



HAL
open science

Histoires de rencontres amoureuses

Michel Renou, Denis Thiery, Edith Pajot, Birte Nielsen, Matthieu Keller,
Mark Hewison, Jacques Labonne, Marie-Christine Maurel, Claude Fabre-Nys,
Elisabeth Blesbois, et al.

► **To cite this version:**

Michel Renou, Denis Thiery, Edith Pajot, Birte Nielsen, Matthieu Keller, et al.. Histoires de rencontres amoureuses. INRA Presse Info, 2012, 15 p. hal-01191231

HAL Id: hal-01191231

<https://hal.science/hal-01191231v1>

Submitted on 29 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

PRESSE

Dossier

Histoires de rencontres
amoureuses

La reproduction et les comportements
sexuels animaux vus par l'INRA



INRA

Janvier 2012

Il n'y a pas que le sexe dans la vie ! Et pourtant... Chez les animaux notamment, le sexe est au cœur d'une fonction essentielle à la survie des espèces : la reproduction. Dame Nature a tout de même ajouté une touche de poésie à la rencontre sexuelle animale qui s'apparente alors à une rencontre amoureuse. Cette dernière connaît plusieurs temps : la recherche d'un partenaire, puis l'attirance et la préférence... qui mènent à l'accouplement.

Pour attirer un partenaire, l'odeur joue un rôle primordial : les phéromones sont une véritable arme de séduction à laquelle les insectes succombent irrésistiblement. Dans le cas des mammifères, lorsqu'elle coïncide avec la période ovulatoire d'une femelle, l'odeur peut également être source d'excitation pour le mâle.

La femelle se montre parfois sélective dans le choix de son partenaire sexuel. Ses critères de préférence sont alors surprenants. Ainsi s'aventure-t-elle vers de nouveaux territoires pour s'apparier, telle la femelle chevreuil, d'ordinaire sédentaire. Dans d'autres cas, l'élu sera un partenaire capable de protéger sa progéniture.

La reproduction chez l'animal fait aussi appel à l'insémination artificielle, courante en élevage. L'INRA consacre de nombreuses recherches à des méthodes innovantes en matière de reproduction, allant dans le sens de la durabilité.

Dans ce dossier : des résultats inédits, des révélations étonnantes, la reproduction et les comportements sexuels animaux vus par l'INRA.

L'amour a-t-il une odeur ?

Le parfum de l'amour	p. 4
D'excitants effluves	p. 6
La puberté prend de l'avance	p. 7

Chacun sa préférence

Quand l'herbe est plus verte ailleurs	p. 8
Bon père, bon partenaire ?	p. 9

Les artifices de la reproduction

Pour une reproduction durable	p. 10
Froid de canard sur les semences	p. 12

Bêtes de sexe

Le saumon de plus en plus précoce	p. 13
Il n'y a pas que le sexe dans la vie !	p. 14



Accouplement de papillons *Antheraea*

Le parfum de l'amour

Libérées par la plupart des espèces animales, y compris l'homme, les phéromones sont l'un des principaux vecteurs de communication chimique. Ces substances, particulièrement importantes dans la reproduction sexuelle de nombreuses espèces d'insectes, trouvent d'intéressantes applications en agriculture. Les chercheurs de l'INRA ont mis au point de nouvelles méthodes de lutte contre les insectes ravageurs, basées sur l'utilisation de phéromones.

Pour beaucoup d'animaux, l'univers est olfactif avant d'être visuel ou auditif. Parfums de fleurs, odeurs de fruits, relents de prédateurs et fragrances de partenaires sexuels potentiels guident à tout moment leur comportement. Parmi ces messagers olfactifs, on trouve les phéromones. Ces substances chimiques, propres à chaque espèce, sont libérées dans le milieu extérieur et déclenchent chez un autre individu un comportement ou une réaction physiologique spécifique. Elles constituent le principal mécanisme de communication de nombreux insectes dont l'odorat est parmi le plus développé du monde vivant. Les phéromones sexuelles, en particulier, jouent un rôle essentiel pour la reproduction.



Une phéromone pour chaque instant de la vie

Il n'y a pas que les phéromones sexuelles dans la nature. Voici quelques-unes des différentes phéromones utilisées par les animaux :

- **Phéromones de territoire** : lorsqu'un chien laisse sa marque d'urine sur un réverbère, c'est ce type de phéromones qu'il dépose.
- **Phéromones de piste** : elles permettent par exemple aux fourmis de suivre un même chemin pour aller de la fourmière à notre sucrier.
- **Phéromones d'alarme** : chez les abeilles, ces phéromones déclenchent immédiatement une défense agressive de la ruche.
- **Phéromones d'agrégation** : elles permettent aux espèces grégaires, cafards, charançons, punaises, d'infester un même lieu riche en nourriture.
- **Phéromones sociales** : elles assurent dans les sociétés d'insectes la cohésion et l'organisation de la colonie (ex : phéromone royale chez les abeilles).

● La nuit, laissez-vous guider par les odeurs...

Chez les papillons nocturnes, les chances d'un accouplement seraient très faibles sans émission et réception de phéromones. En émettant un signal odorant depuis une glande abdominale, la femelle attire le sexe opposé. Chaque espèce possède sa propre phéromone, très souvent un mélange de plusieurs molécules volatiles. Libérée en très faibles quantités, entre 1 et 100 milliardièmes de grammes, elle est pourtant perçue par les mâles à plusieurs centaines de mètres à la ronde. Le signal les invite à remonter le panache odorant pour retrouver la femelle.

D'importantes recherches ont été menées à l'INRA depuis les années 70 sur les phéromones des papillons de nuit qui ont une action dévastatrice en particulier sur les cultures maraîchères, le maïs, la vigne ou les fruits. Elles ont permis notamment d'identifier les phéromones des principales espèces de ravageurs afin d'en réaliser la synthèse chimique, mais aussi les mécanismes comportementaux et neuronaux mis en jeu. Ces travaux ont été conduits à des fins expérimentales d'abord, puis pour la conception de nouvelles méthodes de lutte contre les ravageurs.

Les mécanismes de l'olfaction impliqués dans la communication phéromonale des insectes sont maintenant bien connus. On sait que les antennes sont équipées de neurones olfactifs munis de récepteurs membranaires très spécifiques pour les phéromones. On sait aussi que des zones du cerveau de l'insecte comportent des structures dédiées au traitement des informations nerveuses fournies par ces neurones. De ce fait, des molécules antagonistes pourraient bloquer ces récepteurs, empêchant la détection du signal et, par conséquent, la rencontre des sexes.

D'autres recherches sont en cours sur les facteurs environnementaux qui modulent la réponse comportementale de l'insecte à la phéromone. Ainsi, les odeurs végétales, en présence de la phéromone, peuvent-elles modifier le comportement de l'insecte : les mâles de plusieurs espèces de papillons sont plus attirés, par exemple, par des mélanges de phéromone et de composés volatils provenant de plantes dont se nourrissent les chenilles ou de fleurs visitées par ces papillons. Mieux comprendre ces synergies entre odeurs végétales et phéromones pourrait permettre le développement de nouvelles stratégies de lutte contre les ravageurs, et l'amélioration des méthodes de piégeage sexuel.



La confusion sexuelle en chiffres

- 100 000 hectares de vigne environ sont protégés par confusion sexuelle en Europe.
Environ 20 000 hectares en France d'un vignoble qui fait un peu moins de 900 000 ha.
Environ 60 000 hectares en Allemagne.
- 5 ha : c'est la surface minimum conseillée qu'il faut traiter par confusion sexuelle pour que la méthode soit efficace.
- 500 : c'est le nombre homologué de diffuseurs à placer pour protéger un hectare de vigne.
- 200 à 250 euros : c'est le prix à payer, selon le type de diffuseur, pour protéger un hectare de vigne par confusion sexuelle pendant 5 mois.

● Quand les papillons en perdent la raison

Les phéromones sont déjà une arme couramment employée pour lutter contre les papillons nocturnes. La méthode dite de confusion sexuelle protège en effet de nombreuses cultures, vignes, pommes, prunes, maïs, coton, des dégâts provoqués par les micro-lépidoptères de la famille des torricidés (tordeuses).

Les entomologistes du centre INRA Bordeaux-Aquitaine ont ainsi beaucoup travaillé sur cette méthode de protection dans le cas de la vigne. L'idée de la confusion sexuelle est toute simple : il s'agit de détourner la fonction des phéromones pour gêner la reproduction des papillons de nuit. En saturant l'espace cultivé de phéromones sexuelles attractives, on empêche ainsi par différents mécanismes les mâles et les femelles de se rencontrer. On peut y parvenir en utilisant différentes techniques de diffusion d'odeurs destinées à libérer régulièrement des phéromones de synthèse. Les mâles, devant cette effusion massive d'odeurs attractives ne savent plus où donner de la tête. De plus, un résultat récent indique que les femelles modifient aussi leur comportement et leur succès reproducteur. Les chercheurs testent ainsi le rôle de la phéromone sexuelle comme régulateur de la compétition sexuelle des femelles sur un territoire donné. Au final, le taux d'accouplement chute sans tuer un seul insecte, et les grappes sont protégées tout au long de la saison.

Piège à phéromones dans les vignes



● La confusion sexuelle, une méthode respectueuse de l'environnement

L'impact de cette méthode sur l'environnement est infiniment moindre que la technique habituelle d'aspersion d'insecticides. Pourtant, bien qu'elle ait démontré son efficacité, seuls 3% des vignobles français sont aujourd'hui protégés par confusion sexuelle. Un chiffre bien bas comparé à ceux de la Suisse et de l'Allemagne, où respectivement, 43% et 65% des vignobles bénéficient de cette technique. Pourquoi cette différence ? D'une part, l'habitude qui pousse à l'utilisation de pesticides, mais surtout l'absence de subventions qui, en France, a limité le développement de la confusion sexuelle. En effet, la confusion sexuelle reste plus onéreuse et requiert l'accrochage manuel des diffuseurs. Mais les temps et les mentalités changent. Grâce au Grenelle de l'Environnement et aux efforts réalisés pour limiter l'utilisation des pesticides, les phéromones semblent faire l'objet d'un regain d'intérêt en France.

Contacts scientifiques

Michel Renou
Unité Physiologie de l'insecte :
signalisation et communication
Centre INRA Versailles
Michel.Renou@versailles.inra.fr
01 30 83 32 32

Denis Thiéry
Unité Santé et agroécologie du vignoble
Centre INRA Bordeaux-Aquitaine
Denis.Thiery@bordeaux.inra.fr
05 57 12 26 18



D'excitants effluves

L'odeur de l'œstrus¹ n'est pas propre à chaque espèce, comme le démontrent des expériences menées par des chercheurs de l'INRA. Ceux-ci ont pu identifier cinq molécules odorantes qui, chez la rate, la jument et la renarde, indiquent le moment où elles sont dans leur période d'œstrus. Cette découverte pourrait être à la base de biosenseurs olfactifs² capables de reconnaître l'œstrus chez les animaux d'élevage et permettant ainsi de cibler précisément les périodes favorables à une insémination.

Comme souvent en science, la découverte provient d'un hasard heureux : des chercheurs de l'INRA voulaient savoir si l'odeur des excréments de renard provoquaient un comportement de peur chez les rats. Le résultat fut pour le moins inattendu : l'odeur causait non seulement la peur mais aussi des érections chez les mâles. Les fèces, comme ils l'ont remarqué par la suite, provenaient d'une renarde en période d'œstrus.

● Trois espèces, une même odeur

Les chercheurs ont répété l'expérience avec des fèces de rate et de jument en chaleur, obtenant les mêmes résultats : les rats mâles ont prouvé qu'ils reconnaissent l'odeur d'œstrus par des érections. Pour la première fois, il était démontré qu'une espèce pouvait être excitée sexuellement par des odeurs provenant d'une autre espèce.

Poursuivant leur étude, les chercheurs ont réalisé une analyse sur les molécules volatiles dégagées par ces excréments et isolé cinq composés chimiques communs aux trois espèces, cinq acides carboxyliques. Ces molécules étaient en moindre concentration dans les excréments des femelles en période d'œstrus. Les chercheurs ont ensuite fait sentir aux rats des mélanges contenant ces molécules à différentes concentrations. Ainsi ont-ils été les premiers à obtenir un mélange artificiel susceptible de provoquer l'érection chez le rat.

Un nez artificiel présent partout

Les chercheurs pensent à d'autres applications pour ces biosenseurs :

- Diagnostic médical par la détection d'odeurs corporelles associées à des pathologies comme le cancer, la schizophrénie ou l'asthme.
- Contrôle de processus industriels ou naturels comme le développement d'arômes ou la maturation de fruits.
- Sécurité par la détection d'explosifs ou de drogues.
- Sécurité alimentaire par la détection de produits toxiques.

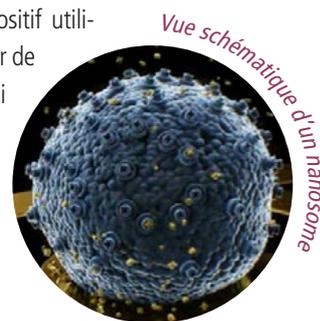
¹ **Œstrus** : période durant laquelle une femelle mammifère est fécondable et recherche l'accouplement en vue de la reproduction.

² **Biosenseur olfactif** : dispositif d'origine biologique permettant la détection d'odeurs.

● Des biosenseurs qui ont du nez

En quoi la reconnaissance d'une odeur signature de l'œstrus peut-elle être intéressante ? Une autre équipe de chercheurs INRA de la même unité, impliquée dans le projet européen collaboratif « BOND »³, est chargée de mettre au point des biosenseurs olfactifs. Ces biosenseurs exploiteront les récepteurs présents chez l'animal à la surface des neurones olfactifs chargés de détecter les odeurs. Pour réaliser les biosenseurs, les chercheurs identifient d'abord les récepteurs permettant de détecter l'odeur cible ; ils les font synthétiser ensuite par une levure modifiée. A partir de cette levure, ils préparent des nanosomes, petites sphères de 100 nm de diamètre portant à leur surface les récepteurs voulus. La présence de la molécule odorante modifie de façon détectable les propriétés électriques des récepteurs et des nanosomes déposés sur des électrodes.

Les chercheurs imaginent déjà un dispositif utilisant des biosenseurs spécifiques à l'odeur de l'œstrus. Les éleveurs disposeraient ainsi d'un moyen simple et rapide pour identifier le moment exact où leurs juments, leurs vaches ou leurs brebis sont prêtes à être inséminées.



Vue schématique d'un nanosome

³ **BOND (Bioelectronic Olfactory Neuron Device)** : projet européen pour le développement d'une nouvelle génération de nez bioélectroniques basés sur les récepteurs olfactifs, pour la détection d'odeurs cibles (<http://bondproject.org>).

Contacts scientifiques

Edith Pajot
edith.pajot@jouy.inra.fr – 01 34 65 25 64

Birte Nielsen
birte.nielsen@jouy.inra.fr – 01 34 65 24 12
Unité Neurobiologie de l'olfaction
et modélisation en imagerie
Centre INRA Jouy-en-Josas



La puberté prend de l'avance

La puberté survient chez les jeunes souris femelles à l'âge de 30 à 32 jours. Mais si l'on expose des femelles pré-pubères à des odeurs de mâle contenues dans l'urine ou de la litière souillée, leur puberté est avancée de deux ou trois jours, ce qui, dans la courte vie d'une souris, n'est pas négligeable. Des chercheurs de l'INRA s'intéressent à ce phénomène, connu depuis les années 60 sous le nom d'« effet Vandenberg ».

La fonction de reproduction peut être contrôlée par de nombreux facteurs de l'environnement et en particulier par les signaux sociaux provenant de partenaires sexuels potentiels. Parmi ces signaux, les informations olfactives jouent un rôle prépondérant dans les relations entre mâles et femelles, tant au niveau physiologique que comportemental.

● Effet mâle sur l'apparition de la puberté

En particulier chez les rongeurs, il a été montré que l'exposition à des odeurs de mâle accélérerait l'apparition de la puberté chez la femelle et ainsi sa capacité reproductive. Une femelle pré-pubère exposée à des odeurs de mâle à partir du sevrage (21 jours d'âge) présente une ouverture vaginale plus précoce (un signe externe d'apparition de la puberté) ainsi qu'un poids plus important de l'utérus, un tissu sensible à la montée d'œstrogènes.

Ce sont les phéromones contenues dans l'urine des souris mâles et liées au taux de testostérone qui déclenchent cet effet baptisé « Vandenberg ». L'urine de mâles castrés ne produit aucun effet sur les jeunes souris.

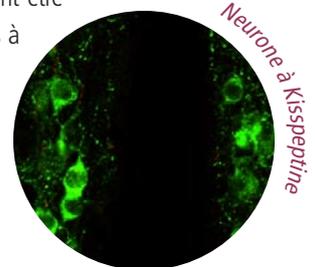
Que d'effets mâles...

En plus de l'effet Vandenberg, les souris mâles produisent d'autres réactions chez les femelles qui ont été largement étudiées :

- **Effet Bruce** : l'exposition d'une femelle enceinte à l'urine d'un mâle inconnu provoque une interruption de la gestation.
- **Effet Whitten** : lorsqu'un groupe de femelles souris est mis en présence d'un mâle, automatiquement leurs cycles ovulatoires se synchronisent.
- **Effet Lee-Boot** : lorsque, au contraire, un groupe de femelles est isolé des mâles pendant une période prolongée, leurs cycles menstruels s'allongent et peuvent même finir par être inhibés.

● Une odeur qui modifie le cerveau des souris

Des recherches menées à l'INRA tentent de mieux comprendre les circuits neuronaux impliqués dans cette accélération du développement pubertaire. Elles ont montré que l'exposition à ces phéromones émises par le mâle pouvait agir sur les neurones dits à Kisspeptine. Ces derniers sont situés au centre du cerveau, dans l'hypothalamus, et ils contrôlent la fonction de reproduction ainsi que l'arrivée de la puberté. L'exposition des souris aux odeurs de mâle induit un développement plus rapide de ce groupe de neurones. Les neurones à RFRPs pourraient être une deuxième cible. À l'inverse des neurones à Kisspeptine, ceux-ci inhibent la fonction de reproduction. Les phéromones libérées par le mâle, en bloquant l'action de ces neurones, pourraient ainsi causer le développement précoce des souris.



● Et pour le futur ?

Ces recherches pourraient déboucher sur des applications. Pour les éleveurs, on peut imaginer la mise au point d'odeurs qui accélèrent le développement pubertaire des animaux de ferme. Des applications médicales pourraient également voir le jour. En effet, si un mécanisme analogue existait chez l'Homme, il serait imaginable de traiter, grâce à des phéromones de cette nature, les personnes ayant des troubles du développement sexuel, ou des retards importants.

● Partenaire particulière cherche partenaire particulier

Les chercheurs de l'INRA ont étudié également les conséquences à plus long terme de cette exposition olfactive péri-pubère aux odeurs de mâles. Ils ont montré que cette exposition induisait chez la femelle une préférence plus précoce pour ces odeurs. Ces données suggèrent que les signaux olfactifs émis par un partenaire sexuel avant la puberté pourraient influencer le choix ultérieur de la femelle, une fois celle-ci apte à se reproduire.

Contact scientifique

Matthieu Keller
Unité Physiologie de la reproduction
et des comportements
Centre INRA Tours
Matthieu.Keller@tours.inra.fr - 02 47 42 72 75



Quand l'herbe est plus verte ailleurs...

La femelle du chevreuil serait volage... Elle s'offrirait parfois une petite escapade hors de son domaine habituel afin de rencontrer de nouveaux partenaires sexuels : c'est ce que semblent montrer les observations réalisées par des chercheurs de l'INRA. Selon eux, la chevrette ne se contenterait pas du mâle dominant le territoire qu'elle habite.

À la différence des cerfs, les chevreuils sont des animaux plutôt solitaires pendant la période de reproduction. De nature sédentaire, mâles et femelles occupent une aire de quelques dizaines d'hectares qu'ils ne quittent que très rarement. Dès le mois de mars, les mâles se dotent d'un territoire exclusif : toute intrusion d'un rival mène à un conflit, voire à un combat violent qui peut, dans de rares cas, conduire à la mort. Jusqu'à présent, on pensait que toutes les femelles résidant sur le territoire défendu par un mâle devaient accepter celui-ci comme partenaire sexuel. Mais de nouvelles observations menées par l'INRA semblent montrer quelques exceptions.

afin que leurs descendants ne souffrent pas de consanguinité. Une autre explication serait liée à l'œstrus* de la chevrette qui a lieu seulement une fois par an et dont la durée n'excède pas 36 heures : pour ne pas perdre cette occasion de s'apparier, la femelle du chevreuil se mettrait alors à la recherche d'un partenaire sexuel hors de son territoire si le mâle dominant est déjà occupé avec une autre femelle réceptive. Les chercheurs évoquent une troisième hypothèse selon laquelle la femelle déjà fécondée, pourrait être harcelée durant cette période par les attentions d'un mâle territorial trop entreprenant et tâcherait de le fuir.

Les chevreuils en France

On estime le nombre de chevreuils en France à près d'un million et demi. Ceux-ci sont répartis sur tout le territoire, sauf les bords de mer et la très haute montagne. Ils vivent essentiellement en forêt mais ils s'adaptent très bien aux paysages mixtes ou fragmentés. Chassés sur 87 départements français, leur population ne cesse pourtant d'augmenter, tout comme la surface boisée en France. En Europe, on les trouve de l'Espagne jusqu'au cercle arctique en Scandinavie.



Jeune chevrette équipée d'un collier GPS

● Quand le mâle dominant ne suffit plus

Des chercheurs de l'INRA ont étudié une population de chevreuils habitant les coteaux de Gascogne, au sud-ouest de Toulouse. Ils ont équipé de colliers GPS une trentaine de femelles afin de suivre leurs déplacements durant un cycle annuel. Il apparaît que lors de la période du rut, qui survient de la mi-juillet à la mi-août, presque la moitié des femelles adultes s'offre une ou deux petites excursions pouvant les mener jusqu'à cinq ou six kilomètres hors de leur domaine vital habituel. Une distance largement suffisante pour choisir d'autres mâles.

Comment expliquer ce comportement ? Les chevreuils adultes étant sédentaires, ceux qui habitent un secteur donné peuvent présenter un risque de consanguinité. Or, la consanguinité tend à affaiblir une population. Il se pourrait que les femelles chevreuils, par ces excursions, cherchent à s'accoupler avec un mâle qui ne leur soit pas apparenté

Les chercheurs pensent déjà à de nouvelles campagnes d'observation, à des analyses de paternité et à des expériences avec des chevreuils en semi-captivité, afin de mieux comprendre les surprenantes escapades reproductrices de la femelle chevreuil.

Prendre un chevreuil au filet

Attraper une trentaine de femelles et les équiper de colliers GPS n'est pas une tâche facile ! Pour cela, les chercheurs, ont dû installer 4 km de filets (80 panneaux de 50 m de long pour 2 m de haut) autour d'une zone habitée par ces animaux. Puis, avec l'aide d'étudiants de lycées agricoles, ils ont organisé des battues pour diriger les chevreuils vers les filets. Les animaux ainsi pris ont été introduits dans des caisses de contention. Là, les chercheurs leur ont posé le collier GPS et ont effectué des prélèvements de peau et de sang avant de les relâcher. Ces captures ont été faites avec l'accord de la préfecture et des chasseurs locaux.

* **Œstrus** : période durant laquelle une femelle mammifère est fécondable et recherche l'accouplement en vue de la reproduction.

Contact scientifique

Mark Hewison
Unité Comportement et écologie
de la faune sauvage
Centre INRA Toulouse
Mark.Hewison@toulouse.inra.fr - 05 61 28 51 23





Truite Fario

Bon père, bon partenaire ?

Difficile d'être une truite femelle au milieu de mâles indéclicats. Ces derniers prennent parfois la fâcheuse habitude de manger les œufs qu'elle vient de pondre. Pour défendre ses petits, la femelle pourrait alors préférer un partenaire sexuel disposé à chasser les cannibales. D'après les observations menées à l'INRA sur des populations sauvages habitant les rivières pyrénéennes, les femelles auraient leurs petites astuces pour faire le bon choix.

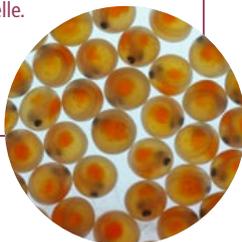
Les truites constituent un modèle très intéressant pour étudier les soins que fournissent les parents à leur descendance. On le sait, certaines espèces animales procurent des soins parentaux attentionnés tandis que d'autres abandonnent leurs petits à leur sort. Cependant, il existe très peu d'espèces chez qui, à l'instar de la truite, les soins paternels soient présents mais facultatifs.

● Les pilleurs de nids

Au moment de la reproduction, la femelle truite creuse un nid pour y pondre ses œufs. Une poignée de mâles vient alors se battre autour d'elle pour l'accaparer, tout en essayant de lui faire la cour. La femelle choisit à ce moment un mâle à son goût. Puis, après la fécondation, surviennent parfois des actes d'oophagie (consommation d'œufs par des adultes). Les hivers sont rudes, et les mâles affamés peuvent choisir de profiter de cette nourriture disponible. De plus, dans le cadre d'une compétition entre individus, détruire la progéniture d'un adversaire peut favoriser la sienne. Mais ce phénomène n'est pas systématique : dans certaines rivières, 40% des nids sont pillés par les mâles tandis que dans d'autres cours d'eau le pourcentage est presque nul.

Les causes du cannibalisme

Si chaque mâle dévorait les œufs de ses rivaux et les siens, la population pourrait disparaître. Mais selon les chercheurs, le cannibalisme ne se manifeste que sous certaines conditions. Il semblerait que ce comportement soit lié à une forte densité de population dans une rivière, et aussi à une grande quantité de mâles s'approchant de la femelle. En effet, s'il a beaucoup de rivaux à chasser, le mâle ne peut pas protéger ses œufs et ces derniers peuvent alors être mangés.



● Le père à la rescousse

La femelle cherche à éviter le pillage en recouvrant son nid de gravier, mais pendant quelques minutes, les œufs exposés à la vue des mâles sont en grand danger. Or, il arrive que le père s'efforce de protéger le nid en chassant ses rivaux le temps que la femelle parvienne à le recouvrir. Ce comportement est tout à fait inhabituel chez les salmonidés et constitue un soin paternel indiscutable que les chercheurs de l'INRA sont les premiers à avoir analysé.

● À la recherche du père responsable

Les chercheurs ont alors voulu savoir si la femelle se montrait sélective dans le choix de son partenaire sexuel en choisissant de préférence un mâle qui, au lieu de manger ses œufs, les protégerait. Il semblerait en effet que certains critères pourraient lui permettre de faire le bon choix. Il y aurait tout d'abord une question de taille : le mâle choisi ne doit être ni trop grand ni trop petit. Un mâle trop petit préférera éviter le combat tandis qu'un mâle beaucoup plus grand que la femelle ne s'investira pas pour une descendance médiocre et pourra même manger les œufs qu'il a lui-même fécondés. Le comportement du mâle avant le frai* serait aussi une bonne indication : un mâle agressif, chassant ses rivaux avant l'accouplement sera probablement un bon père, comme pourrait l'être aussi un mâle passant du temps à faire la cour à la femelle. Mais pour que ces hypothèses, soutenues par bien des observations, soient bel et bien démontrées, il reste encore aux chercheurs à peaufiner leurs modèles et à passer beaucoup d'heures sur le bord des ruisseaux pyrénéens.

Contact scientifique

Jacques Labonne
Unité Ecologie comportementale
et biologie des populations de poissons
Centre INRA Bordeaux-Aquitaine
jacques.labonne@st-pee.inra.fr
05 59 51 59 80

* Frai : ponte des œufs de poissons ou fécondation de ces œufs par le mâle.



Pour une reproduction durable

Chez les ovins et les caprins, la reproduction est saisonnière et le contrôle du cycle ovulatoire est nécessaire à toute insémination artificielle. Des chercheurs de l'INRA ont mis au point des méthodes alternatives aux traitements hormonaux des brebis et des chèvres, pratiques qui permettent de maîtriser la reproduction afin d'étaler la production laitière tout au long de l'année. Ils proposent ainsi une approche pharmacologique innovante qui repose sur l'utilisation d'anticorps ou le recours à « l'effet mâle », l'introduction d'un mâle dans un troupeau de femelles engendrant une reprise des cycles de chaleur.

Les ruminants saisonniers, tels que la chèvre et le mouton, connaissent une période reproductive en automne-hiver et une période de repos sexuel au printemps-été. Mais les éleveurs ont souvent besoin de conserver l'activité ovulatoire des femelles durant toute l'année afin de maîtriser la reproduction à « contre-saison », les naissances garantissant la production laitière. Pour cela, nombre d'entre eux utilisent la progestérone, une hormone stéroïde qui permet de synchroniser le cycle ovulatoire de leurs animaux. Ils ont recours également à d'autres hormones telles que la PMSG (*Pregnant Mare Serum Gonadotropin*), extraite du sérum de juments gravides¹. Cette hormone est sécrétée par le placenta en grande quantité et a pour propriété, lorsqu'elle est injectée, d'induire l'ovulation chez les mammifères.

● Les limites des traitements hormonaux

Cependant, l'utilisation d'hormones, indispensable à l'insémination artificielle, pose certains problèmes : environnementaux d'une part, car la progestérone se dégrade difficilement et contamine les nappes phréatiques ; sanitaires d'autre part, car le sérum duquel on extrait la PMSG n'est pas toujours bien contrôlé et il peut être source de contamination par des virus ou des bactéries. Mais il existe aussi des problèmes d'efficacité car près de 70% des brebis traitées par PMSG développent des anticorps contre cette hormone et ne réagissent plus au traitement. Sans oublier l'exigence du consommateur, qui ne veut pas entendre parler d'hormones. C'est pourquoi l'INRA a mis au point des alternatives aux traitements hormonaux.

● Un anticorps pour booster les hormones de l'animal

Une équipe de recherche INRA* est en train de mettre au point une alternative pharmacologique unique qui permet d'activer le cycle ovulatoire des petits ruminants. Celle-ci est basée sur l'utilisation d'anticorps ayant la propriété d'amplifier l'activité de certaines hormones ovines. Ces anticorps agissent directement sur les hormones propres à l'animal en simulant un pic hormonal pré-ovulatoire nécessaire à l'ovulation. En injectant aux brebis ces anticorps, on peut ainsi réactiver leur cycle menstruel.

Les scientifiques n'ont pas détecté pour l'instant d'effets secondaires à l'inoculation de ces anticorps. Ces travaux ont fait l'objet d'un brevet déposé par l'INRA en 2010. Les chercheurs travaillent maintenant à la mise au point d'un protocole qui soit aussi efficace qu'un traitement classique avec injection d'hormones. Il faudra ensuite un long processus (5 ans au minimum) pour obtenir l'autorisation de mise sur le marché. Cette alternative aux traitements hormonaux sera commercialisée par ReproPharm, l'entreprise que ces chercheurs ont créée.

ReproPharm, une entreprise primée

L'équipe INRA à l'origine des travaux sur les substituts non hormonaux pour induire l'ovulation a été récompensée en 2009 lors du concours national d'aide à la création d'entreprises de technologies innovantes, organisé par le ministère de l'Enseignement supérieur et de la recherche et OSEO. L'entreprise créée, ReproPharm, sera chargée de commercialiser ce substitut non hormonal une fois obtenue l'autorisation de mise sur le marché. Celle-ci commercialise déjà avec succès des kits de dosage, dont LH Detect® permettant de doser la LH chez de nombreuses espèces animales. ReproPharm développe également un test destiné aux éleveurs, inséminateurs et vétérinaires, permettant de prévoir le moment de l'ovulation chez les animaux de rente.

¹ **Gravide** : en période de gestation.

● L'effet mâle, un effet boeuf...

Une autre équipe INRA** travaille sur une méthode qui met à profit un phénomène naturel : l'effet mâle. Explication : prenez un troupeau de chèvres ou de brebis durant sa période de repos sexuel. Introduisez un mâle dans le groupe. Le résultat est systématique : la sécrétion de LH (hormone lutéinisante) de ces femelles est immédiatement stimulée et une partie d'entre elles connaît une ovulation dans les 2 à 4 jours, suivie peu après d'une reprise du cycle ovaratoire normal. Cet effet est utilisé par certains éleveurs, notamment dans le sud de la France. Il leur permet, d'une part, de synchroniser les naissances pour les concentrer sur une période définie de l'année, et d'autre part, de déclencher l'activité sexuelle des brebis au printemps afin d'obtenir des agneaux à contre-saison.

L'odeur ne fait pas tout

L'effet mâle est essentiellement olfactif : on peut le mimer simplement en présentant aux brebis la toison d'un bélier. Cependant, les molécules effectrices n'ont pas encore été identifiées. Pour que l'effet mâle soit efficace, la femelle doit d'abord avoir appris à associer odeur du mâle et reproduction. Voilà pourquoi les jeunes femelles naïves répondent mal à l'effet mâle. Mais l'odeur ne fait pas tout. On sait que les femelles réagissent moins bien si le mâle est isolé derrière une barrière, et que les béliers au comportement sexuel actif déclenchent une réaction plus intense chez les brebis.



Chevauchement d'une brebis par un bélier équipé d'un détecteur servant à identifier la femelle

● ...mais parfois insuffisant

Le problème de l'effet mâle est que tous les individus ne réagissent pas de la même façon : certaines femelles connaissent une, et parfois deux périodes ovulatoires raccourcies, sans comportement sexuel, avant de reprendre le cycle normal. De plus, certaines races, notamment les races de brebis du Nord de l'Europe, réagissent très peu à l'effet mâle. Voilà pourquoi les scientifiques de l'INRA cherchent à identifier les facteurs qui font varier son efficacité tant au niveau individuel qu'au niveau des races. L'effet mâle pourrait ainsi être mis à profit par de plus en plus d'éleveurs.

La lavande fait aussi bien que les béliers

Voici une expérience curieuse réalisée par les chercheurs de l'INRA. Ils ont exposé pendant 15 jours des jeunes brebis sexuellement naïves à un bélier fortement parfumé à l'eau de lavande. Étonnamment, six mois plus tard, il suffisait de faire sentir à ces femelles l'odeur de lavande pour stimuler la sécrétion de LH. Cette expérience démontre qu'une association doit se former entre la reproduction et une odeur particulière pour que l'effet mâle fonctionne. De ce fait, on ne peut pas considérer les molécules responsables de l'effet mâle comme des phéromones. En effet, ces dernières fonctionnent, elles, toujours automatiquement, sans que l'apprentissage soit nécessaire.



Contacts scientifiques

* Marie-Christine Maurel
Marie-Christine.Maurel@tours.inra.fr
02 47 42 79 57

** Claude Fabre-Nys
Claude.Fabre-Nys@tours.inra.fr
02 47 42 79 75
Unité physiologie de la reproduction
et des comportements
Centre INRA Tours



Froid de canard sur les semences

Chez les oiseaux domestiques, la moitié des lignées existantes dans le monde est considérée comme en voie d'extinction. Créée en 2004 à l'initiative de l'INRA et de nombreux partenaires, la Cryobanque Aviaire Française conserve à -196°C des échantillons de sperme de nombreuses races et lignées d'oiseaux : poules, canards, oies, pintades... Le but : préserver la diversité génétique de ces espèces et pouvoir reconstituer des populations.

Les poulets d'élevage que nous consommons n'ont pas plus de quatre origines génétiques différentes. Illustration d'un fait inquiétant : la biodiversité s'épuise aussi parmi les animaux d'élevage. Les races d'oiseaux de basse-cour sont particulièrement touchées, en grande partie à cause des pratiques d'élevage intensif qui tendent à ne conserver que des lignées* très spécialisées. D'autres menaces, comme les épidémies de grippe aviaire, peuvent mener à des abattages massifs de volailles avec, pour conséquence, la possible disparition d'une race. Or, à chaque fois qu'une race s'éteint, ce sont des caractéristiques uniques qui se perdent.

● Une cryobanque pour conserver la diversité génétique

C'est dans le but de préserver cette diversité en danger qu'a été créée la Cryobanque Aviaire Française. Le patrimoine génétique d'une trentaine de lignées ou races de poules, canards et oies est désormais préservé par le froid. Les pintades le seront bientôt. Si ces animaux étaient en voie de disparition, leur race pourrait être reconstituée en inséminant le sperme chez des femelles de la même espèce et en effectuant des croisements successifs de la descendance ainsi obtenue jusqu'à retrouver leurs caractéristiques originelles.

Un patrimoine génétique considérable

- La Cryobanque Aviaire Française, c'est déjà :
- 19 races ou lignées de poules, dont le célèbre « coq gaulois » issu de la race Gauloise Dorée.
 - 7 canards de Barbarie.
 - 4 canards Pékin.
 - 1 oie : l'oie grise des Landes.



* Les lignées sont des races sélectionnées pour homogénéiser leurs caractéristiques.

Congeler la semence

Pour conserver les échantillons de sperme, il ne suffit pas de les mettre au froid. Avant de plonger les échantillons dans l'azote liquide, qui les conserve à -196°C , les spermatozoïdes doivent être protégés grâce à un agent cryoprotecteur empêchant que le froid ne les détruise. Pour les décongeler, il faut ensuite être capable de les faire passer de -196°C à la température ambiante en moins de trois minutes. La technique varie d'une espèce à l'autre. Pour certaines volailles, comme la caille, cela demeure encore impossible. C'est pourquoi, la Cryobanque Aviaire Française effectue un intense travail de recherche pour améliorer les procédés de congélation et augmenter les taux de spermatozoïdes viables après leur passage par l'azote liquide. Elle investit également dans la conservation de cellules embryonnaires capables de transmettre le génome de races menacées.

● Une assurance pour l'avenir

On note que certains comportements liés à la reproduction se sont perdus. Ainsi, les poules élevées actuellement ne savent pas couvrir leurs œufs. Faute d'usage, le gène lié à cet instinct s'est perdu. Mais qui sait si un jour nous n'aurons pas besoin de poules capables de prendre elles-mêmes soin de leurs œufs ? La conservation de la diversité génétique pourrait alors permettre de retrouver certains de ces comportements. La Cryobanque Aviaire est centrée aujourd'hui sur les races domestiques françaises, mais peu à peu elle étendra sa collection aux oiseaux sauvages. Reliée à un réseau international de cryobanques analogues, elle est d'ores et déjà l'une des plus riches au monde. Elle est aussi reconnue pour son travail de recherche, en collaboration avec de nombreux scientifiques s'intéressant par exemple au système immunitaire, à la reproduction, au métabolisme ou au comportement des volailles.

Contact scientifique

Elisabeth Blesbois
Unité Physiologie de la reproduction
et des comportements
Centre INRA Tours
Elisabeth.Blesbois@tours.inra.fr – 02 47 42 78 22



Femelle creusant une frayère

Le changement climatique modifie profondément les caractéristiques des rivières : tandis que les eaux se réchauffent, les crues deviennent de plus en plus fréquentes et intenses. Mais quel en est l'impact sur les saumons ?

● Des mâles matures dès la première année de vie

Les eaux chaudes favorisent une croissance plus rapide des poissons. De plus, les crues des rivières détruisent un grand nombre de frayères, ces abris creusés par la femelle pour y déposer ses œufs. En conséquence, la densité de population diminue et les saumons survivants, moins nombreux, se développent plus rapidement. Ces deux phénomènes expliqueraient la tendance observée parmi les saumons de la Nivelle : de plus en plus de mâles juvéniles sont aptes à la reproduction au bout d'un an. Ces derniers préfèrent alors rester en eau douce plutôt que d'entreprendre le périlleux voyage vers l'Atlantique Nord.

Éclosion d'alevins de saumon



Comment protéger les saumons ?

Deux menaces principales, liées au changement climatique, fragilisent les saumons. D'une part, les variations de débit de la rivière : les crues détruisent les frayères des saumons tandis que les sécheresses, quand l'eau de la rivière devient rare, soumettent les poissons à un stress intense et accroît la compétition entre eux. D'autre part, la hausse des températures compromet leur reproduction car celle-ci doit être inférieure à 11°C lors du frai. Pour aider l'espèce à survivre, il faut maintenir l'intégrité et la diversité des rivières (radiers, rapides, calmes, profonds, sous berges) car c'est ce qui permet aux saumons de trouver des abris et aux différentes cohortes de coexister. Dans le même temps, il faut leur permettre l'accès aux zones hautes des rivières, là où les eaux sont plus fraîches.

*L'aire de répartition du saumon atlantique comprend tous les pays au-dessus du Nord du Portugal et du fleuve Hudson. La Nivelle se trouve donc plutôt au Sud de cette aire de distribution.

Le saumon de plus en plus précoce

Avec le changement climatique, les caractéristiques des populations de saumons atlantiques, ainsi que leur comportement reproducteur, seraient en train de changer. Des chercheurs de l'INRA livrent leurs conclusions après 15 années d'observation sur les saumons de la Nivelle : les rivières abriteraient de plus en plus de juvéniles mâles capables de se reproduire dès leur première année de vie.

Le saumon atlantique, un poisson migrateur

Le saumon se reproduit en eau douce et grossit en mer. La femelle enfouit ses œufs dans les graviers des rivières. Après 1 ou 2 ans de vie en eau douce, les jeunes issus de ces œufs, les tacons, migrent vers la mer. La phase marine dure 1 à 3 ans avant le retour dans la rivière d'origine pour s'y reproduire.

● Grands mâles versus mâles précoces

Les mâles qui, en revanche, n'ont pas atteint la maturité sexuelle, ainsi que les femelles, partent vers l'océan. Dans les eaux glacées de l'Atlantique Nord, ils trouvent une nourriture abondante qui leur permet de multiplier leur poids par 50 ou 100 en un an ou deux. Lorsque ces gros saumons reviennent à leur rivière d'origine, il s'ensuit une compétition reproductive avec les mâles précoces restés sur place. Les grands mâles bénéficient d'un avantage qui leur assure la préférence des femelles : leur taille. Ajoutée à une quantité importante de sperme, et à leur forte agressivité, ils devraient s'assurer une victoire sans partage. Mais les petits saumons sont vifs, nombreux et astucieux, et, en se cachant près des frayères, ils n'ont aucun mal à féconder eux aussi les œufs en se glissant sous le couple. Les chercheurs ont montré que près de 80% des œufs étaient fécondés, certaines années, par ces petits mâles précoces de la Nivelle.

Cette étude INRA montre que le changement climatique, en modifiant la composition des populations de saumons, modifie les tactiques de reproduction des individus, les jeunes saumons développant leurs propres stratégies reproductives. Ce phénomène semble plus évident dans les rivières qui, comme la Nivelle, sont situées à la limite Sud de l'aire de répartition de l'espèce*. Face au réchauffement climatique, les capacités d'adaptation observées sur le saumon atlantique sont rassurantes quant à la survie de l'espèce.

Contact scientifique

Edward Beall
Unité Ecologie comportementale
et biologie des populations de poissons
Centre INRA Bordeaux Aquitaine
eddy.beall@st-pee.inra.fr - 05 59 51 59 82





Wasmannia auropunctata : reines et ouvrières

Il n'y a pas que le sexe dans la vie !

Des chercheurs de l'INRA ont mis en évidence chez une espèce de fourmi, *Wasmannia auropunctata*, un système de reproduction particulier et unique dans le monde animal : les reines et les mâles sont issus d'une reproduction par clonage, et seules les ouvrières proviennent d'une reproduction sexuée. Cette caractéristique a probablement favorisé la colonisation par cette espèce de larges territoires, sur toute la ceinture tropicale et au-delà.

Il n'y a pas que le sexe dans la vie ! La reproduction clonale a aussi une place considérable dans le monde vivant. Bien des animaux, essentiellement parmi les invertébrés, se passent très bien du mélange des chromosomes parentaux et préfèrent transmettre la totalité de leur patrimoine génétique à leur descendance.

La menace *Wasmannia*

Comme pour beaucoup d'espèce envahissantes, l'Homme est très probablement le meilleur allié de *W. auropunctata* dans sa conquête du monde. D'une part, il lui fournit en abondance les milieux qu'elle est capable de coloniser, les écosystèmes anthropisés comme des terrains récemment défrichés. D'autre part, il lui permet de voyager. En 1920, des agronomes l'ont introduite au Gabon, et depuis, elle a conquis toute l'Afrique Centrale. Côté Pacifique, elle saute d'île en île grâce aux bateaux. Elle a été découverte en 2004 à Tahiti et en 2006 en Australie. Fourmi tropicale, elle a pourtant été observée en 2006 en Israël, tout aussi vigoureuse et envahissante. Partout, elle constitue une sérieuse menace pour la biodiversité : là où elle est présente, de nombreuses espèces d'insectes et de reptiles disparaissent. Sa piqûre venimeuse peut rendre aveugle le bétail et les animaux de compagnie.

● Mâles clones du père, reines clones de la mère

La fourmi *Wasmannia auropunctata*, appelée aussi fourmi électrique ou petite fourmi de feu en raison de ses piqûres très urticantes, en est un exemple frappant, comme l'a démontré une équipe de l'INRA. Les reines sont produites par parthénogénèse : les ovules n'ont pas besoin d'être fécondés pour donner naissance à une nouvelle reine. La reproduction clonale mâle se ferait par l'élimination de la partie femelle du génome dans l'œuf fécondé ou par la fécondation d'un œuf anucléé, autrement dit dépourvu de génome femelle. Seules les ouvrières, stériles, sont produites par reproduction sexuée. Ce cas est tout à fait atypique chez les fourmis, chez qui, généralement, les reines comme les ouvrières proviennent d'une reproduction sexuée alors que les mâles se développent à partir d'œufs non fécondés.

● Des génotypes clonaux très invasifs

Wasmannia est trouvée en forte densité dans des habitats anthropisés et donc écologiquement perturbés. Originaires des forêts primaires d'Amérique Centrale et du Sud, elle a déjà colonisé, avec l'aide de l'Homme, toute la ceinture tropicale.

D'après les chercheurs, c'est son mode de reproduction qui, indirectement, lui a permis d'envahir de vastes territoires. En effet, une fois qu'une combinaison de gènes permettant une bonne résistance aux nouveaux environnements colonisés apparaît, celle-ci est conservée. Tel est l'avantage du clonage. Mâles et reines se perpétuent à l'identique de génération en génération. Sur d'immenses territoires comme au Gabon, on ne trouve qu'une seule combinaison de génotypes parentaux clonaux.

Cette étrange façon de faire serait en fait assez récente. Il se pourrait que l'anthropisation des territoires ait favorisé ce mode de reproduction clonale. Et s'il venait à ces fourmis l'idée de revenir à une reproduction sexuée ? Chaque territoire récemment conquis n'ayant qu'un seul génotype mâle et femelle, les problèmes liés à la consanguinité pourraient conduire à l'extinction de la population en très peu de temps, comme cela semble être le cas en Nouvelle-Calédonie.

Reproduction clonale

La reproduction asexuée peut s'observer chez de nombreuses espèces d'invertébrés (nématodes, polychètes, oligochètes, arthropodes), mais aussi parmi les vertébrés comme certains poissons (requin marteau) et reptiles (dragon de Komodo, gecko). Chez les mammifères, cela n'a jamais été observé à l'exception du célèbre tatou.

Contacts scientifiques

Arnaud Estoup ou Benoît Facon
Centre de Biologie pour la gestion
des populations
Centre INRA Montpellier
estoup@supagro.inra.fr
ou facon@supagro.inra.fr
04 99 62 33 38

CRÉDITS PHOTOS

Couverture : © FOTOLIA / Malena und Philipp K

Pages 4 - 5 : © INRA / Jacques Gambier : accouplement de papillons *Antheraea*

© INRA / Jacques Barthes : glande à phéromone d'un papillon femelle

© INRA / Vincent Dumas : grappe de pinot noir

© INRA / Christian Slagmulder : piège à phéromones dans les vignes

Page 6 : © INRA / Bertrand Nicolas : rat de laboratoire

© BOND : vue schématique d'un nanosome déposé sur une électrode, porteur de récepteurs olfactifs sur lesquels viennent se fixer les ligands odorants

Page 7 : © INRA / Matthieu Keller : souris

© INRA / Matthieu Keller : neurone à Kisspeptine

Page 8 : © INRA / René Canta : chevrete

© INRA / Bruno Lourtet : jeune chevreuil équipé d'un collier GPS

Page 9 : © INRA / Didier Marie : truite Fario

© INRA / Mathilde Dupont-Nivet : œufs de truite arc en ciel

Pages 10-11 : © INRA / Florent Giffard : troupeau de moutons en herbage

© INRA / Christophe Maître : brebis

© INRA / François Bocquier : chevauchement d'une brebis par un bélier équipé d'un détecteur servant à identifier la femelle

© INRA / Jean-Marie Bossennec : lavande en fleur

Page 12 : © FOTOLIA / Lamio

© INRA / Christian Slagmulder : tête de coq

Page 13 : © INRA / Edward Beall : saumon atlantique, femelle creusant une frayère

© INRA / Claude Marty : éclosion d'alevins de saumon

Page 14 : © IRD / Hervé Jourdan : *Wasmannia auropunctata*, reines et ouvrières