

Comment les inquilins et les guêpes parasitoïdes localisent-ils les galles qu'ils utilisent ?

Orientation, signaux chimiques, caractéristiques des galles, vibrations et exemples dans le monde des guêpes gallicoles

L'idée centrale

Une minuscule guêpe ne recherche pas simplement « une galle particulière » en utilisant un seul sens. La recherche est probablement un processus en plusieurs étapes : orientation à longue distance grâce à la plante-hôte et aux odeurs, recherche à courte distance grâce aux caractéristiques visibles et chimiques de la galle, puis enfin évaluation de l'hôte dissimulé au moyen de signaux de contact, mécaniques ou chimiques.

1. Longue distance Chêne / plante Panache odorant	2. Courte distance Galle Forme • couleur • position	3. Contact Antennes Toucher • odeur	4. Évaluation Ovipositeur Vibrations	5. Décision Hôte approprié ? Ponte
---	---	---	--	--

Limite importante : pour de nombreuses communautés de galles de chêne, le mécanisme précis permettant de localiser les galles n'a pas encore été établi expérimentalement. Chez les inquilins tels que *Synergus*, les données directes concernant les signaux de localisation sont particulièrement limitées par rapport à celles disponibles pour les parasitoïdes bien étudiés.

1. Que doit réellement trouver une minuscule guêpe ?

Une guêpe gallicole produit une galle qui dissimule son stade larvaire dans les tissus végétaux. Pour un parasitoïde qui arrive plus tard, la situation est donc inhabituelle : l'hôte proprement dit est invisible et ne mesure souvent que quelques millimètres. La galle est à la fois un abri, une source de nourriture et un point de repère.

Deux modes de vie – deux problèmes de recherche

- **Parasitoïdes / guêpes parasitoïdes :** la larve doit utiliser un hôte animal. La galle doit donc d'abord être trouvée comme « structure porteuse de l'hôte » ; ensuite, l'hôte dissimulé doit être localisé et accepté.
- **Inquilins :** ils vivent à l'intérieur d'une galle produite par une autre guêpe gallicole et utilisent principalement ses tissus ou les ressources fournies par la galle. Leur recherche porte donc davantage sur une galle appropriée que sur une larve-hôte particulière.

Chez les guêpes gallicoles des chênes, la recherche est déterminée par une mosaïque particulièrement complexe. Les galles de chêne diffèrent selon le type de galle, la partie de la plante, la forme, la taille, la surface, le stade de développement, l'espèce d'arbre et la saison. La communauté associée de parasitoïdes et d'inquilins n'est donc pas assemblée au hasard. Pour les galles de chêne du Paléarctique occidental, il est documenté que la faune associée est fortement influencée par la morphologie de la galle, sa position sur l'arbre, le moment du développement et l'arbre-hôte.

Cela ne signifie toutefois pas que la guêpe « identifie » consciemment chacune de ces caractéristiques. Certaines peuvent simplement agir comme des préférences innées : certaines odeurs, formes ou structures végétales peuvent déclencher un comportement de recherche.

2. Le premier niveau : l'odeur et la plante-hôte

De nombreux parasitoïdes utilisent des composés organiques volatils (COV). Ceux-ci peuvent provenir directement de la plante, de la galle ou de tissus végétaux modifiés par l'infestation. Dans les systèmes de guêpes gallicoles, la formation de la galle peut modifier le profil olfactif de la plante, créant ainsi une sorte « d'empreinte chimique ».

Que pourrait détecter la guêpe par l'odorat ?

- Les substances odorantes produites par la plante-hôte elle-même.
- Les odeurs végétales modifiées par la formation de la galle ou par l'alimentation/la manipulation.
- Les composés volatils provenant des tissus de la galle.
- Dans certains systèmes, des indices indirects signalant la présence d'un hôte vivant à l'intérieur de la galle.

Exemple bien documenté : *Quadrastichus mendeli* et la guêpe gallicole de l'eucalyptus *Leptocybe invasa*
Dans une étude expérimentale, le parasitoïde *Quadrastichus mendeli* préférait les odeurs provenant de plants d'eucalyptus endommagés par la guêpe gallicole à celles de plants endommagés mécaniquement ou non endommagés. Plusieurs composés odorants individuels ont également provoqué des réponses mesurables des antennes. Cela montre clairement qu'un parasitoïde peut détecter une infestation grâce aux signaux odorants de la plante sans avoir à voir la larve de la guêpe gallicole.

Mais il faut rester prudent avec les galles de chêne

Chez les Cynipidae des chênes, on soupçonne depuis longtemps que l'odeur, la forme, la taille et la position de la galle jouent un rôle dans sa localisation. Cependant, la littérature souligne explicitement que l'on connaît encore relativement peu les signaux de localisation précis utilisés par les guêpes gallicoles des chênes. Des travaux récents confirment qu'au moins certains parasitoïdes peuvent percevoir des composés volatils associés aux Cynipidae.

3. Le deuxième niveau : la vue, la forme, la couleur et la position

Lorsqu'une guêpe arrive à proximité d'une plante appropriée, la recherche devient beaucoup plus précise sur le plan spatial. À ce stade, les caractéristiques visuelles et structurelles de la galle peuvent devenir importantes.

Pourquoi la forme de la galle est-elle si utile ?

- De nombreuses espèces de galles ont une forme très caractéristique.
- La galle se trouve sur une partie de la plante caractéristique de l'espèce : bourgeon, feuille, chaton, rameau, fruit, etc.
- La couleur et la structure de la surface changent au cours du développement.
- La taille et le degré de maturité peuvent indiquer si un hôte approprié est réellement présent.
- La position sur la plante réduit considérablement le nombre de « candidats » possibles.

C'est particulièrement intéressant chez les chênes

Les deux générations de nombreuses guêpes gallicoles des chênes peuvent produire des galles complètement différentes. Une espèce de parasitoïde spécialisée dans une génération donnée, ou qui la préfère, ne recherche donc pas simplement « l'espèce de guêpe gallicole », mais potentiellement un type de galle très précis à une période donnée de l'année et sur une partie déterminée de la plante.

C'est particulièrement intéressant chez les chênes

Les deux générations de nombreuses guêpes gallicoles des chênes peuvent produire des galles complètement différentes. Une espèce de parasitoïde spécialisée dans une génération donnée, ou qui la préfère, ne recherche donc pas simplement « l'espèce de guêpe gallicole », mais potentiellement un type de galle très précis à une période donnée de l'année et sur une partie déterminée de la plante. Des études des communautés de galles de chêne montrent effectivement que les générations sexuée et asexuée hébergent souvent des communautés de parasitoïdes différentes. C'est un indice fort que la période et le type de galle constituent d'importants filtres écologiques.

Longue distance	Arbre / chimie de la plante	« Cela vaut la peine de chercher ici. »
Intermédiaire	Type de galle / position / forme	« Cette galle correspond. »
Courte distance	Antennes / toucher / odeur	« Il y a quelque chose d'intéressant ici. »
Contact	Ovipositeur / signaux mécaniques	« L'hôte est ici. »

4. Le troisième niveau : le toucher, les vibrations et le « tapotement »

Certaines guêpes parasitoïdes peuvent localiser des hôtes dissimulés à l'aide d'informations mécaniques. Cela ne signifie pas nécessairement qu'elles « entendent » une vibration produite par l'hôte lui-même. Chez certaines espèces, la guêpe produit un signal en tapotant ou en faisant vibrer le substrat et évalue la réponse mécanique. Ce comportement est appelé vibrational sounding, ou sondage vibratoire.

Comment fonctionne l'idée de base ?

La guêpe touche ou tapote un substrat tel qu'une tige, du bois ou un tissu végétal. Les ondes mécaniques se propagent et sont influencées par les structures internes. Des organes sensoriels spécialisés des pattes et des antennes modifiées peuvent participer à cette localisation. Cette méthode est particulièrement intéressante pour les hôtes dissimulés et immobiles.

Important : ce mécanisme n'est pas automatiquement utilisé par toutes les guêpes associées aux galles

Le sondage vibratoire est bien étudié chez les guêpes parasitoïdes en général, mais on ne peut pas en déduire que, par exemple, tous les *Torymus* ou tous les *Eulophidae* trouvent une galle de cette manière. Chez les *Cynipidae* des chênes, la contribution précise des différents canaux sensoriels est encore beaucoup moins bien comprise.

Un bon exemple comparatif

***Pimpla turionellae* peut localiser des hôtes dissimulés et immobiles dans les structures végétales à l'aide de signaux mécaniques. Les expériences montrent que cette forme de localisation dépend de la température et des propriétés physiques du substrat. Cela montre à quel point un système de localisation mécanique peut être finement réglé.**

Sur une galle, une guêpe pourrait donc, en théorie, combiner plusieurs informations : Où se trouve la galle ? – Quelle est sa structure ? – Y a-t-il un hôte approprié à l'intérieur ? Ces différents niveaux doivent être distingués sur le plan biologique.

5. Que se passe-t-il directement sur la galle ?

Une fois qu'elle a trouvé une galle potentiellement appropriée, la guêpe doit prendre une deuxième décision : cette galle convient-elle réellement ? Chez les parasitoïdes, elle peut examiner la galle avec ses antennes, introduire son ovipositeur ou explorer activement sa surface.

L'ovipositeur est plus qu'une « perceuse »

- Il peut traverser la paroi de la galle.
- Il permet de déposer l'œuf à un emplacement choisi avec une très grande précision.
- Chez certaines guêpes parasitoïdes, des structures chimiosensorielles de l'ovipositeur peuvent fournir des informations sur le substrat et/ou l'hôte.
- Chez les espèces possédant un long ovipositeur, la guêpe peut atteindre des hôtes situés plus profondément ; d'autres stratégies consistent à pondre très tôt au cours du développement de la galle.

Exemple chez les galles de chêne

Chez les Cynipidae des chênes, les parasitoïdes diffèrent notamment par la profondeur à laquelle ils peuvent atteindre un hôte. Un long ovipositeur peut faciliter l'accès aux larves situées en profondeur. Une autre stratégie consiste à pondre très tôt au cours du développement de la galle et à attendre le développement de l'hôte. La guêpe n'a ainsi pas à franchir plus tard une paroi de galle devenue plus épaisse.

Pourquoi cela est intéressant pour l'identification de tes spécimens

Pour les galles de chêne que tu étudies, la combinaison type de galle + génération + espèce de chêne + période de développement est donc précieuse non seulement pour l'identification ultérieure de la guêpe émergée. Elle peut également aider à expliquer pourquoi certains inquilins et parasitoïdes apparaissent précisément dans cette galle et à ce moment-là.

6. Et comment les inquilins comme *Synergus* trouvent-ils leurs galles ?

Il faut ici faire preuve d'un peu plus de prudence scientifique. Chez de nombreux inquilins, la physiologie sensorielle précise impliquée dans la localisation des galles est moins étudiée que chez les parasitoïdes classiques. Il existe néanmoins de solides indications écologiques montrant que les inquilins ne colonisent pas les galles au hasard.

Ce que les données montrent clairement

- Les espèces de *Synergus* peuvent être associées à certains groupes de galles de chêne.
- Chez les inquilins des chênes, l'arbre-hôte, le type de galle et la morphologie de la galle jouent un rôle important dans les spectres d'hôtes observés.
- La composition des communautés d'inquilins et de parasitoïdes dépend fortement de l'espèce de galle, de sa position sur l'arbre et de la saison.
- La question directe « Quelle molécule une femelle de *Synergus* détecte-t-elle par l'odorat et utilise-t-elle pour localiser une galle particulière ? » reste sans réponse pour de nombreuses espèces.

La formulation la plus rigoureuse est donc la suivante

Nous savons que la galle appropriée est localisée et utilisée de manière ciblée ; en revanche, pour chaque espèce d'inquin, nous ne savons pas quels stimuli sensoriels contrôlent l'ensemble du processus de recherche. Une combinaison de plusieurs signaux est probablement impliquée ici aussi.

Lien avec *Andricus grossulariae*

Pour ton système précis, l'information « *Andricus grossulariae*, génération bisexuée » est particulièrement précieuse. Chez les Cynipidae des chênes, les communautés associées aux deux générations diffèrent souvent nettement. Un inquilin spécialisé dans un type de galle donné doit donc coïncider précisément, dans le temps comme dans l'espace, avec l'apparition de cette galle.

Cela ne signifie pas nécessairement que la guêpe puisse « reconnaître » la galle à grande distance. Il pourrait plutôt s'agir d'un processus par étapes : chêne approprié → saison appropriée → partie appropriée de la plante → galle appropriée → évaluation chimique/physique.

7. Quatre exemples en comparaison

Exemple 1 – *Quadrastichus mendeli* : orientation chimique

Cet eulophide parasite la guêpe gallicole invasive de l'eucalyptus *Leptocybe invasa*. Des expériences ont montré une préférence pour les odeurs provenant de plantes endommagées par la guêpe gallicole. Il s'agit d'un exemple particulièrement clair de l'utilisation de signaux chimiques transmis par la plante.

Exemple 2 – Cynipidae des chênes et leurs Chalcidoidea : le type de galle comme filtre écologique

Chez les parasitoïdes des guêpes gallicoles des chênes, la communauté dans son ensemble est fortement influencée par la morphologie de la galle, sa position sur l'arbre, la saison et l'arbre-hôte. Cela montre qu'une guêpe ne recherche pas simplement « le chêne », mais sélectionne au sein d'un ensemble complexe de galles.

Exemple 3 – sondage vibratoire : localisation mécanique de l'hôte

Chez certaines guêpes parasitoïdes, le substrat est activement examiné sur le plan mécanique. La guêpe peut ainsi obtenir des informations sur des hôtes dissimulés. Cette stratégie est particulièrement remarquable, car l'hôte n'a pas besoin d'être visible de l'extérieur.

Exemple 4 – guêpes gallicoles des figuiers et leurs parasitoïdes : odeur + évaluation chimique directe

Dans les systèmes associés aux figuiers, le rôle des composés volatils et de l'évaluation chimique est particulièrement bien étudié. Les parasitoïdes peuvent réagir aux odeurs des sycones contenant leurs hôtes gallicoles ; lors de la décision suivante, les informations chimiques perçues par l'ovipositeur peuvent jouer un rôle. Ce système montre de manière exemplaire comment des signaux à longue et à courte distance peuvent agir ensemble.

À retenir

Plus la guêpe est éloignée de la galle, plus les informations dont elle dispose sont générales. À mesure qu'elle s'en approche, les signaux deviennent plus spécifiques : plante → type de galle → surface → hôte dissimulé. Il ne s'agit pas d'une recette rigide, mais d'un système de recherche multimodal.

8. Ce que nous savons – et ce qui reste à élucider

Question	État des connaissances
Les parasitoïdes utilisent-ils les odeurs ?	Oui, cela est bien documenté chez de nombreux parasitoïdes ; les COV

Question	État des connaissances
	végétaux associés aux galles peuvent également être pertinents.
Les types de galles de chêne sont-ils importants ?	Oui. La morphologie de la galle, sa position, la saison et l'arbre-hôte influencent clairement la faune associée.
Les guêpes utilisent-elles les vibrations ?	C'est bien documenté chez certains parasitoïdes ; cela ne peut pas être généralisé à toutes les guêpes associées aux galles.
La localisation des galles chez <i>Synergus</i> est-elle entièrement comprise ?	Non. Les spectres d'hôtes et les associations écologiques sont mieux connus que les mécanismes sensoriels précis impliqués dans la localisation des galles.
Une guêpe reconnaît-elle « la bonne espèce » grâce à un seul signal ?	Probablement pas dans la plupart des cas. Une recherche multimodale et hiérarchique constitue le modèle le plus plausible.

Pour la collecte et l'élevage en pratique

- **Toujours documenter la galle avec la plante-hôte exacte, le lieu, la date et la partie de la plante.**
- **Pour les guêpes gallicoles, noter si possible la génération (sexuée/bisexuée ou asexuée).**
- **Photographier la forme de la galle et son stade de maturité avant de la conserver.**
- **Documenter séparément les inquilins et les parasitoïdes émergés du type de galle d'origine.**
- **Pour les découvertes inhabituelles, la combinaison hôte + galle + génération + date est souvent plus précieuse qu'une simple ressemblance photographique.**

Chez *Synergus* en particulier, un élevage soigneusement documenté peut donc avoir une très grande valeur taxonomique : la galle fournit le contexte écologique, tandis que la guêpe adulte fournit les caractères morphologiques – ce n'est qu'ensemble qu'ils permettent une identification véritablement solide.

Sources et bibliographie complémentaire

- Broad, G. R. & Quicke, D. L. J. (2000/2001). The adaptive significance of host location by vibrational sounding in parasitoid wasps. *Proceedings of the Royal Society B* 267: 2403–2409. DOI: 10.1098/rspb.2000.1298
- Meyhöfer, R. & Casas, J. (1999). Vibratory stimuli in host location by parasitic wasps. *Journal of Insect Physiology* 45: 967–971. DOI: 10.1016/S0022-1910(99)00060-8
- Stone, G. N. et al. (2009). Host Niches and Defensive Extended Phenotypes Structure Parasitoid Wasp Communities. *PLoS Biology* 7(8): e1000179.
- Askew, R. R. et al. (2013). Catalogue of parasitoids and inquilines in cynipid oak galls in the West Palaearctic. *Zootaxa* 3643: 1–133. DOI: 10.11646/zootaxa.3643.1.1
- Stone, G. N. & Schönrogge, K. (Review literature, 2003/2005). Oak gall wasp communities: evolution and ecology.
- Borges et al. / *Frontiers review* (2018). The Galling Truth: Limited Knowledge of Gall-Associated Volatiles in Multitrophic Interactions. *Frontiers in Plant Science* 9:1139.
- *Quadrastichus mendeli* – *Leptocybe invasa* study (2022). Electroantennographic and olfactory responses of *Quadrastichus mendeli* to eucalyptus volatiles induced by the gall-forming insect *Leptocybe invasa*.
- Fischer, S. et al. (2001). Interaction of vibrational and visual cues in parasitoid host location. *Journal of Comparative Physiology A* 187: 785–791. DOI: 10.1007/s00359-001-0249-7

Remarque sur l'interprétation scientifique

Dans la littérature consacrée à la localisation des galles, il faut distinguer les parasitoïdes en général, les parasitoïdes des guêpes gallicoles et les inquilins. Un mécanisme démontré expérimentalement chez une espèce de guêpe parasitoïde ne doit pas être automatiquement extrapolé à toutes les guêpes parasitoïdes ou à *Synergus*.