

La manipulation

1. La relation du parasite avec son hôte peut être analysée à travers le concept de filtre d'association

1. La relation du parasite avec son hôte peut être analysée à travers le concept de filtre d'association

2. La manipulation est un procédé de favorisation

1. La relation du parasite avec son hôte peut être analysée à travers le concept de filtre d'association

2. La manipulation est un procédé de favorisation

3. En termes fonctionnels, la manipulation est un phénotype étendu, au sens de Richard Dawkins

1. La relation du parasite avec son hôte peut être analysée à travers le concept de filtre d'association :

Dans tout système formé par deux organismes aux génomes différents, la sélection naturelle tend à maximiser indépendamment leur fitness.

Un « filtre » est un
phénotype virtuel croisé
codé à la fois par des gènes du parasite et par des
gènes de l'hôte

« FILTRES D'ASSOCIATION - PHENOTYPES VIRTUELS CROISES »:

définitions dans

C. Combes, 2001.

Parasitism, The Ecology and Evolution of Intimate Interactions, Chicago University Press

encounter filter



compatibility filter



Les parasites tendent à ouvrir les filtres

(en principe)

Sélection de gènes pour «rencontrer»



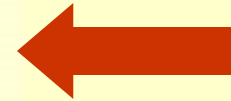
Sélection de gènes pour «éviter»



Sélection de gènes pour «survivre»



Sélection de gènes pour «tuer»



Les hôtes tendent à fermer les filtres

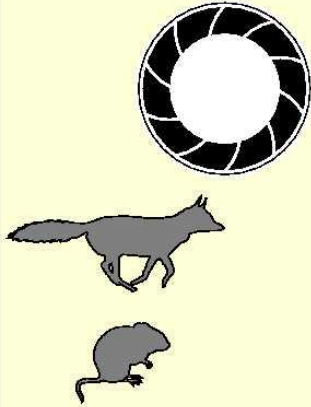
(en principe)

Deux remarques:

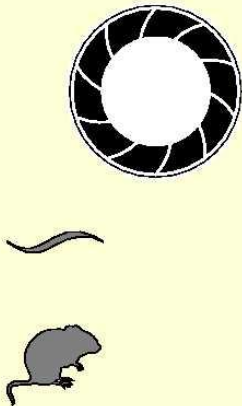
a) les deux courses ne sont pas « indépendantes »: par exemple, à la sélection de **gènes pour rencontrer** dans une population de parasites, une population d'hôtes peut répondre par la sélection de **gènes pour tuer...**

b) les interactions instantanées des systèmes prédateurs-proies et les interactions durables des systèmes parasites-hôtes sont différentes pour ce qui est des « **lignes de défense** »...

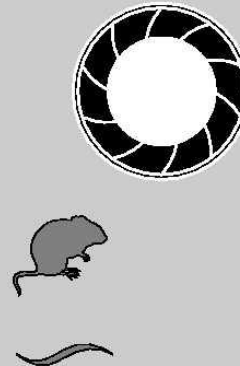
FILTRE de RENCONTRE



FILTRE de RENCONTRE



FILTRE de
COMPATIBILITÉ



contre les
prédateurs:

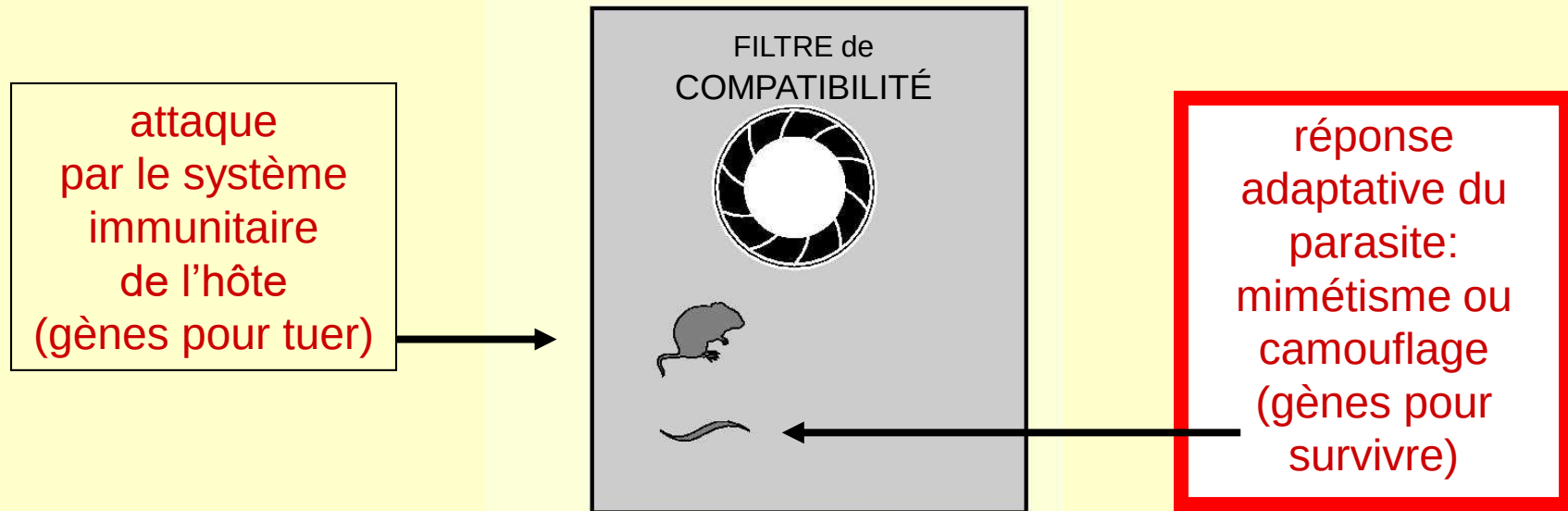
UNE ligne de
défense

contre les
parasites:

DEUX lignes de
défense

La « seconde » ligne de défense des hôtes consiste à devenir un prédateur des parasites.

Cela explique que, chez les parasites, beaucoup de gènes pour survivre codent pour des processus de mimétisme ou de camouflage, tout comme chez les proies dans les systèmes prédateurs-proies.



2. La manipulation est un procédé de favorisation :

La favorisation est une stratégie adaptative dont le résultat est d'augmenter la probabilité qu'un stade infestant transmette ses gènes.

La **favorisation** s'ajoute à la traditionnelle **haute fécondité** des parasites pour leur permettre de boucler leur cycle, c'est à dire de rencontrer une « ressource-hôte » convenable.

C'est une adaptation, résultat de la sélection naturelle. Elle est souvent **(toujours ?)** indispensable à la réussite de la transmission.

Dans les schémas qui suivent, les événements de transmission (passage d'un hôte à un autre) se font d'un **hôte-amont** (hôte d'où vient le parasite) vers un **hôte-aval** (hôte où va le parasite).

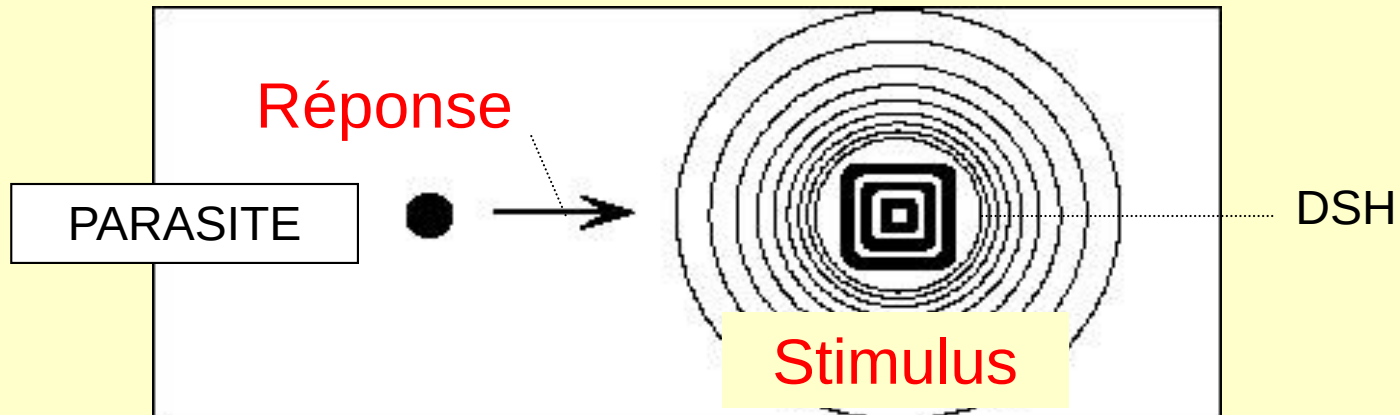
L'hôte-amont est désigné sous l'abréviation de USH (*UpStream Host*); l'hôte-aval sous l'abréviation de DSH (*DownStream Host*)

Définition des USH et DHS dans
C. Combes, 1991. Ethological aspects of parasite
transmission. *American Naturalist* 138: 866-880.

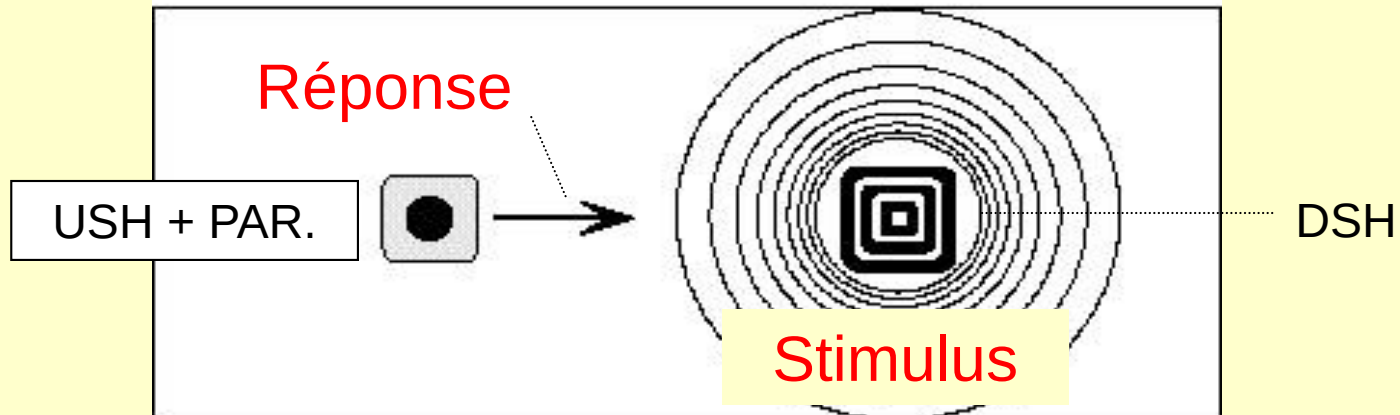
Le concept de « favorisation »

Types 1 et 2: stimuli venant du DSH ou de son environnement

1



2



Rappel:

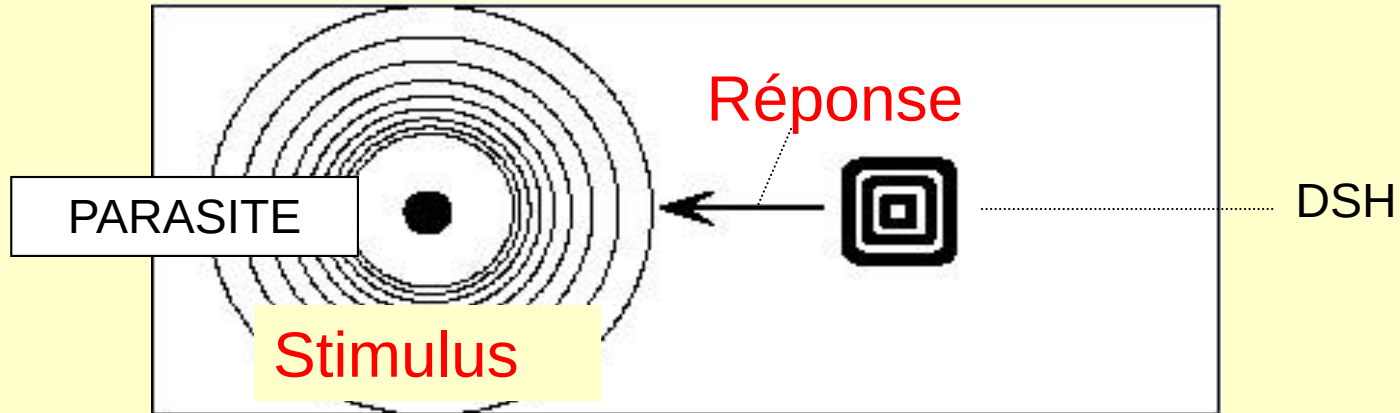
USH = « upstream host » (hôte amont, *d'où vient le parasite*).

DSH = « downstream host » (hôte aval, *où va le parasite*).

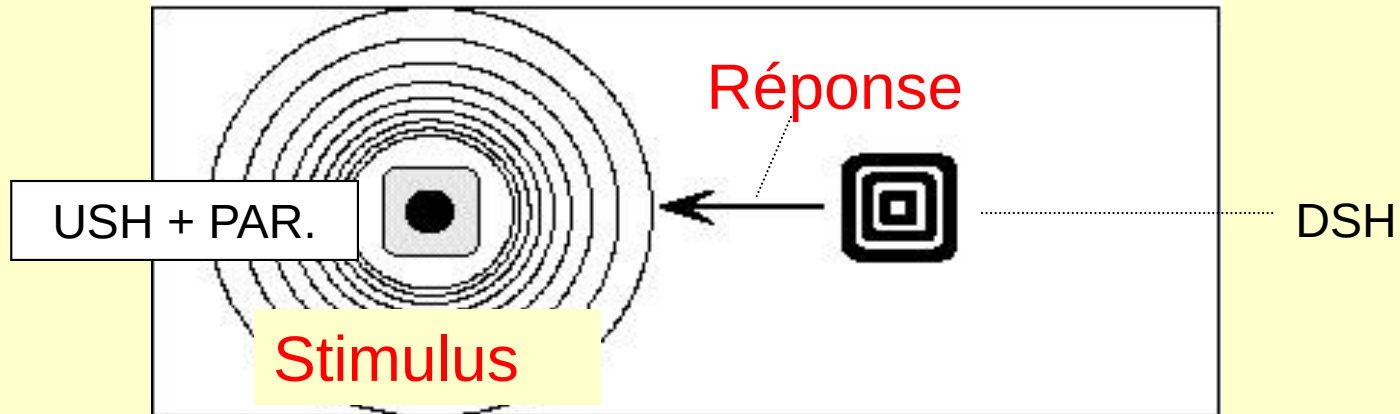
Le concept de « favorisation »

Types 3 et 4: stimuli venant du parasite ou de l'USH

3



4



Rappel:

USH = « upstream host » (hôte amont, *d'où vient le parasite*).

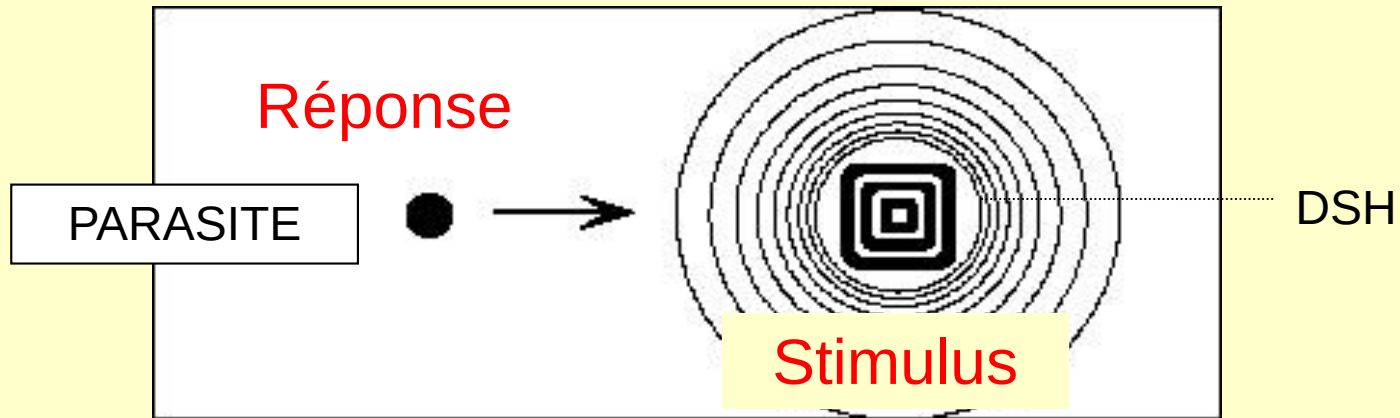
DSH = « downstream host » (hôte aval, *où va le parasite*).

Les exemples qui suivent illustrent
les types 1 et 2 de favorisation de la
rencontre

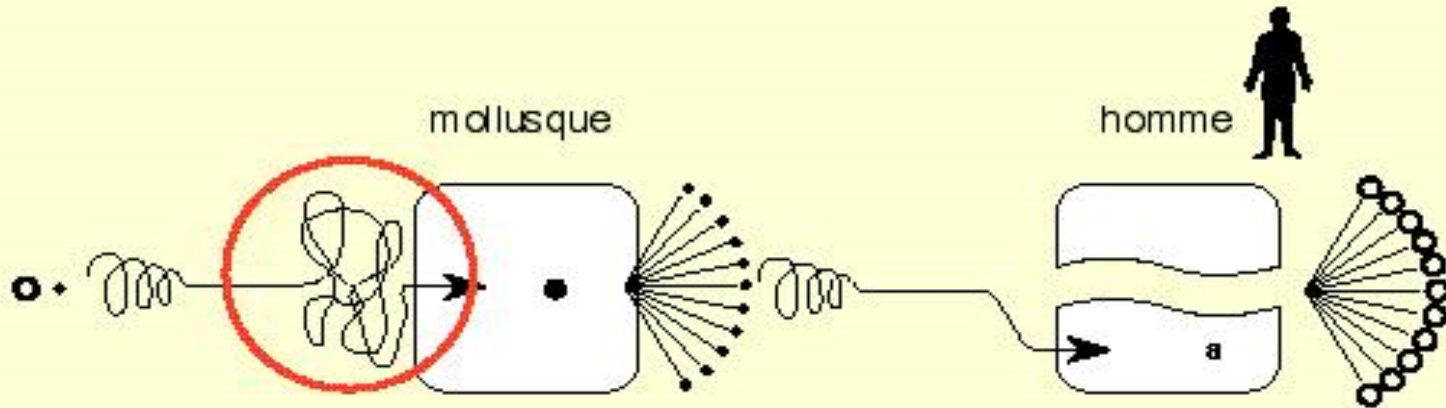
Rappel: dans les types 1 et 2,
les stimuli
proviennent de l'hôte-aval
(où de son environnement)

Type

1

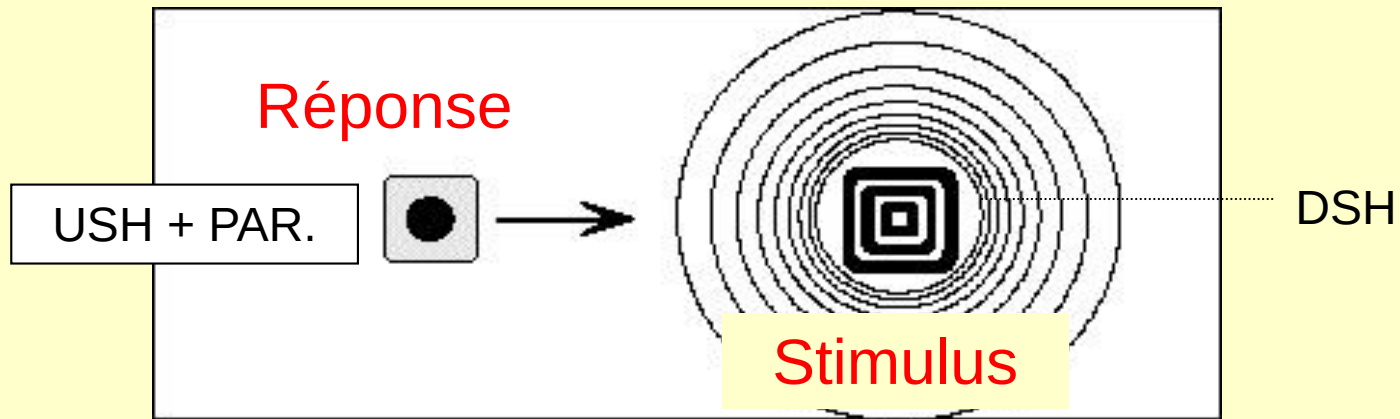


Les miracidiums de *Schistosoma* accroissent leur activité exploratoire lorsqu'un gradient chimique leur indique la proximité d'un mollusque

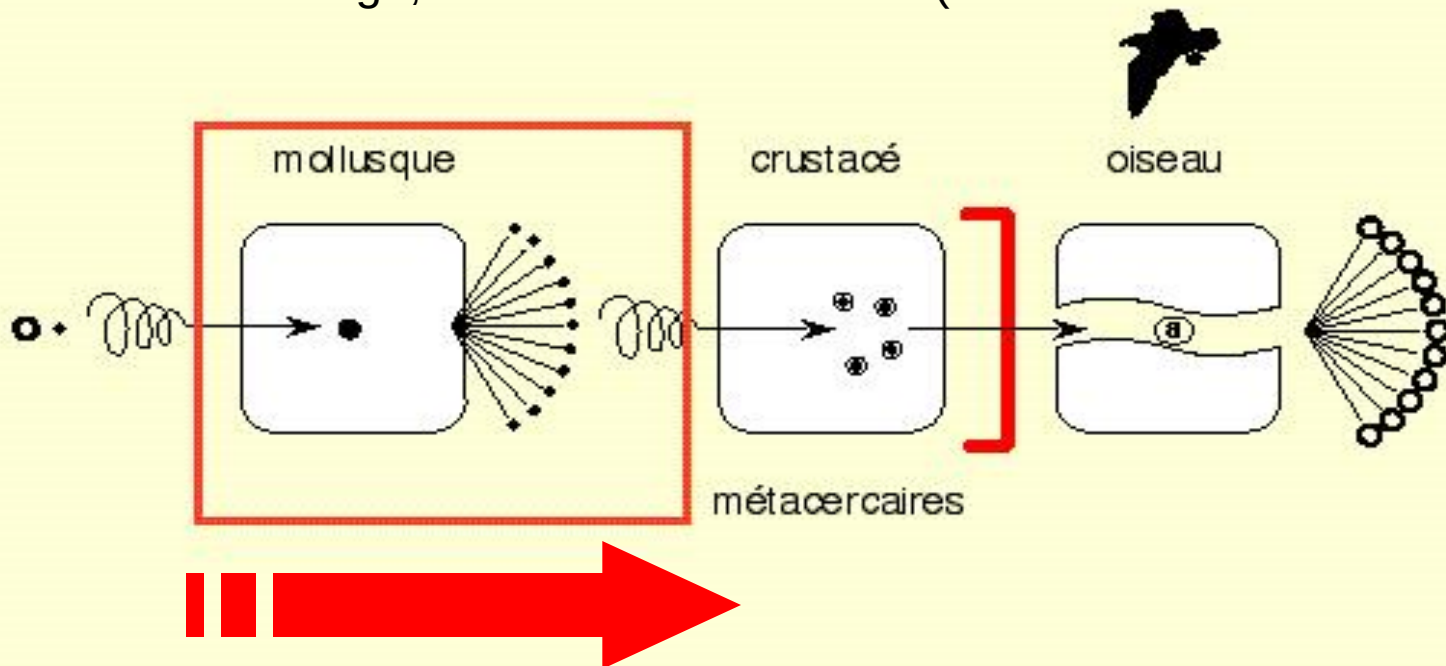


Type

2



Les stades larvaires du trématode *Gynaecotyla adunca* « font déplacer » leurs mollusques-hôtes vers le rivage, où vivent les crustacés (hôtes des métacercaires)



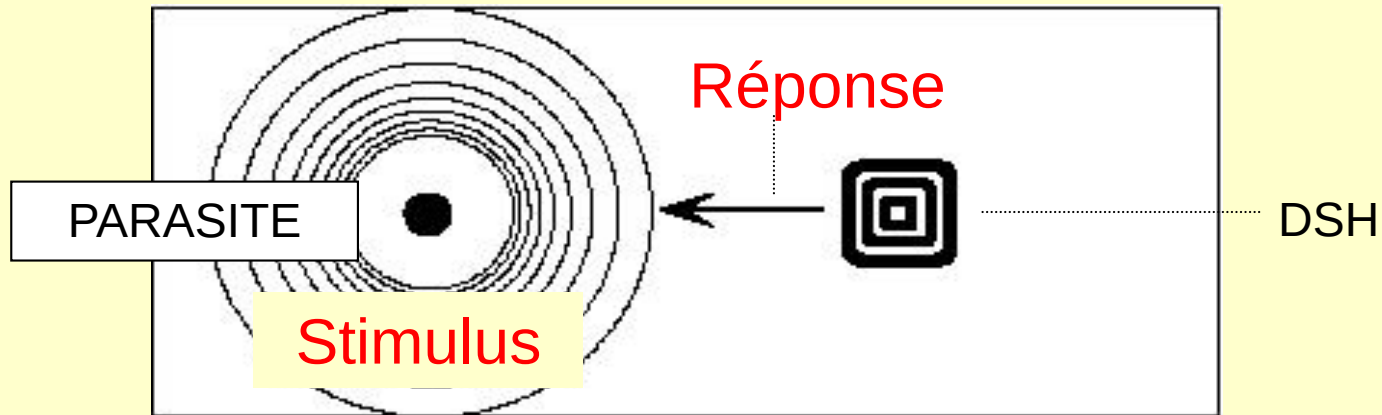
Les exemples qui suivent illustrent
les types 3 et 4 de favorisation de la
rencontre

Rappel: dans les types 3 et 4,
les stimuli

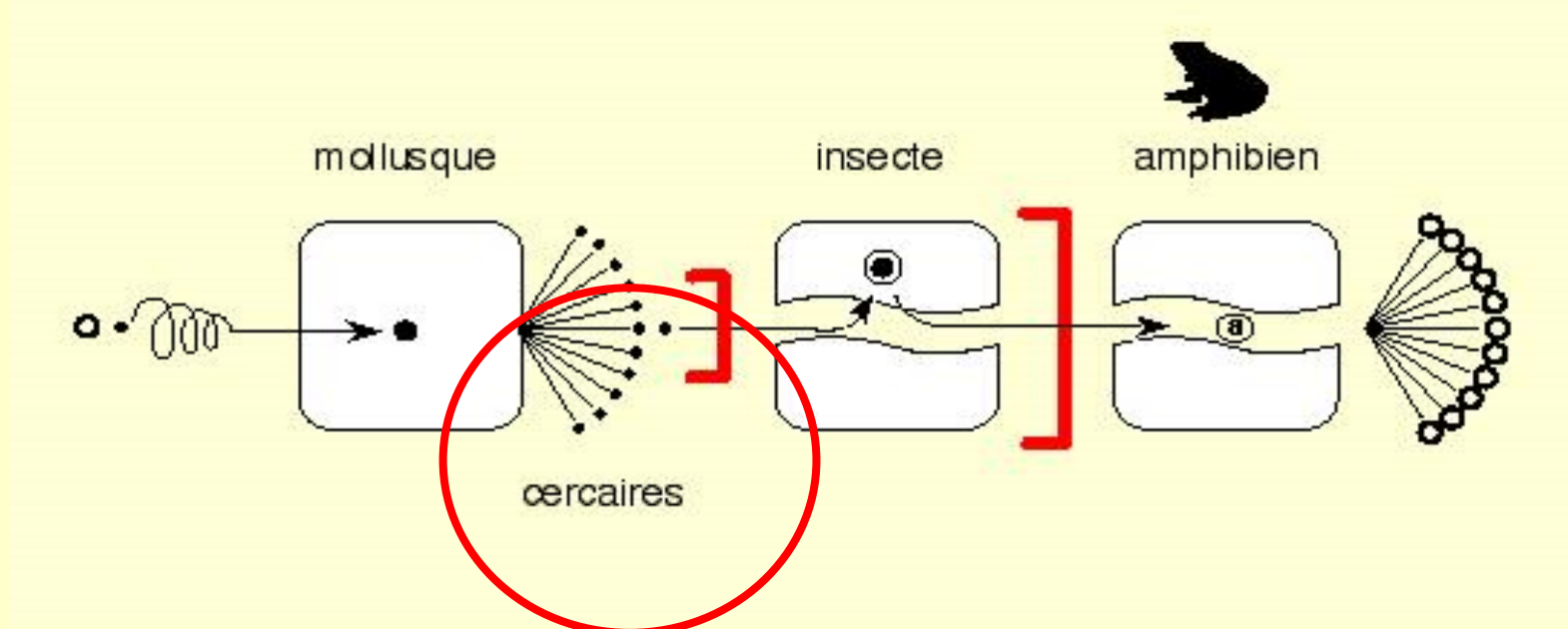
sont adressés à l'hôte-aval

Type

3

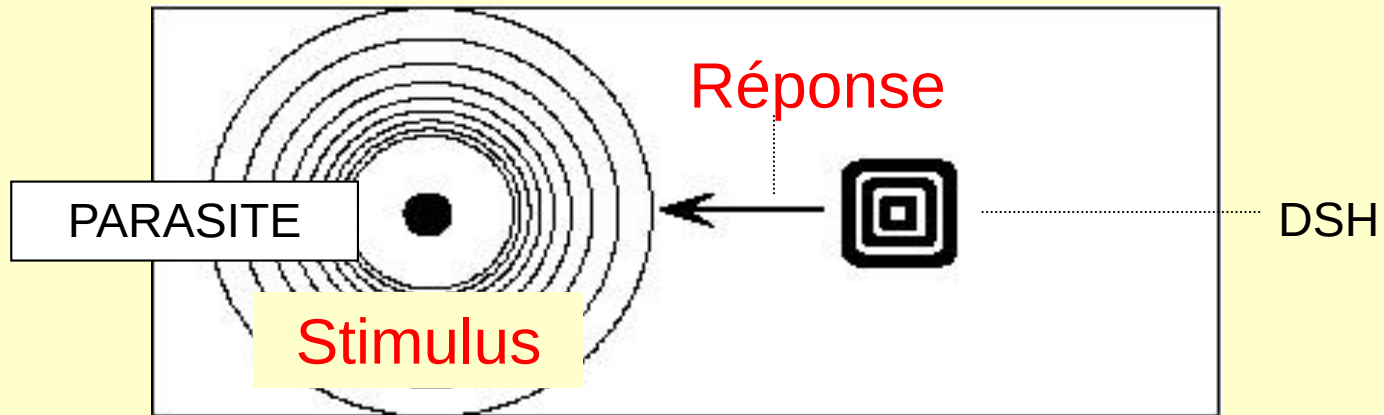


Par sa forme et ses mouvements, les cercaires du trématode *Gorgoderia euzeti* ont les apparences d'appâts pour les larves aquatiques d'insectes du genre *Sialis*

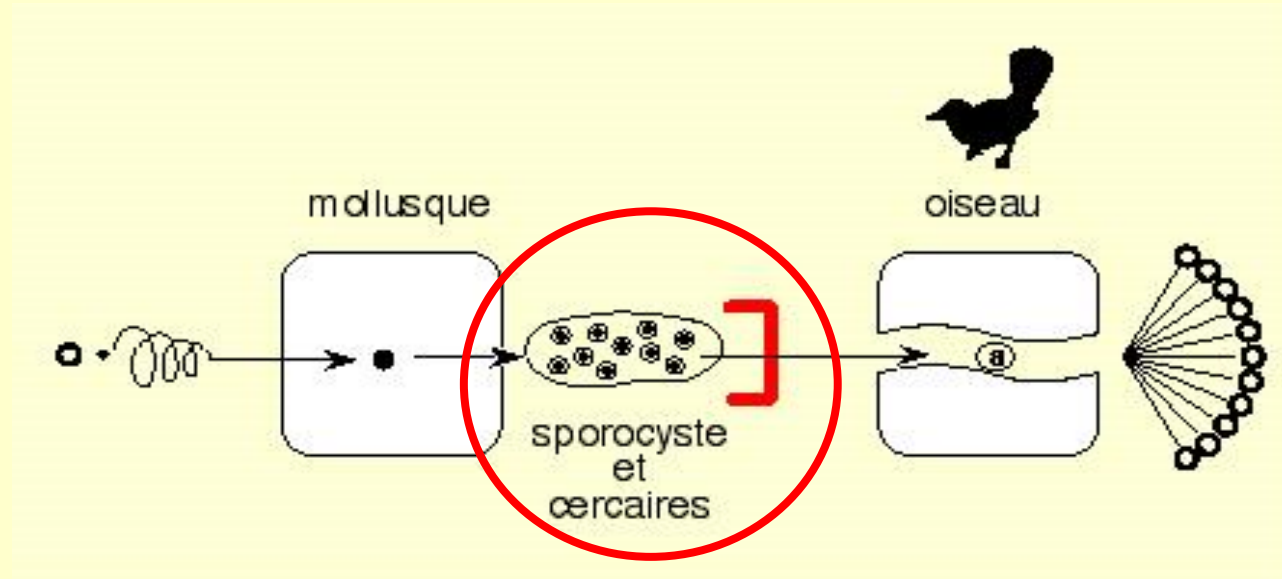


Type

3

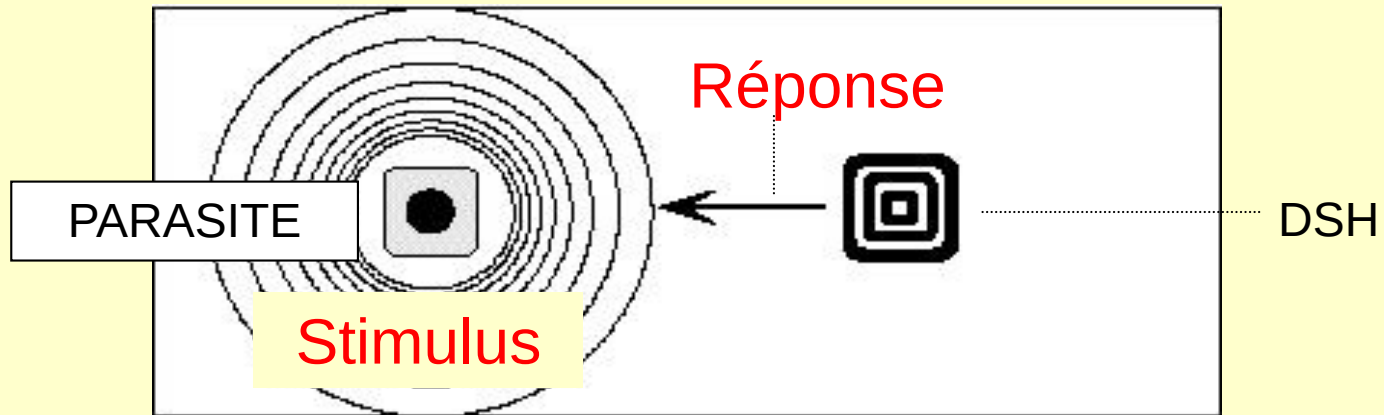


Les cercaires de *Leucochloridium paradoxum* restent à l'intérieur du sporocyste qui a l'aspect et les mouvements d'une chenille d'insecte

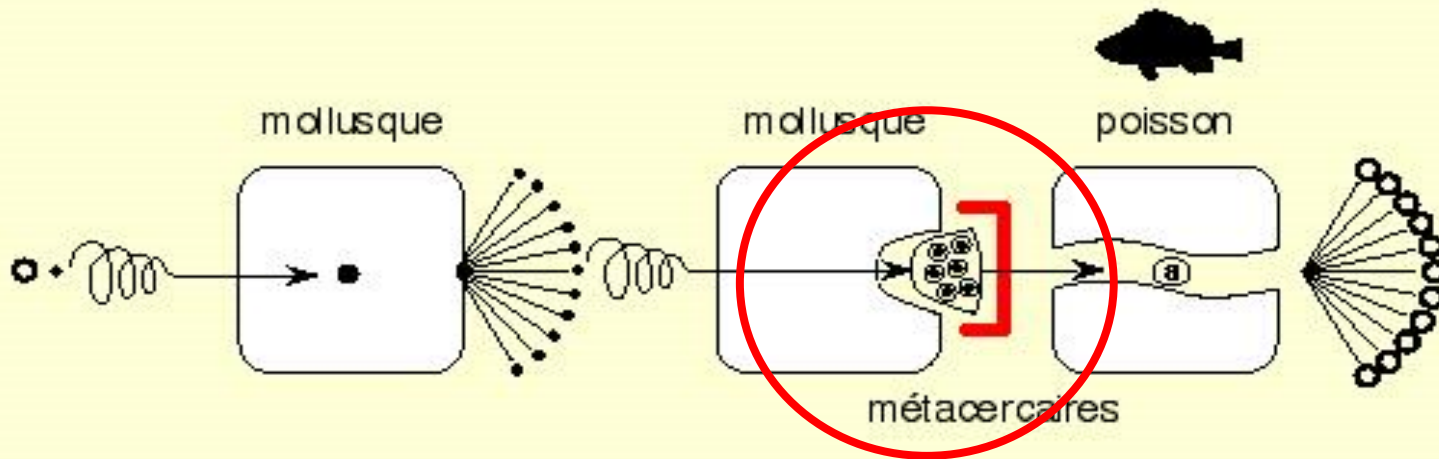


Type

4

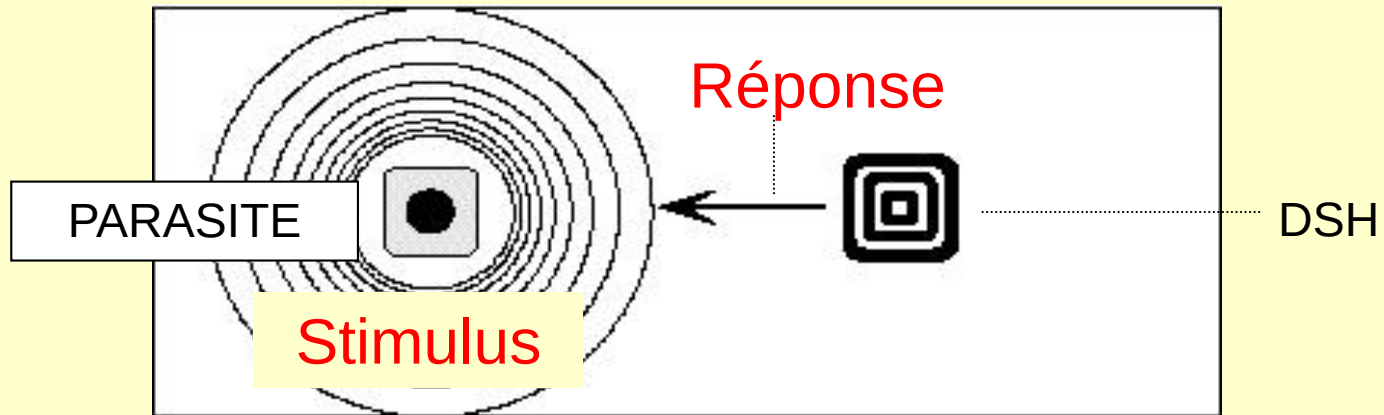


Les métacercaires de *Paratimonia gobbii* s'accumulent dans le siphon du bivalve, qui se détache, puis est consommé par le poisson

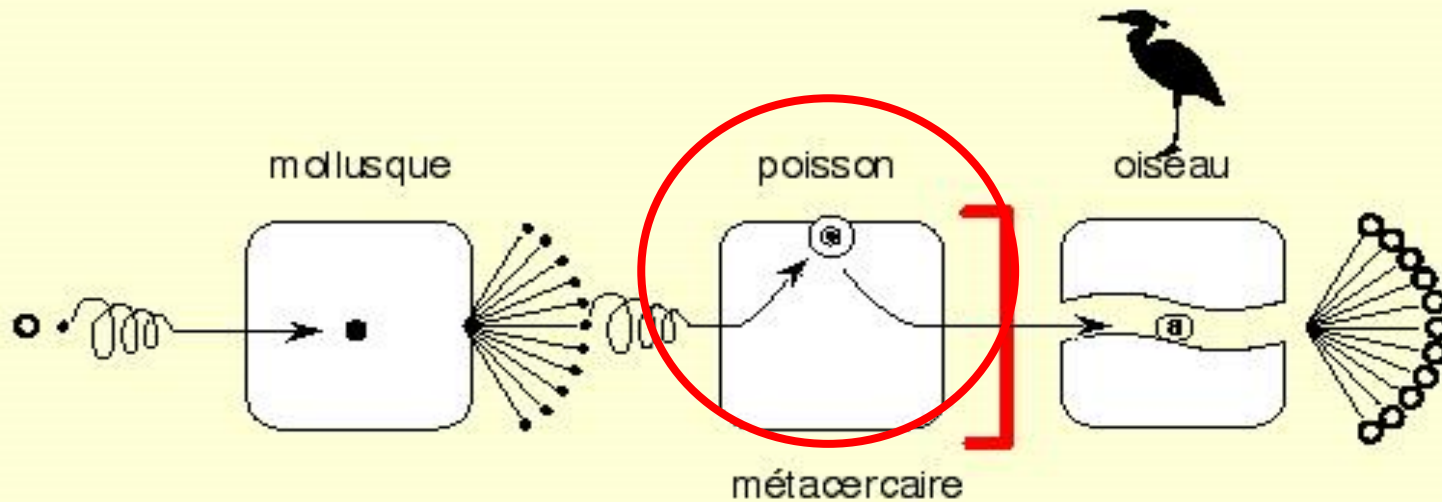


Type

4

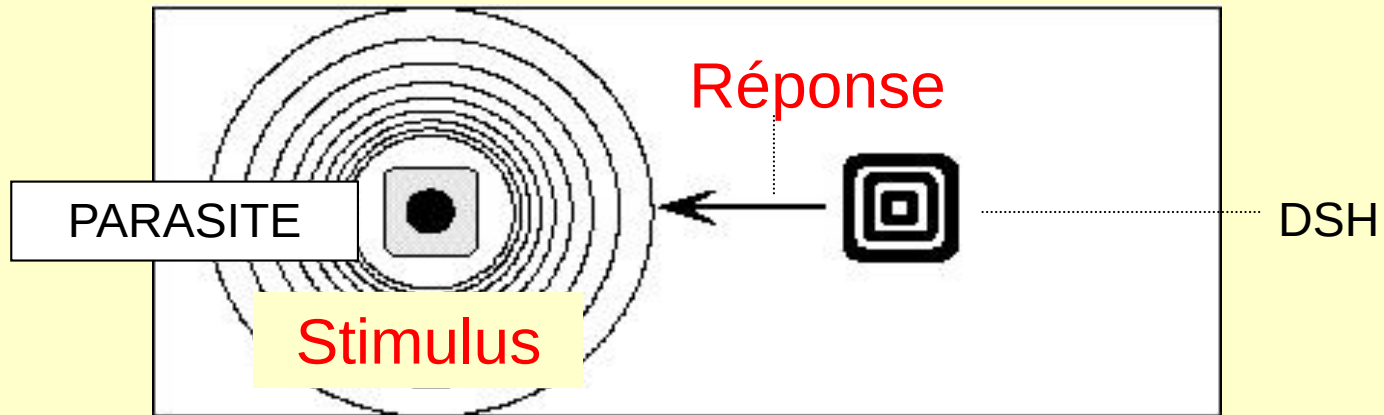


La métacercare de *Clinostomum marginatum* forme une tache blanche sur le poisson, qui devient ainsi plus visible pour l'oiseau prédateur

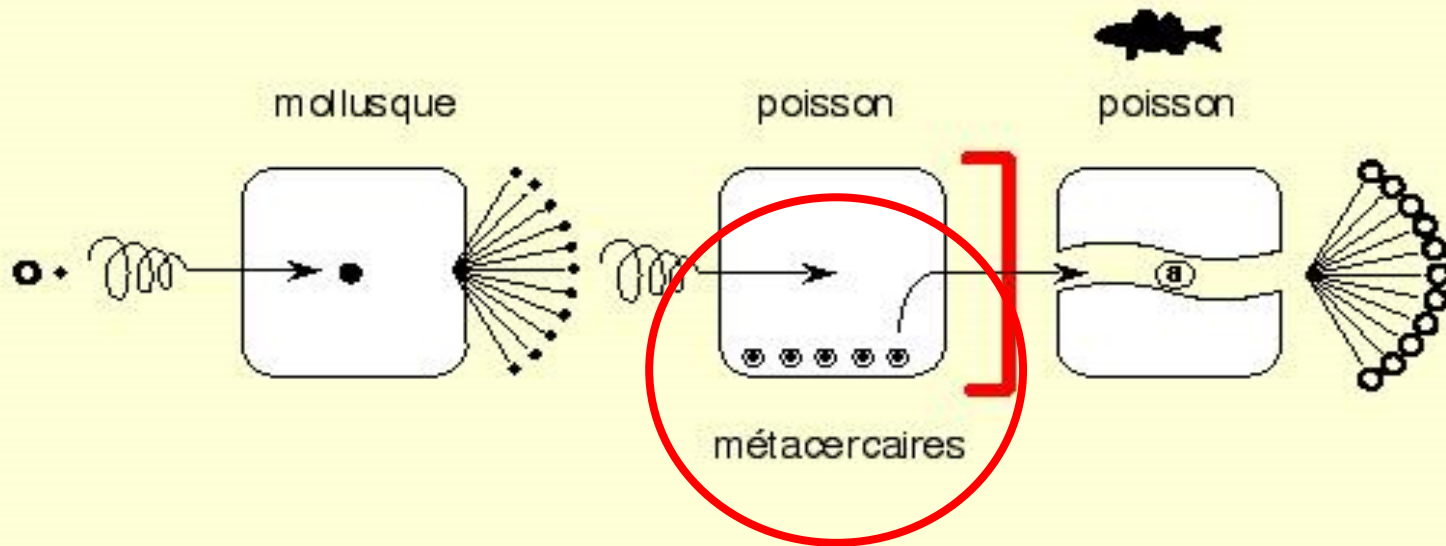


Type

4

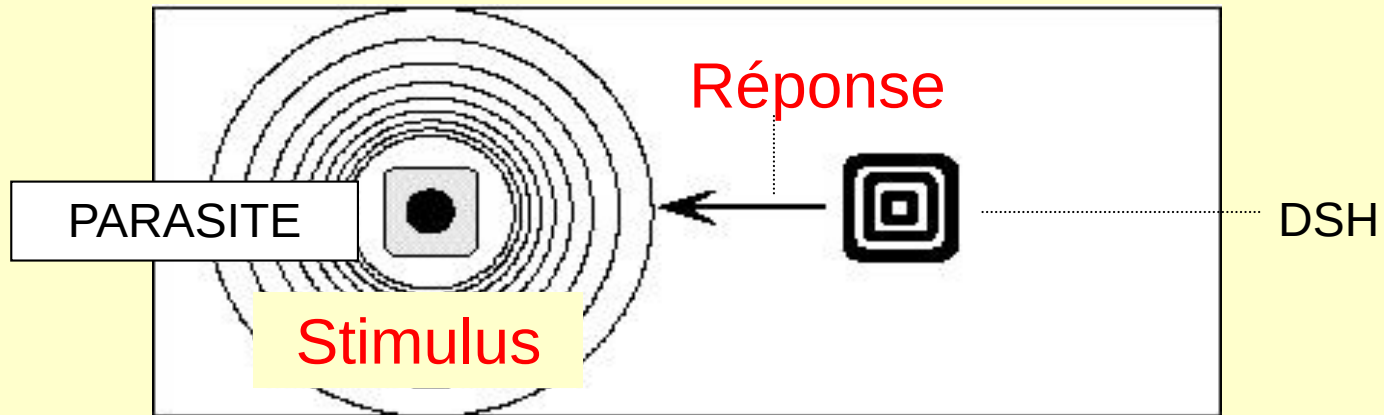


Les métacercaires de *Cainocreadium labracis* s'accumulent à la base des nageoires du poisson hôte intermédiaire, ce qui diminue sa capacité de fuite

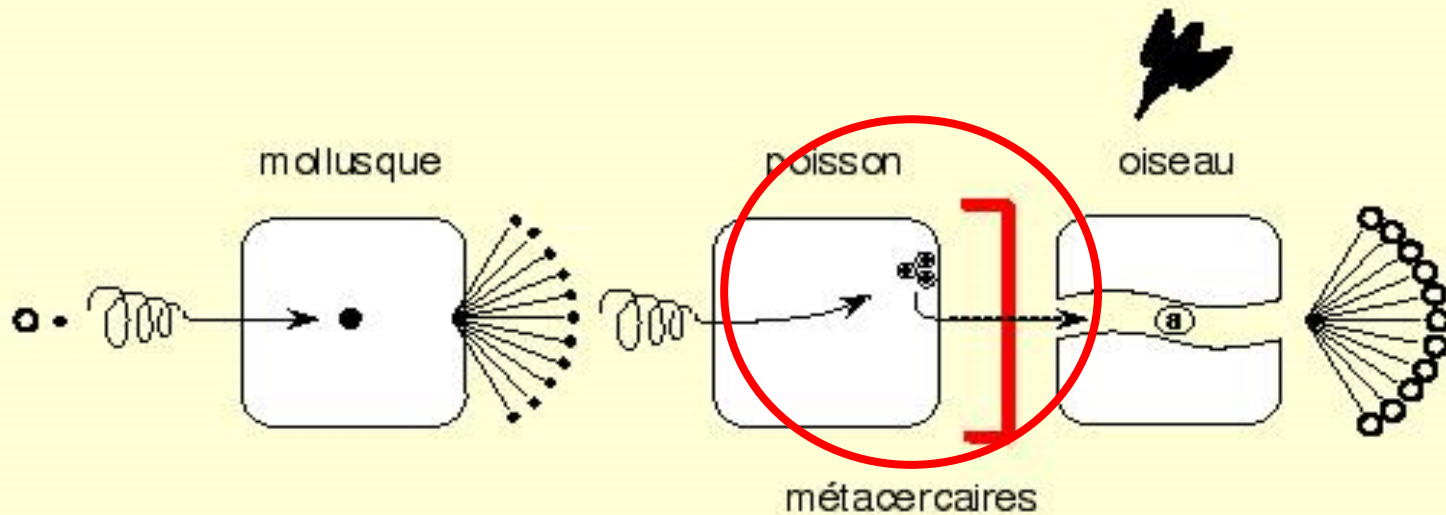


Type

4



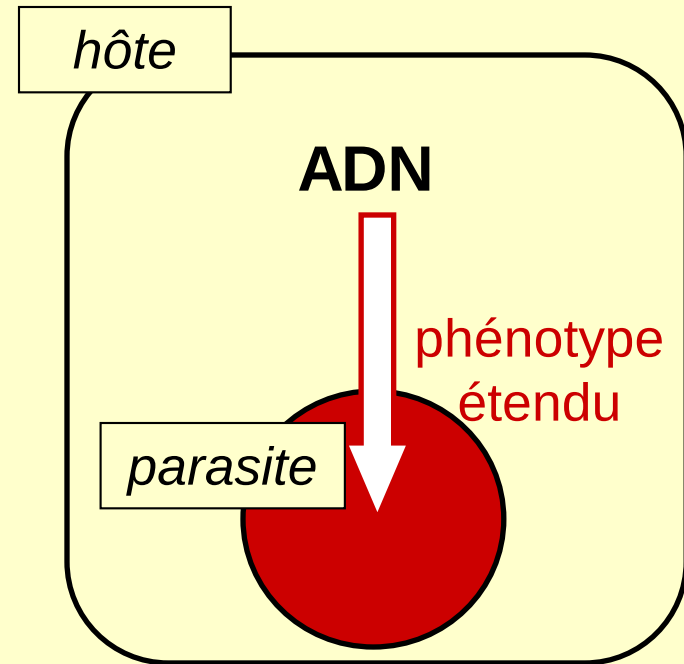
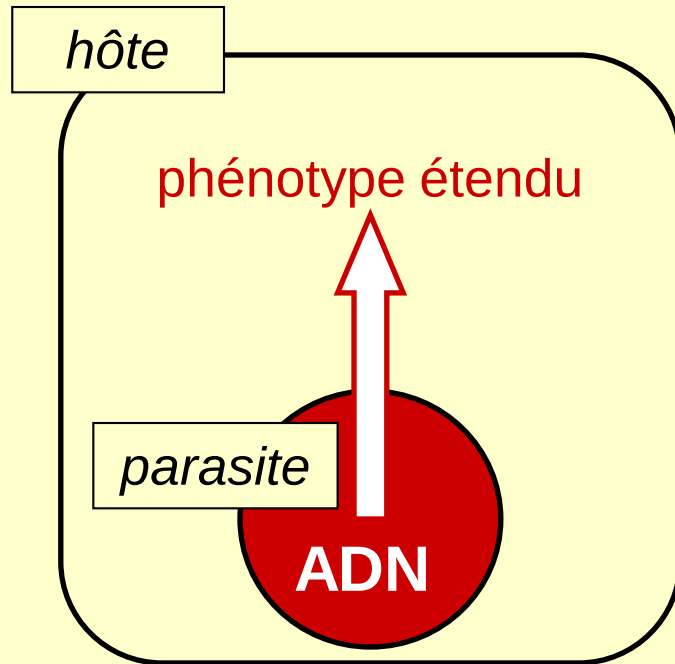
Les métacercaires de *Diplostomum spathaceum* s'accumulent dans le cristallin du poisson, ce qui diminue sa capacité de détecter son prédateur



3. En termes fonctionnels, la manipulation est un phénotype étendu, au sens de Richard Dawkins :

Les gènes de l'un des partenaires s'expriment dans le phénotype de l'autre.

phénotype étendu = expression des gènes
du parasite dans le phénotype de l'hôte (à gauche) ou, inversement, des
gènes de l'hôte dans le phénotype du parasite (à droite)



« PHENOTYPE ETENDU »:

définition dans

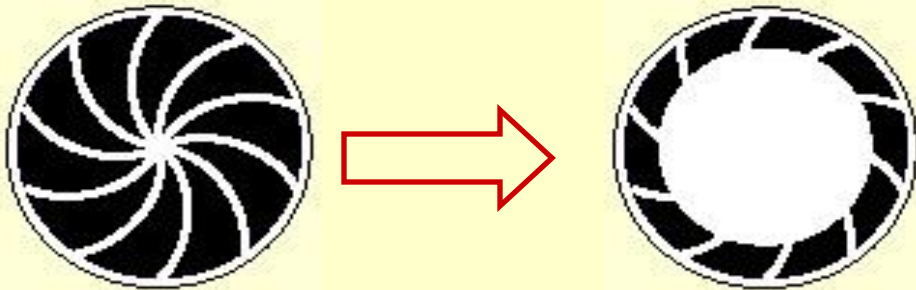
R. Dawkins, 1982.

The extended phenotype, Oxford University Press, Oxford

Par exemple...

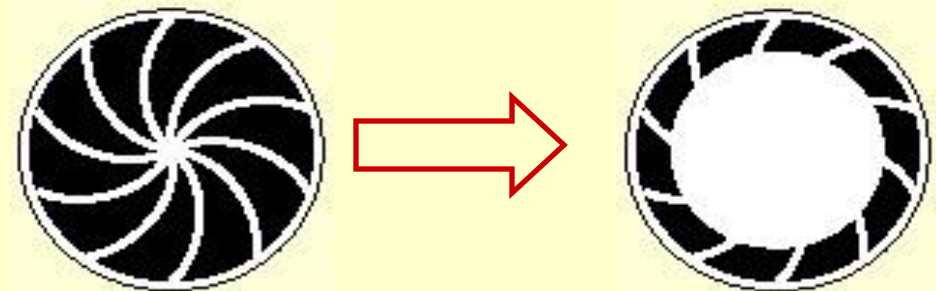
**au niveau du filtre de
rencontre :**

l'extension du phénotype du
parasite chez un vecteur
accroît le taux de rencontre
avec un prédateur hôte définitif



**au niveau du filtre de
compatibilité :**

l'extension du phénotype du
parasite chez un hôte accroît le
taux de survie par une
immuno-suppression



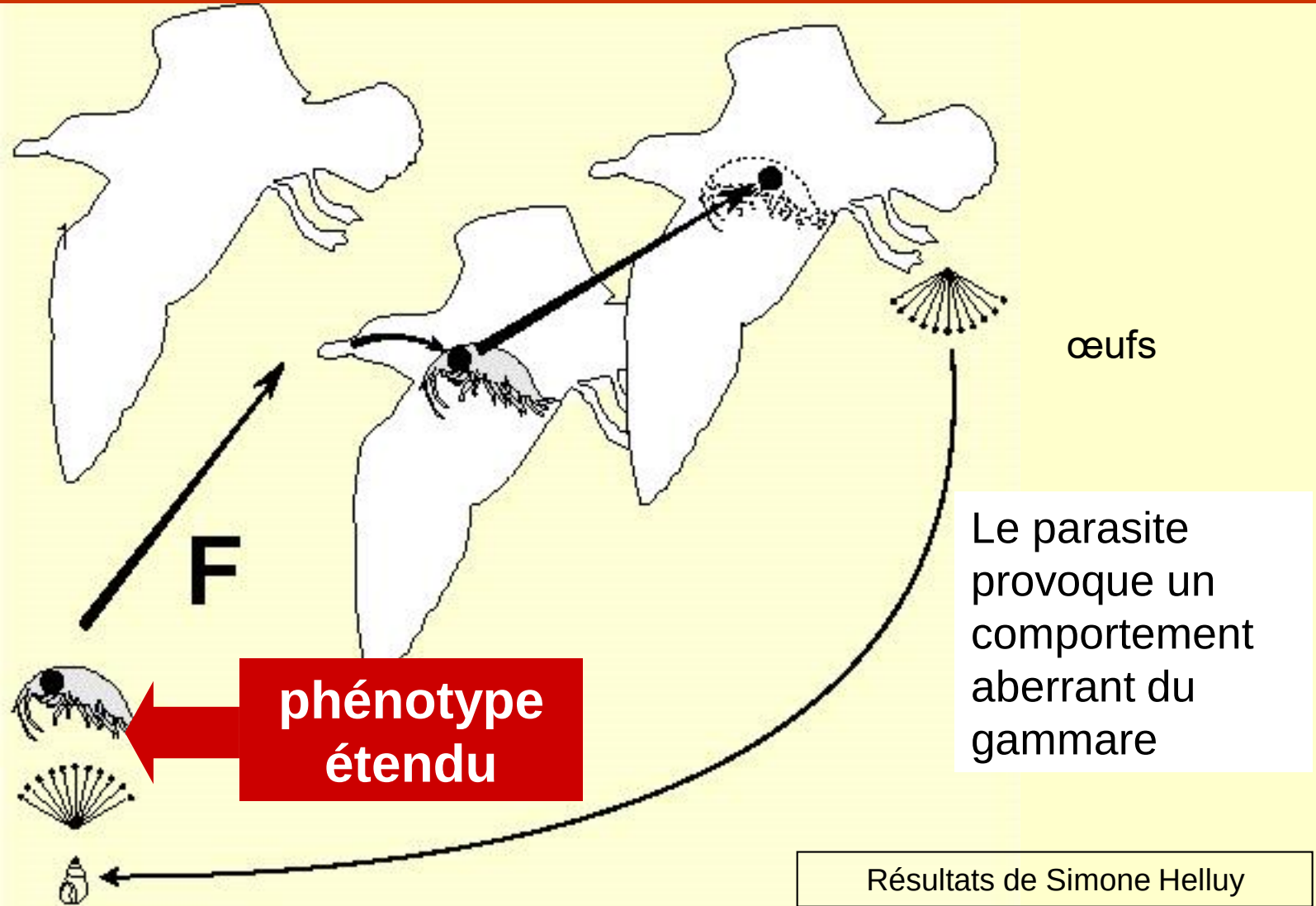
Un exemple de manipulation qui accroît la rencontre: le trématode *Microphallus papillorobustus*

Larus

Gammarus

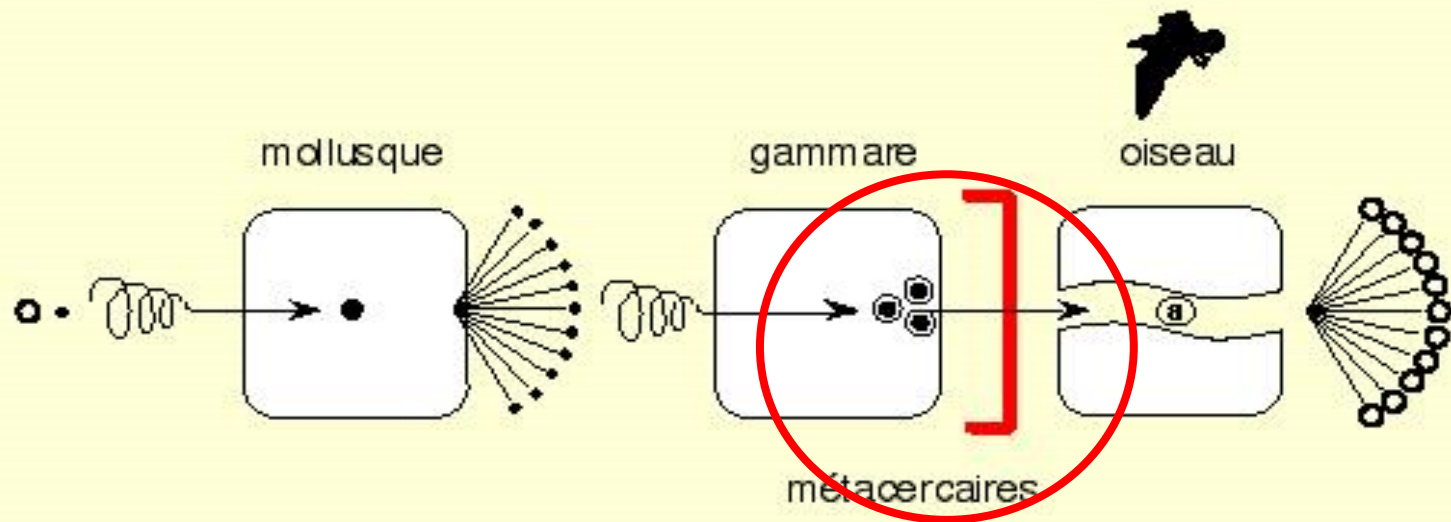
cercaires

Hydrobia



Comment les trématodes adressent-ils des stimuli à l'hôte-aval: l'altération du comportement de fuite de l'hôte-amont

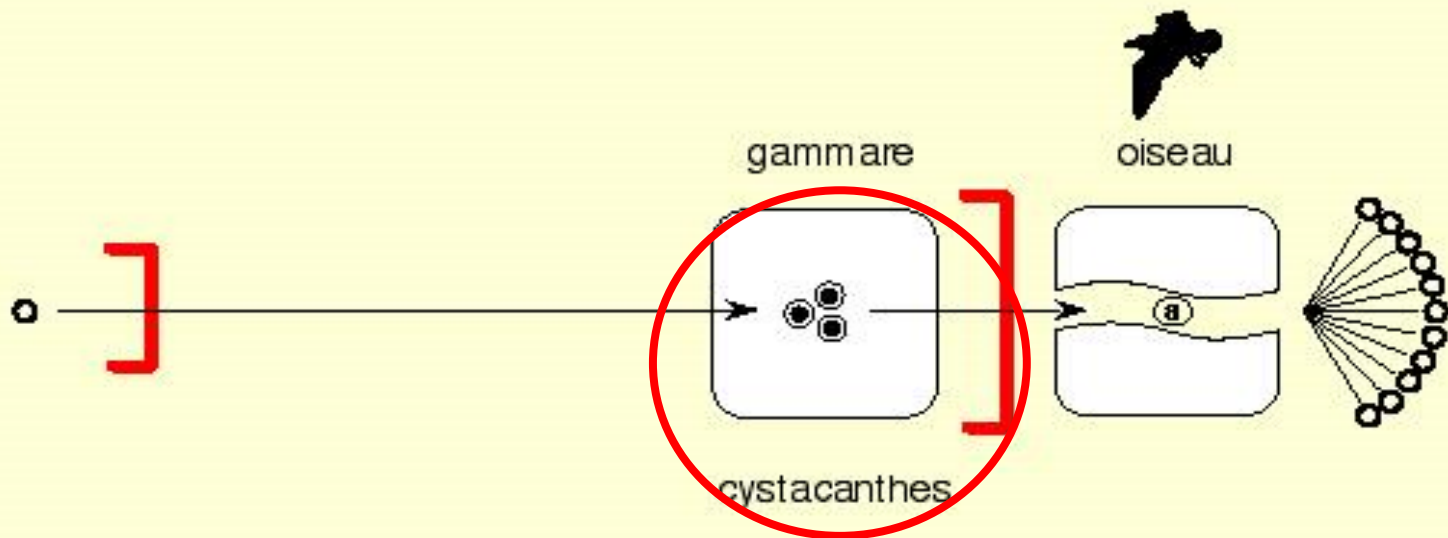
S. Helluy a montré que les métacercaires s'accumulent dans la tête du gammare, dont le comportement devient aberrant. L'effet est-il mécanique ou biochimique?



Microphallus papillorobustus

Comment l'acanthocéphale *Polymorphus* adresse des stimuli à l'hôte-aval: l'altération du comportement de fuite de l'hôte-amont

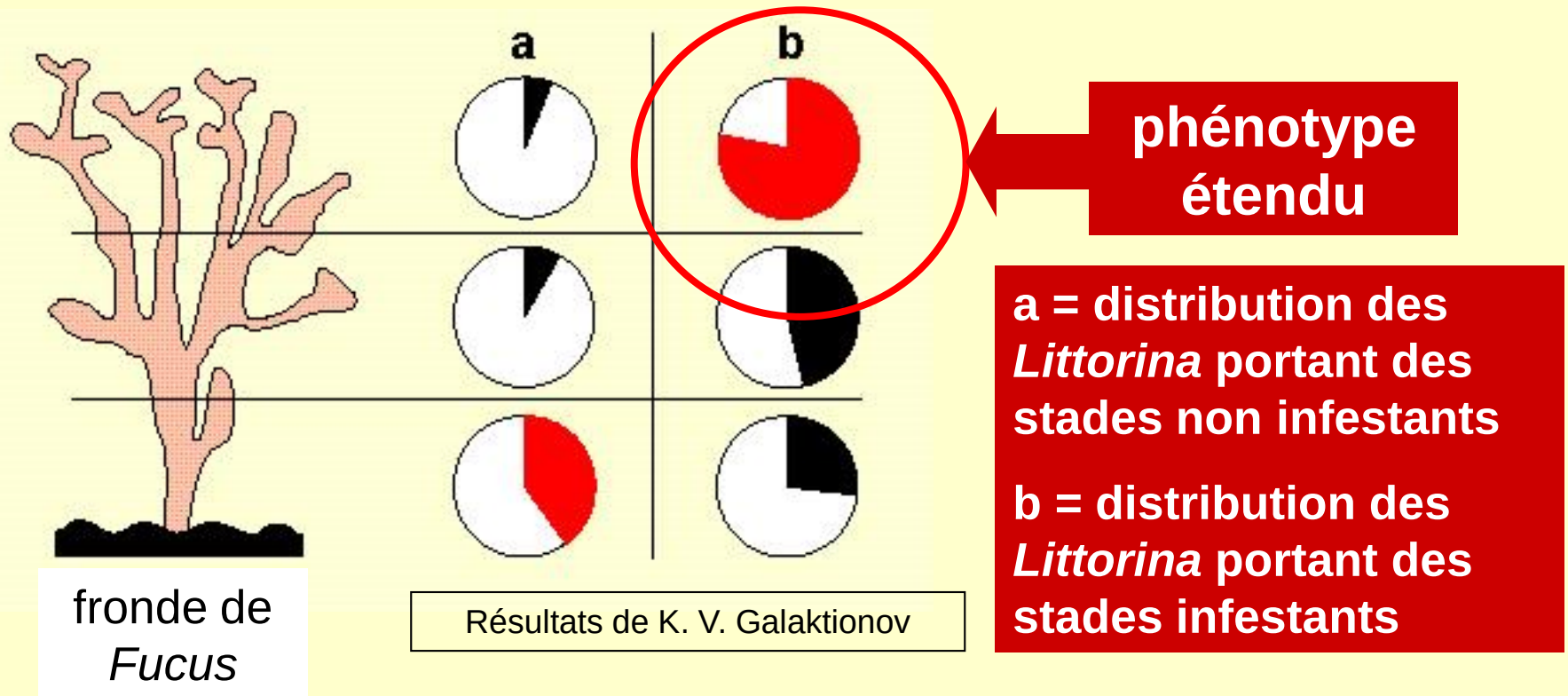
Mais dans le cas de l'acanthocéphale *Polymorphus paradoxus*, l'effet sur l'hôte est semblable, alors que les parasites se situent à l'écart du cerveau. Cela est en faveur de l'hypothèse de la production par le parasite d'un signal moléculaire



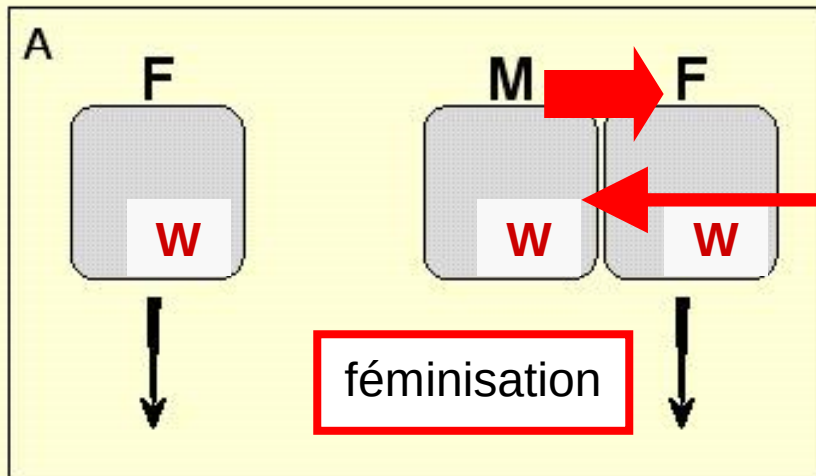
Polymorphus paradoxus

Un autre exemple de manipulation qui accroît la rencontre: le trématode *Microphallus pygmaeus*

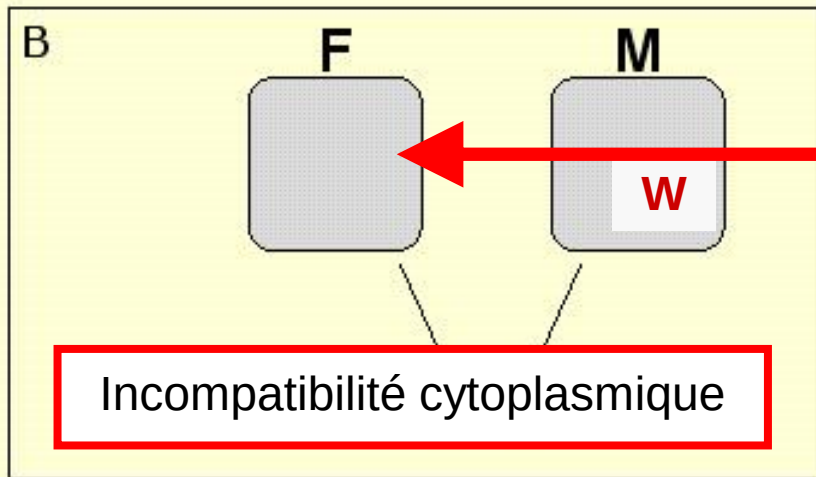
Ici, la transmission est directe du mollusque à l'oiseau: les mollusques infestants abandonnent leurs habitats protégés et « s'offrent » à la prédation par les oiseaux marins



Un autre exemple de manipulation qui accroît la rencontre: les bactéries *Wolbachia*



Ce mâle ne transmettra *Wolbachia* que si celle-ci le transforme en femelle



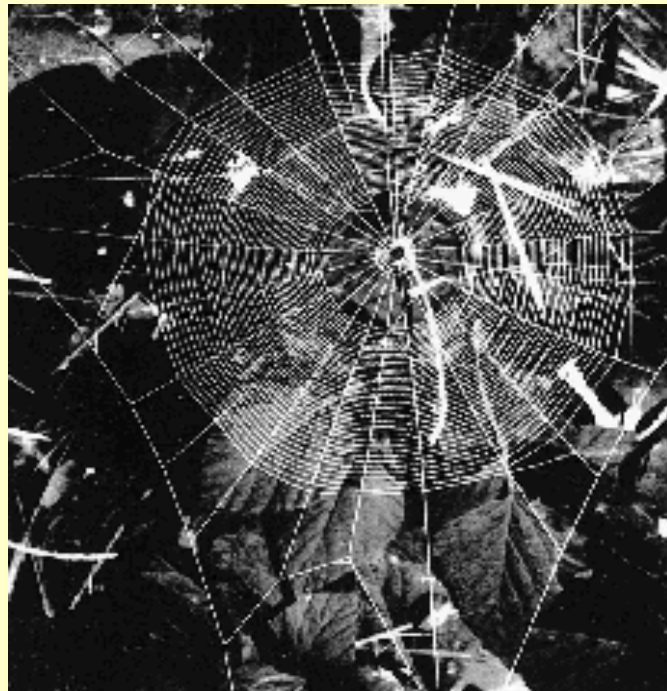
Cette femelle saine n'aura pas de descendance si elle est fécondée par un mâle porteur de *Wolbachia*

Un exemple de manipulation qui accroît la survie: le système *Hymenoepimecis* - *Plesiometa*

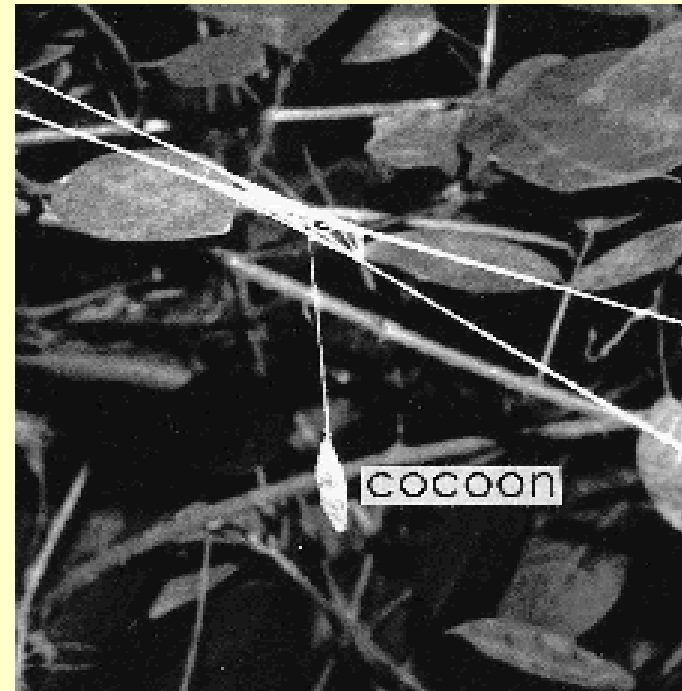
Hymenoepimecis argyraphaga est une guêpe parasitoïde,
Plesiometa argyra est son araignée hôte.

1. La guêpe femelle pond ses œufs dans les araignées.
2. La larve se développe dans le corps de l'araignée.
3. La nuit qui précède l'entrée en métamorphose de la larve de guêpe, l'araignée, au lieu de tisser une toile « normale », tisse - juste avant de mourir - un cocon protecteur autour de la larve de guêpe...
4. Plusieurs observations suggèrent que le signal manipulateur du comportement de l'araignée est de nature biochimique.

W. G. Eberhard (*Nature*, 2001)



La toile « normale »



La toile « manipulée »

Photos W. G. Eberhard (*Nature*, 2001)

**UNDER THE INFLUENCE: WEBS AND BUILDING BEHAVIOR
OF *PLESIOMETA ARGYRA* (ARANEAE, TETRAGNATHIDAE)
WHEN PARASITIZED BY *HYMENOEPIMECIS ARGYRAPHAGA*
(HYMENOPTERA, ICHNEUMONIDAE)**

Un autre exemple de manipulation qui accroît la survie: le système *Stichotrema*-insecte-hôte

Stichotrema est un strepsiptère, ses hôtes sont des insectes.

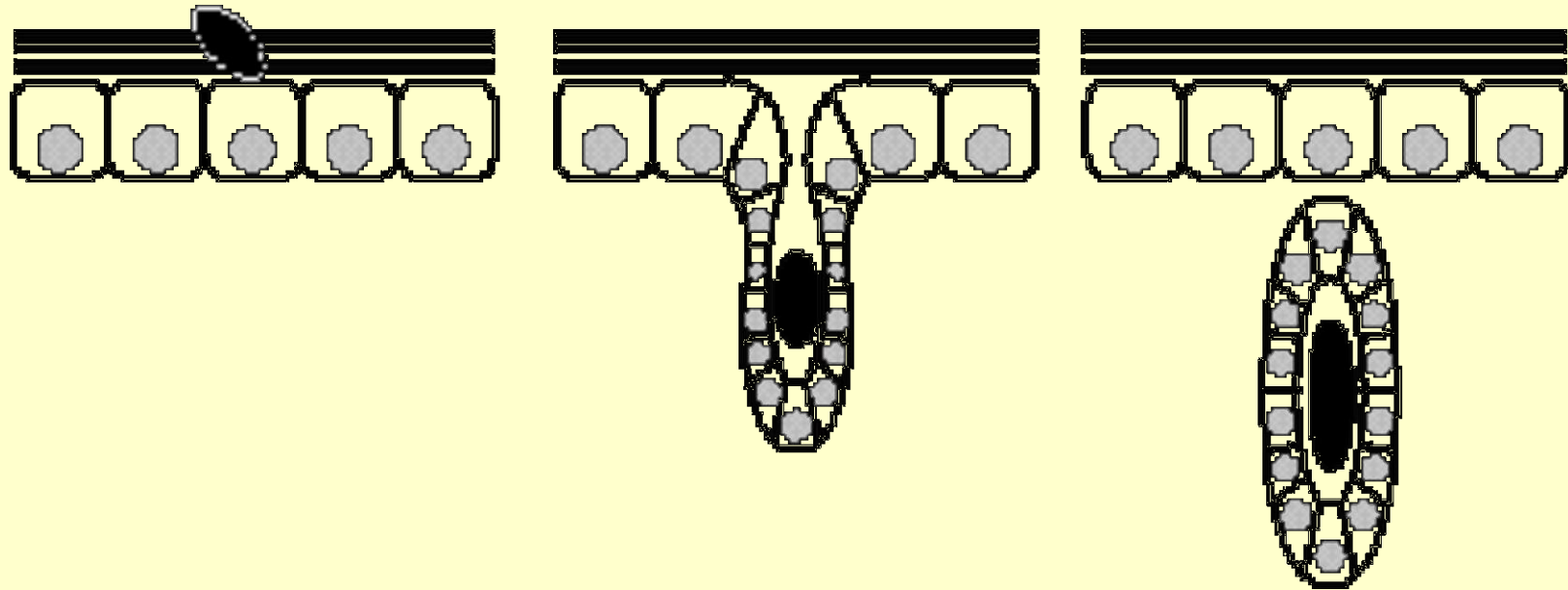
La larve du strepsiptère traverse la cuticule de l'insecte et arrive au contact de l'épiderme.

Celui-ci reçoit alors du parasite des signaux moléculaires qui provoquent une multiplication des cellules.

Le résultat est un sac qui enveloppe entièrement le parasite et interdit l'accès des hémocytes de l'hôte !!!

Kathirithamby et al., 2003. "Masquerading as self. Endoparasitic Strepsiptera (Insecta) enclose themselves in host-derived epidermal bag". Proc. Nat. Acad. USA.

Un autre exemple de manipulation qui accroît la survie:
le système *Stichotrema*-insecte-hôte



Encore un exemple de manipulation qui accroît la survie: l'une des stratégies des schistosomes

Aussitôt après avoir pénétré la peau, les schistosomules secrètent une molécule qui « ordonne » aux lymphocytes T de déclencher leur mort génétique programmée, c'est à dire de se suicider au lieu de combattre...

James E. R. & Green D. R., 2004. Manipulation of apoptosis in the host-parasite interaction. Trends in Parasitology 20: 280-286

L'homme est-il manipulé par certains parasites?

Réponse: on pense bien entendu à l'éternuement qui dissémine les virus, au prurit anal qui conduit les enfants à disséminer les œufs d'oxyures, etc.

Mais il y a peut-être plus inquiétant...

Des enquêtes ont conduit les chercheurs à conclure que certains parasites, comme les *Toxoplasma* (souvent présents à l'état de kystes dans le système nerveux), pourraient influencer la personnalité des humains

(travaux de Flegr et coll. de 1994 à 2005).

La manipulation est un franchissement de la barrière d'espèce au cours de la relation gène-caractère: l'information génétique se trouve chez l'un des partenaires, l'expression du caractère dans l'autre.

Ce passage d'information est rendu possible par l'unicité du monde vivant: universalité du code génétique et des processus biochimiques en général.

Le franchissement de la barrière d'espèce est le plus souvent analysé dans le sens pathogène vers hôte du pathogène. Il est cependant tout aussi fréquent dans l'autre sens.

En voici un exemple...

La guêpe parasitoïde *Copidosoma* se développe dans les chenilles du papillon de nuit *Trichoplusia*. Un œuf unique donne naissance à 3.000 embryons dont la métamorphose est strictement synchronisée avec le démarrage de celle de l'hôte.

Des expériences de transplantation ont montré que les ecdystéroïdes de l'hôte (hormone ecdysone) sont le facteur déclenchant de la métamorphose des larves du parasitoïde.

D'une manière plus générale, les hôtes contrôlent (limitent) le développement des parasites par des signaux moléculaires encore mal connus mais faisant partie des mécanismes de défense au sens large.

Comme le montrent les exemples qui précèdent, pris dans le groupe des trématodes, le type 4 de favorisation (manipulation du phénotype de l'USH et stimuli adressés au DSH) est l'un des plus répandus.

Cependant, peu de tests de prédation ont été faits pour prouver la réalité de la favorisation.

Les recherches sur le cycle de *Euhaplorchis californiensis* sont parmi les rares qui échappent à cette critique.

Les métacercaires d'*Euhaplorchis californiensis* envahissent (jusqu'à 3000 par hôte) la boîte crânienne du poisson marin *Fundulus parvipennis*. L'adulte du parasite se développe chez des oiseaux marins qui se contaminent en ingérant les poissons.

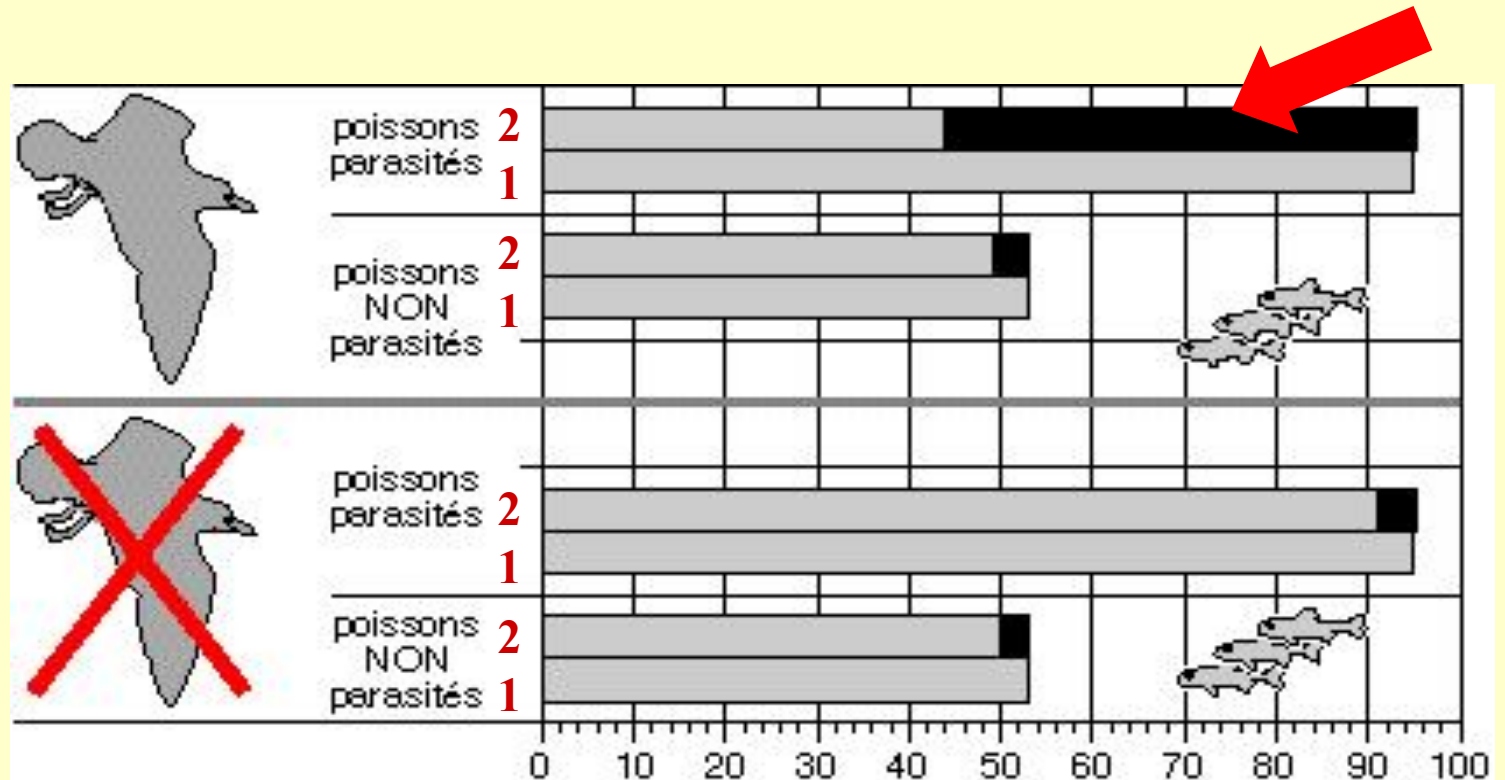
Les poissons parasités ont un comportement très différent de celui des poissons sains : ils font des séjours fréquents près de la surface et ont des mouvements désordonnés.

Notamment, ils exposent fréquemment leur ventre clair vers la surface.

Les expériences en bassins extérieurs de K. Lafferty et K. Morris démontrent que les poissons parasités sont 30 fois plus nombreux à être capturés par les oiseaux que les poissons sains.

Résultats de K.
Lafferty et K.
Morris sur le
trematode
Euhaplorchis
californiensis

D'après
C. Combes,
2003. « *L'art
d'être
parasite* »,
Flammarion,
Collection
« Champs »
Paris



nombre de poissons
(**1** = début de l'expérience, **2** = fin de l'expérience
en noir, poissons « manquants »)

On peut déduire de ce qui précède que le rôle des parasites pourrait être primordial dans la circulation de l'énergie dans les écosystèmes.

Certains écologues vont jusqu'à considérer que les parasites contrôlèrent le fonctionnement de certaines chaînes alimentaires et se comporteraient comme des « mutualistes » des prédateurs...