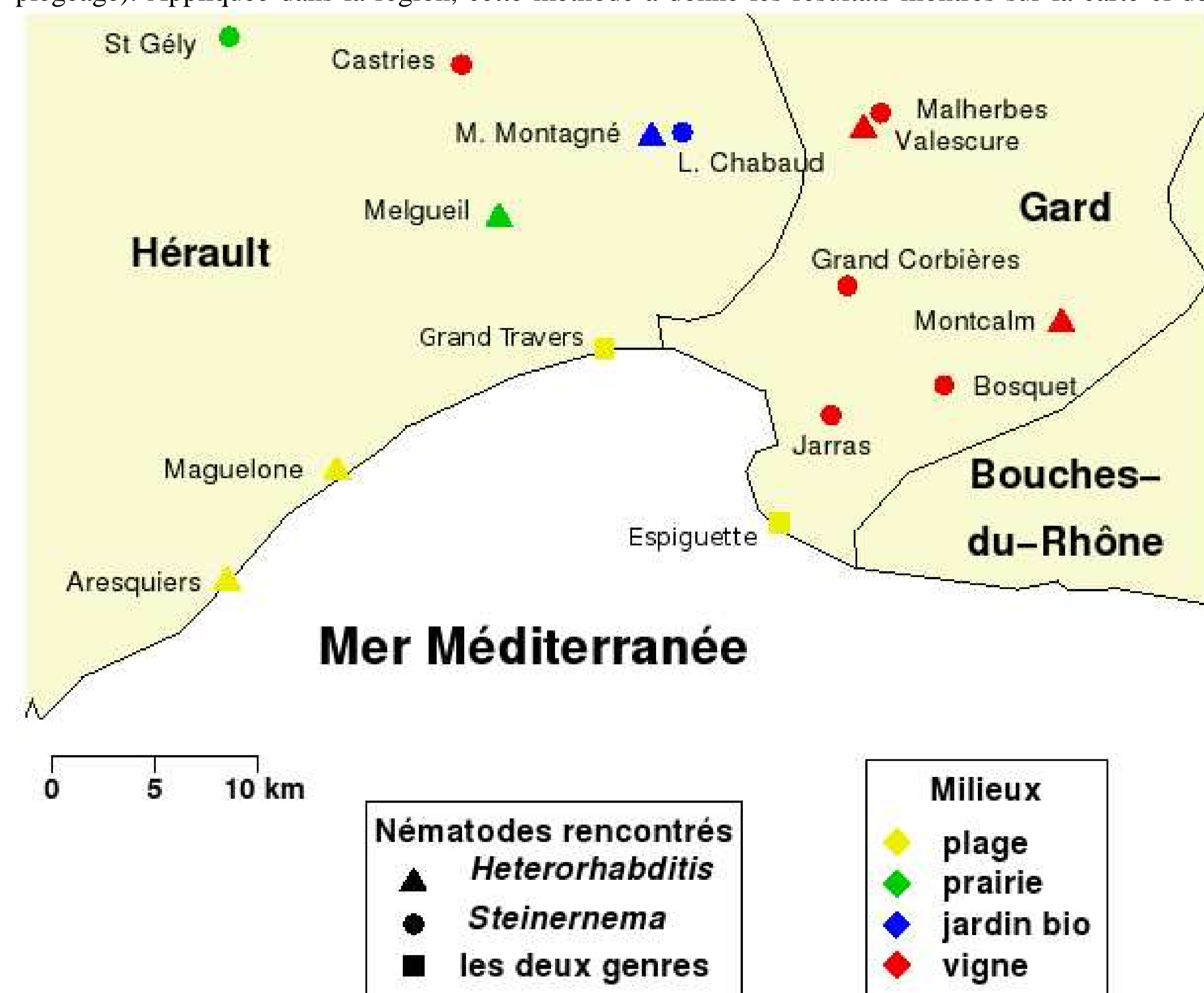
Le cycle de vie des complexes se décompose en 2 phases :

- **une phase libre, dans le sol.** Les stades libres sont les 3^{èmes} stades larvaires du nématode. Ils portent leurs bactéries dans une vésicule du tube digestif et se déplacent dans les sols humides à la recherche d'insectes à parasiter.
- **une phase parasitaire, dans l'insecte.** Les nématodes rentrent par la bouche ou l'anus de l'insecte et libèrent leurs bactéries dans son hémolymphe^a. Les bactéries se multiplient et sécrètent des toxines qui anéantissent le système immunitaire de l'insecte. Ceci provoque la mort de l'insecte en 48h. Les nématodes se nourrissent du cadavre de l'insecte et des bactéries, ils se reproduisent pendant 2-3 générations. Lorsque les ressources du cadavre d'insecte sont épuisées, les nématodes ressortent avec quelques bactéries dans leur vésicule, et regagnent le sol à la recherche de nouveaux hôtes insectes.

a. liquide circulant qui alimente les tissus, équivalent du sang des vertébrés

Des organismes ubiquistes

Les nématodes entomopathogènes ont été trouvés sur tous les continents sauf en Antarctique. Ils sont présents dans de nombreux milieux naturels et cultivés, ont une résistance thermique relativement bonne mais supportent très mal la dessiccation. Pour les piéger, des insectes-cibles (chenilles) sont déposés dans le sol du site testé. Ils y restent pendant trois jours, puis sont récupérés et les insectes morts sont conservés au laboratoire jusqu'à l'émergence éventuelle de nématodes (10-15 jours après le piégeage). Appliquée dans la région, cette méthode a donné les résultats montrés sur la carte ci-dessous.



Des organismes bénéfiques pour l'agriculture

Utilisés par l'homme. Ces nématodes sont utilisés en lutte biologique, mais leur coût de production en masse reste élevé. Ils peuvent être pulvérisés en solution sur le sol ; une autre méthode consiste à déposer sur le champ des insectes parasités (morts), qui libèrent les nématodes petit à petit. Ainsi, la rémanence est meilleure et la dessiccation est limitée. Quelques exemples de programmes :

- contre les charancons des agrumes (*Diaprepes* spp.) en Martinique et Guadeloupe,
- contre les charancons des palmiers, de la banane, des ignames...
- contre des ravageurs du gazon : scarabée japonais (*Popillia japonica*), pyrale des prés (*Chrysoteuchia topiaria*) et hanneton européen (*Rhizotrogus majalis*) au Québec.

Recrutés naturellement par certaines plantes!

Une étude sur le maïs a montré que, pour certaines variétés, les racines broutées par la chrysomèle du maïs (*Diabrotica virgifera*) émettent un composé volatil qui attire les nématodes entomopathogènes du sol. Ce composé, appliqué sur des variétés de maïs non attractives pour les nématodes, les rend attractives. Ainsi, la plante blessée par un insecte émet un signal inductible qui attire les nématodes parasites de cet insecte.

Des organismes fascinants pour l'étude de l'évolution

Une association bénéfique. Les nématodes arrivent mieux à tuer et à s'installer dans l'insecte quand ils sont associés à leurs bactéries que quand ils sont expérimentalement privés. Une fois installés, ils font plus de descendants avec leurs bactéries que sans. D'autre part, les bactéries sont incapables de survivre seules dans le sol : elles sont donc à l'abri dans le tube digestif du nématode. L'association nématode-bactéries est à **bénéfices réciproques** : c'est un **mutualisme**.

Une association coûteuse. Toutefois, les nématodes associés à leurs bactéries survivent moins longtemps en phase libre que les mêmes nématodes sans bactéries : ils paient un coût à être associés aux bactéries.



3^{èmes} stades larvaires de nématodes, vivant (en haut) et mort (en bas).

Un compromis survie-reproduction lié aux bactéries.

En résumé, plus un nématode porte de bactéries, mieux il se reproduit en phase parasitaire mais moins il survit en phase libre. L'intérêt de porter beaucoup de bactéries n'est donc pas évident, et certains nématodes peuvent adopter la stratégie "peu de bactéries, reproduction médiocre, bonne survie", observée notamment chez une espèce de *Steinernema*. Ainsi, ce compromis pourrait expliquer la diversité des stratégies (survie, reproduction, nombre de bactéries portées) observées dans la nature.