

**La pollinisation et les pollinisateurs du châtaignier :
pourquoi les insectes visitent-ils les fleurs femelles ?**

Ariane LACROIX

Licence Sciences et Technologies

Mention Sciences de la Vie

Licence 3

Rapport de stage L3

Dates du stage : 4 Mai 2022- 15 Juillet 2022

Durée du stage : 10 semaines

Maître de stage : Rémy PETIT

Nom et Adresse de la structure d'accueil : INRAE-UMR Biogeco, Site de
Recherches Forêt Bois de Pierroton - 69 route d'Arcachon - 33610 CESTAS

Table des matières

Résumé	
Remerciements	
Introduction	1
L'UMR Biogeco.....	1
Sujet de stage	1
Matériel et méthodes	3
Le modèle biologique : le châtaignier	3
Manipulations : Émasculations	6
Tests photographiques sous UV	6
Interactions des insectes avec les fleurs femelles	7
Résultats et discussion	8
Emasculatation	8
Photographie UV.....	8
Interactions avec les fleurs femelles.....	9
Conclusion	12
Annexe	
Protocoles Inventaire <i>Castanea sp.</i>	
Fiche terrain des principaux diptères des fleurs de châtaigniers.....	
Fin de la campagne de terrain.....	
Bibliographie	

Résumé

J'ai effectué mon stage au sein de l'UMR BIOGECO, dans l'équipe ECOGERE sous la direction de Rémy PETIT. Mon stage avait pour but d'intégrer et de découvrir le fonctionnement du milieu de la recherche, tout en approfondissant mes connaissances en botanique et en entomologie. Pour cela j'ai participé à diverses manipulations et relevés d'insectes à la fin du printemps et au début de l'été sur les domaines de la Grande Ferrade à Villenave-d'Ornon et de l'Ermitage à Cestas. Grâce à ces relevés et aux données collectées les années précédentes j'ai pu identifier quels étaient les principaux pollinisateurs du châtaignier et interpréter les interactions entre les insectes et les arbres étudiés. Ce stage m'a permis d'acquérir de nouvelles connaissances sur la pollinisation et la botanique, tout en me confrontant au monde de la recherche. Il m'a aussi éclairé dans mon projet professionnel et dans la poursuite de mes études.

Remerciements

Je tiens tout particulièrement à te remercier Rémy pour ta patience, pour m'avoir partagé tes passions et avoir su instaurer, dès mon arrivée dans l'équipe, une ambiance conviviale. Je n'aurais pas cru, avant ce stage, pouvoir dire que les chercheurs comptaient les mouches, au sens littéral. Je n'aurais pas pu rêver meilleur encadrement pour un premier stage, tu m'as transmis ta passion du métier.

Merci également à toi, Clément, bon vivant de l'équipe qui a amené de la bonne humeur et des rires pendant la campagne de terrain et m'en a appris davantage sur le châtaignier.

Je remercie aussi Thibaut, co-stagiaire en Master 2, et Cloée, technicienne de recherche à l'INRAE, qui ont participé aux manipulations et relevés d'insectes avec moi.

Tous m'ont fait confiance dans mon travail pour être rigoureuse. Les multiples connaissances qui m'ont été transmises et les moments d'échanges que nous avons passés durant ce stage me suivront longtemps

Introduction

L'UMR Biogeco

Mon stage a été réalisé au sein de Biogeco, une unité mixte de recherche de l'Université de Bordeaux et d'INRAE. Cette unité est dirigée par Christophe Plomion et composée de 3 pôles de compétences métiers (PCM) et de 7 équipes de recherches dont l'équipe ECOGERE (Écologie et Génétique de la Conservation et de la Restauration) que j'ai intégrée lors de mon stage. De manière générale, l'UMR Biogeco est orientée vers l'analyse de la structure, de la fonction et de l'évolution de la biodiversité à différentes échelles (des gènes aux communautés d'organismes). La perspective commune est la gestion durable des ressources et des milieux. De manière plus particulière, l'équipe ECOGERE est associée à l'unité de service FAUNA (Observatoire de la faune sauvage de Nouvelle-Aquitaine). Cette équipe concentre ses recherches sur l'étude de l'écologie et de la génétique des populations et des communautés d'organismes pour la conservation et la restauration.

Sujet de stage

La thématique de mon stage porte sur la pollinisation et les pollinisateurs du châtaignier. Plus précisément les objectifs étaient de mieux caractériser la pollinisation du châtaignier par les insectes, en particulier en identifiant **les raisons conduisant les insectes à visiter les fleurs femelles**, sachant que celles-ci n'offrent pas de récompense aux insectes sous forme de pollen ou de nectar. Une des hypothèses de l'équipe, sur laquelle j'étais chargée de me documenter, était un possible **mimétisme des fleurs mâles par les fleurs femelles du châtaignier, permettant d'améliorer la pollinisation des fleurs femelles**.

Afin de me familiariser avec les méthodes d'inventaire d'insectes et d'identification sur photographie, nous avons effectué au début de mon stage des relevés d'insectes visiteurs des fleurs sur le domaine de l'Ermitage à Cestas. Nous avons utilisé le protocole SPIPOLL qui consiste à photographier tous les insectes visitant une espèce de plante pendant 20 min (Deguines et al. 2012), et l'avons appliqué sur différentes plantes (*Achillea millefolium*, *Lotus corniculatus*, *Simethis mattiazzii* et *Sambucus nigra*). Une fois les insectes identifiés, j'ai déposé nos photographies sur la plateforme SPIPOLL (<https://www.spipoll.org>) prévue à

cet effet et j'ai eu rapidement plusieurs retours confirmant généralement mes identifications.

Pour mes recherches bibliographiques, j'ai utilisé les outils *Google Scholar* et *Web of Science* en y rentrant les mots clés « intersexual mimicry », « floral mimicry » et « Batesian mimicry ». A ce jour, peu de recherches ont été effectuées sur le mimétisme intersexuel et notamment sur la manière de prouver son existence. Cependant on trouve régulièrement des indications que chez les espèces avec des fleurs unisexuées, les fleurs mâles offrent plus de récompenses que les fleurs femelles (Castillo et al. 2012 ; Dafni et al. 1984 ; Schaefer et al. 2009). De plus, dans certains cas, les fleurs femelles dépourvues de récompense ressemblent aux fleurs mâles attractives, ce qui suggère un mimétisme intersexuel et une pollinisation des fleurs femelles par tromperie (Bawa 1977, Castillo et al. 2012 ; Dafni et al. 1984, Schaefer et al. 2009 ; Yang et al. 2022).

de Jager et al. (2019) proposent plusieurs conditions nécessaires à l'existence du mimétisme : existence d'un modèle (1), d'un mime (2), et enfin de receveurs exerçant une sélection sur le mime (3).

Concernant la première condition, de Jager et al. (2019) expliquent qu'une diminution de la fitness du mime causée par l'augmentation de la distance mime-modèle ou la diminution d'abondance des modèles est un bon indicateur de l'existence d'un mimétisme (de Jager et al. 2019). Ceci suppose à l'inverse que la fitness du mime soit augmentée quand il est perçu par les receveurs comme semblable au modèle (de Jager et al. 2019, Johnson et al. 1994 ;).

Afin de remplir la seconde condition, le mime présumé doit ressembler au modèle pour les pollinisateurs, en fonction de leurs propres capacités sensorielles. Si le mimétisme est réussi, les insectes sont incapables de discriminer les différents types d'inflorescence (Jager et al. 2019 ; Jamie 2017). Toutefois, il est établi que les fleurs femelles nécessitent peu de visites pour être fécondées et produire des graines (Larue et al. 2021a). Ces fleurs n'ont donc pas besoin d'être aussi attractives pour les insectes que les fleurs mâles (Pauly 2022), facilitant la mise en place d'un mécanisme de mimétisme, même imparfait. L'hypothèse d'automimétisme a déjà été testée en analysant les couleurs et pigments floraux par spectrométrie et en cartographiant des loci de couleur dans un espace colorimétrique

d'abeille (Benitez-Vieyra et al. 2007 ; Johnson et al. 1994 ; Krishna et Somanathan 2018 ; Yang et al. 2022). Les abeilles semblent particulièrement sensibles aux variations de couleurs et sont plus rarement trompées que les autres insectes. Par ailleurs, le mime doit être en plus faible fréquence que le modèle pour limiter la mise en place de stratégies d'évitement par les receveurs (Larue et al. 2021a ; de Jager et al. 2019 ; Russel et al. 2021).

La troisième condition est que la ressemblance du mime avec le modèle bénéficie au mime, c'est-à-dire qu'il y ait un effet positif sur la pollinisation et le succès reproducteur.

Plusieurs études ont tenté de caractériser l'automimétisme en mesurant les ressemblances morphologiques, olfactives et chimiques entre fleurs mâles et femelles (Yang et al. 2022 ; Bawa, 1980 ; Kidyoo et al. 2012 ; Benitez-Vieyra et al. 2007, Soler et al. 2012). Ces études ont permis de montrer qu'un mimétisme imparfait était fréquent. Le comportement des pollinisateurs a aussi été étudié (Russel et al. 2021). Les insectes apprenant rapidement à distinguer mimes et modèles, le temps passé par les insectes sur les modèles est plus important (Yang et al. 2022). Le comportement des pollinisateurs dépend alors de la fréquence relative du mime et du modèle (Russel, 2020). Au cours de cette campagne de terrain, nous avons effectué de nouvelles observations et expérimentations sur la pollinisation du châtaignier, espèce d'arbre dont les fleurs femelles n'offrent pas de récompense et suspectée être auto-mimétique (Larue et al. 2021a), afin de chercher à comprendre pour quelle raison les insectes visitent les fleurs femelles.

Matériel et méthodes

Le modèle biologique : le châtaignier

Le châtaignier (*Castanea*) est un genre d'arbre de la famille des *Fagaceae*, très cultivé en Europe depuis des millénaires pour ses fruits, les châtaignes. Cet arbre est monoïque, c'est-à-dire qu'il possède des fleurs unisexuées distinctes (mâles et femelles) sur un même arbre. Les fleurs mâles, regroupées en chatons, apparaissent vers la fin du printemps (Larue et al. 2021a) et produisent du pollen en abondance ainsi que du nectar. Les fleurs femelles, ne possédant aucune forme de récompense pour les insectes, fleurissent à la base de rameaux bisexués. Ces rameaux portent également un chaton mâle qui fleurit en dernier,

constituant un troisième pic de floraison. Cet enchaînement de phases de floraison, mâle-femelle-mâle, s'appelle la duodichogamie, et se déroule pendant quelques semaines, de fin mai à début juillet. Le châtaignier est une espèce auto-incompatible qui a été considérée jusqu'à récemment comme pollinisée principalement par le vent. Or, nous savons aujourd'hui qu'elle est pollinisée par les insectes (Larue et al. 2021a ; Petit et Larue 2022). Certains châtaigniers sont mâles-fertiles (longistaminés, avec de nombreux étamines bien visibles grâce à leurs longs filets) et produisent une grande quantité de pollen alors que d'autres sont mâle-stériles (astaminés, étamines avortées ou rares), c'est-à-dire qu'ils ne produisent pas de pollen (Figure 1).



Figure 1 : Différence entre un arbre mâle-fertile et mâle-stérile. a) Branche d'arbre longistaminé avec des rameaux unisexués mâles et bisexués. b) Agrandissement de rameaux bisexués avec présence de fleurs femelles à la base et d'un chaton mâle-fertile associé. c) Branche d'arbre astaminé avec des rameaux unisexués mâles et des rameaux bisexués. d) Agrandissement d'un rameau bisexué avec à sa base une fleur femelle suivie d'un chaton mâle-stérile.

Les inflorescences femelles, composées de trois fleurs, possèdent une morphologie particulière avec de nombreux styles blancs regroupés et érigés (Figure 2). Cette morphologie rappelle à première vue celle d'une fleur mâle avec des étamines hérissées. A partir de cette observation, l'hypothèse d'un « *intersexual Bakerian mimicry* », ou automimétisme, a été émise afin d'expliquer l'attractivité des fleurs femelles pour les

insectes (Larue et al. 2021a). Une autre hypothèse pour expliquer l'attraction des insectes pour ces fleurs serait que leur morphologie particulière et leur association avec un chaton mâle attractif facilite l'atterrissage et le perchage des insectes, notamment les diptères.

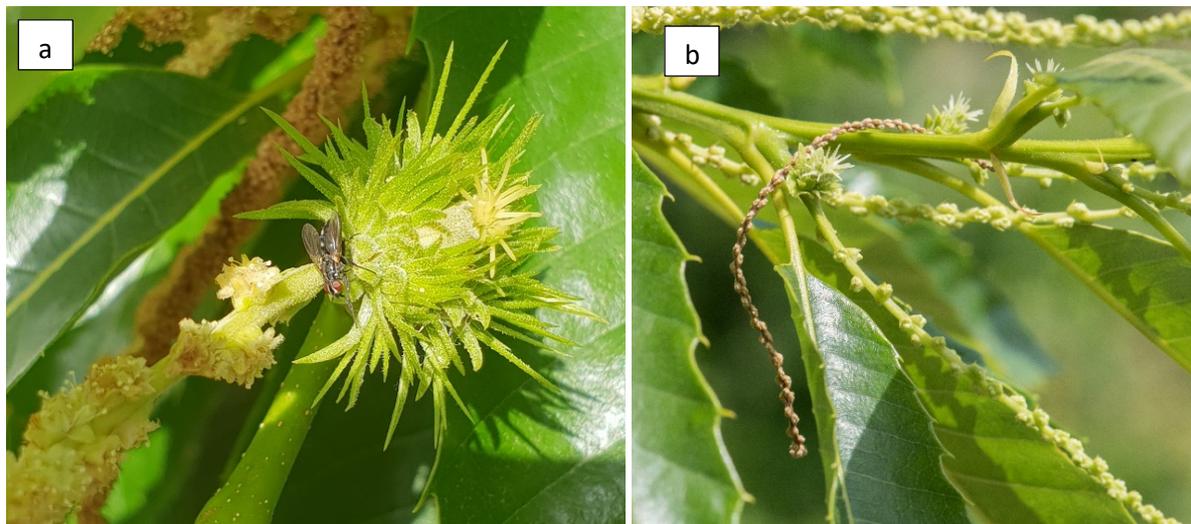


Figure 2 : Inflorescence femelle. a) Agrandissement d'une inflorescence femelle avec *Medina* sp. sur sa bractée florale. b) Inflorescence femelle à la base de chatons mâles.

En effet, Pauly (2022) a démontré que chez le châtaignier les insectes sont souvent plus nombreux lors du premier pic d'émission de pollen, mais visitent les fleurs femelles plus fréquemment lors du deuxième pic de production de pollen : le chaton mâle d'un rameau bisexué attirerait les insectes à proximité des fleurs femelles, favorisant ainsi leur pollinisation.

Suite aux travaux réalisés par l'équipe (Larue et al. 2021a ; Pauly 2022), il ressort que les téléphores fauves (*Rhagonycha fulva*) sont les insectes présents en plus grande quantité sur le châtaignier en fleur dans notre site d'étude. Néanmoins, les téléphores présents sur un arbre y semblent inféodés et ne vont pas d'arbre en arbre (Larue 2021). Or, le châtaignier étant un arbre auto-incompatible, il nécessite de l'allopollen pour être fécondé. Le succès reproducteur des châtaigniers astaminés est nettement plus élevé que celui des châtaigniers longistaminés (Larue 2021). Chez les arbres longistaminés, du fait de l'abondance de pollen produit lors du premier pic de floraison mâle, il y a interférence de l'autopollen apporté par les téléphores avec les ovules. Ceci aboutit à l'avortement de ces ovules qui ne donnent donc pas de fruits. De ce fait, il y a un avantage des arbres astaminés qui ne présentent peu ou pas d'interférence du fait de l'absence de pollen produit, tout en attirant quand même les insectes grâce au nectar produit par les chatons mâles, au même titre que les arbres longistaminés.

Les abeilles mellifères (*Apis mellifera*, *Apidae*) sont très présentes sur l'arbre lors du premier pic de floraison mais ne visitent pratiquement jamais les fleurs femelles (Larue et al. 2021a ; Pauly 2022). Elles sont attirées par la forte offre de pollen et de nectar des chatons mâles des rameaux unisexués mais sont de simples visiteuses du châtaignier car elles ne permettent pas sa pollinisation. Les seuls insectes présents partout en nombre suffisant pour être les pollinisateurs du châtaignier semblent ainsi être les diptères.

Manipulations : Émasculations

Nous avons émasculé cinq arbres, deux longistaminés et trois astaminés, présents sur le site INRAE de Villenave d'Ornon (Larue et al. 2021b). Sur chaque arbre, quatre modalités d'émasculatation sont utilisées, chaque traitement étant effectué deux fois : émasculatation des chatons mâles bisexués, des chatons mâles unisexués, des deux (émasculatation totale) et le témoin (aucune émasculatation). Nous avons ensuite réalisé sur deux de ces arbres des relevés d'insectes de 10 min sur le modèle des relevés SPIPOLL (Deguines et al. 2012), en ciblant uniquement les branches de l'arbre marquées correspondant à chaque modalité. Ceci nous a permis de dénombrer les insectes sur les arbres et de photographier ceux nécessitant une identification ultérieure. Le but de cette manipulation était de comparer l'effet des rameaux unisexués et bisexués sur le nombre de visites aux fleurs femelles. L'hypothèse est que l'émasculatation des unisexués augmenterait le taux de visite des fleurs femelles, l'absence du modèle étant dans ce cas favorable au mime. Il y aurait deux raisons possibles pour ça : les insectes préféreraient « l'original à la copie », donc en l'absence du modèle les visites du mime augmenteraient. Ou alors ces visites augmenteraient parce que le mime est moins dilué parmi de nombreux chatons mâles servant de modèle, et serait donc plus visible (visite fréquence-dépendante). Dans le premier cas, l'effet ne serait visible que pour des arbres mâle-fertiles, car les arbres mâle-stériles n'ont pas d'étamines ressemblant à des fleurs femelles. L'émasculatation des rameaux bisexués aboutirait à contrario à une diminution des visites car leur fonction serait d'attirer les insectes près des fleurs femelles grâce aux récompenses (pollen et nectar) produites par le chaton mâle.

Tests photographiques sous UV

Les insectes ont une vision trichromatique, comme les humains, mais qui est déportée vers la lumière bleue (Franceschini et al. 2008). Afin de mieux caractériser la ressemblance des

fleurs femelles (mimes) et mâles (modèles), Clément Larue (post doctorant dans l'équipe) a réalisé ce printemps des photos de rameaux bisexués sous lumière UV. Cela permet d'observer s'il existe des motifs sur les fleurs visibles par les insectes pollinisateurs (leur permettant notamment de mieux repérer les récompenses) et invisibles pour nous. Par exemple, sur l'Astéracée jaune (Figure 3) on peut voir que le contraste entre étamines et le reste de la fleur est plus grand dans le spectre UV que dans le visible. Cela aiderait les insectes à repérer les récompenses à les inciterait à venir polliniser la plante.

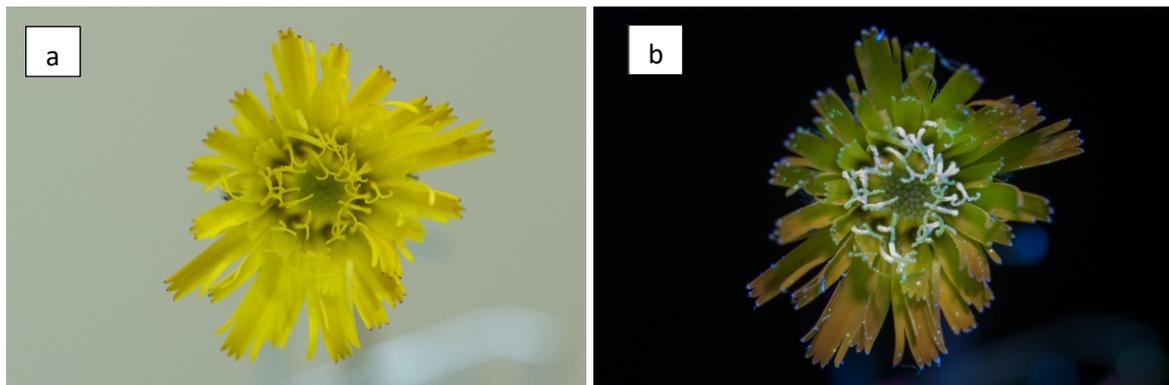


Figure 3 : a) Astéracée photographiée sous lumière naturelle. b) Astéracée photographiée sous ultraviolet

Interactions des insectes avec les fleurs femelles

La deuxième expérience consiste à recenser les insectes interagissant avec les inflorescences femelles de châtaignier et à baguer celles qui sont visitées. Cela permettra de déterminer à la fin de l'expérimentation le degré d'attractivité de chacune des inflorescences femelles pour les différents groupes d'insectes, puis d'identifier les caractéristiques des inflorescences (position, orientation, ...) influençant les visites d'insectes et le succès de la pollinisation. Les relevés dédiés aux fleurs femelles duraient entre 1h et 1h30 et étaient intercalés avec des inventaires d'insectes de 10 min effectués sur l'ensemble de l'arbre (branches, feuilles, inflorescence) à différents moments de la journée. Plusieurs codes de baguage ont été utilisés pour tracer le nombre de visites par inflorescence femelle et différencier les genres d'insectes les visitant (protocole en annexe).

Nous avons cherché à étudier en particulier les diptères se posant sur les fleurs femelles. Avant de débiter les relevés et afin de faciliter leur reconnaissance sur le terrain, j'ai créé un document d'identification des mouches les plus communes visitant les châtaigniers en fleur. Pour faire ce document je me suis servi des relevés de l'année précédente, effectués par Grégoire Pauly sur l'ensemble des arbres étudiés. Par la suite j'ai modifié ce document avec

nos observations plus précises sur les inflorescences femelles. Concernant toutes les déterminations d'insectes par photographie faites durant ce stage, j'ai utilisé principalement le site du [Monde des Insectes](#) et notamment la galerie présentant toutes les photos de toutes les espèces françaises validées par les modérateurs.

Résultats et discussion

Les observations et analyses sont en cours, mon stage se terminant le 15 juillet. Je donne ici quelques indications préliminaires sur les premiers résultats obtenus.

Emasculat

Pour valider si au moins une des conditions d'automimétisme proposée par de Jager et al. (2019) est remplie, il faudrait observer comment la fitness femelle évolue avec la présence ou l'absence des fleurs mâles. Nous avons testé cela avec des expériences d'émasculat (Figure 4) dont les résultats seront disponibles à l'automne prochain, quand le taux de remplissage des bogues pourra être mesuré (i.e. le nombre de fruits développés sur les trois que contient la bogue, qui permet d'estimer la probabilité de fécondation des fleurs femelles). Nous avons déjà noté une diminution d'un facteur deux des visites par les insectes, sur les rameaux aux inflorescences totalement ou partiellement émasculées par rapport aux inflorescences témoins (non émasculées) : lors d'un relevé de 10 min, en moyenne 7 visites étaient effectuées sur les rameaux émasculés contre 13 visites en moyenne pour les témoins.



Figure 4 : a) Branche avant émasculat de chatons unisexués. b) Branche après émasculat

Photographie UV

Au cours des différentes phases de la floraison, nous avons constaté globalement que les fleurs femelles étaient beaucoup moins visitées que les fleurs mâles. Nous avons

également noté que la densité et la fréquence de présence des fleurs femelles sur un arbre étaient nettement inférieures à celles des chatons mâles. Par ailleurs, les fleurs femelles ne fournissent aucune récompense pour les insectes. Selon de Jager et al. (2019), ces observations sont compatibles avec l'existence d'un mécanisme d'automimétisme. Néanmoins, nous pouvons voir sur les photos prises sous UV (Figure 5) que chez le châtaignier, seules les anthères (à l'extrémité des filaments des étamines) et la base des glomérules du chaton mâle, où se trouvent le nectar, fluorescent en bleu. Les styles ne montrent pas de fluorescence particulière. Ces tests indiquent qu'il n'y a en réalité aucun signal à destination des insectes pollinisateurs détectable sur les fleurs femelles éclairées en lumière UV et aucune ressemblance avec les fleurs mâles dans cette partie du spectre lumineux. Nous en avons conclu que l'hypothèse initiale de pollinisation par tromperie était peu probable. Nous n'avons en conséquence pas effectué d'étude morphométrique comparée des fleurs mâles et femelles en laboratoire (Bawa 1980 ; Benitez-Vieyra et al. 2007 ; Kidyoo et al. 2012 ; Krishna et Somanathan 2018 ; Yang et al. 2022), comme cela avait été envisagé initialement. Notre hypothèse de départ n'étant pas validée, il reste à trouver la raison de la visite des fleurs femelles par les insectes.



Figure 5 : a) Photographie d'un rameau bisexué sous lumière naturelle. b) Photographie d'un rameau bisexué sous lumière ultraviolette

Interactions avec les fleurs femelles

Nous avons réussi à observer, sur deux arbres, plusieurs centaines d'interactions avec les fleurs femelles. Les données sont en cours d'analyse. Presque toutes les inflorescences

accessibles sur les deux arbres suivis ont été baguées, indiquant que sur ces arbres les inflorescences femelles sont souvent visitées plusieurs fois au cours de la période où elles sont réceptives (Figure 6). Pour une heure, une durée d'observation et un arbre donnés au premier pic de floraison, on a pu observer 27 interactions avec les fleurs femelles. Lors du deuxième pic, une fois les chatons mâles unisexués tombés et ceux des rameaux bisexués fleuris, on en a observé nettement plus (46). Ces résultats confirment ceux de Pauly (2022) indiquant que le deuxième pic de production de fleurs mâles joue un rôle pour attirer les insectes vers les fleurs femelles, facilitant leur pollinisation.

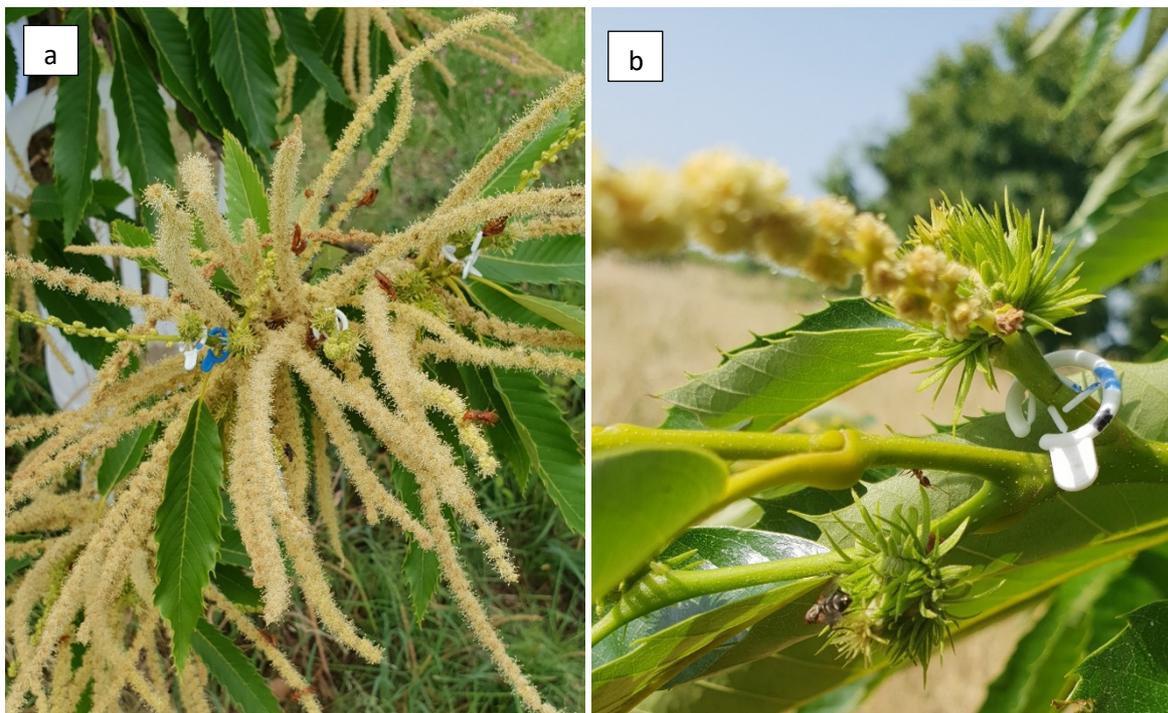


Figure 6 : a) Branche d'arbre longistaminé avec les chatons mâles des rameaux unisexués fleuris et visités par des téléphores fauves et des fleurs femelles baguées (bleu et blanc). b) Zoom sur une fleur femelle baguée et visitée plusieurs fois (marquage au feutre).

Les insectes visitant les fleurs femelles étaient principalement les téléphores fauves (81% du total des visites) puis les diptères (environ 14%). Plus particulièrement, différentes espèces de mouches interagissent sur le châtaignier comme : *Stevenia sp.* (*Rhinophoridae*), *Dexia rustica* (*Tachinidae*), *Helina reversio* (*Muscidae*), *Delia platura* (*Anthomyiidae*) et *Sarcophaga sp.* (*Sarcophagidae*). Après avoir effectué plusieurs relevés, nous pouvons affirmer que les diptères interagissant avec les fleurs femelles ne sont pas toujours ceux présents en plus grand nombre sur l'arbre. En effet, les mouches *Stevenia sp.* (*Rhinophoridae*) sont très abondantes sur le châtaignier mais les interactions de diptères avec les fleurs femelles sont

majoritairement effectuées par des *Sarcophaga sp.* (*Sarcophagidae*), *Lucilia sp.* (*Calliphoridae*) et *Dexia rustica* (*Tachinidae*). Bien que les diptères soient moins présents que les téléphores sur les arbres étudiés, comme les fleurs femelles ont besoin de peu de visites pour être fécondées, cela n'est pas contradictoire avec l'hypothèse que les diptères sont les principaux pollinisateurs du châtaignier.

Notre impression est que les interactions observées sur le terrain semblaient plutôt accidentelles autant pour les coléoptères que pour les diptères. Ces insectes ont tendance à se déplacer en marchant ou par une série de petits vols une fois posés sur les fleurs, favorisant le contact avec les fleurs femelles, à condition que celles-ci soient placées proches des chatons mâles attractifs et positionnées de façon optimale, a priori de façon plutôt vers le haut (fleurs érigées), les insectes semblant favoriser les endroits situés en hauteur pour se percher. Nous allons prochainement mesurer les positions et l'orientation des inflorescences femelles de ces deux arbres pour tester cette hypothèse.

Pour conclure, un mimétisme intersexuel des fleurs femelles sur les fleurs mâles semble très peu probable au vu de nos résultats. Une autre hypothèse est désormais privilégiée.

Conclusion

Tout d'abord, ce stage m'a permis d'intégrer une équipe (Figure 7) et de découvrir le domaine de la recherche que je ne connaissais pas. J'ai eu l'occasion de voir comment communiquaient les différentes composantes de l'équipe ECOGERE notamment lors de deux réunions d'équipe. J'y ai aussi découvert le cheminement d'un travail de recherche en effectuant en amont du travail bibliographique puis par la suite des relevés et manipulations sur terrain. Ce stage m'a fait acquérir une grande quantité de savoir en entomologie mais aussi en botanique. J'ai pu en effet mettre en application mes connaissances de cours de Taxonomie et même les compléter largement. Au début de ce stage mes connaissances en entomologie étaient quasiment nulles, j'en ressors avec des bases solides et concrètes, notamment pour l'identification des diptères (utilisation des nervures, des soies, principales familles). J'avais postulé à ce stage pour découvrir le monde de la recherche que je n'envisageais pas dans la poursuite de mon cursus. Ce stage me fait remettre en question cette décision car j'ai intégré une équipe qui m'a fait déconstruire mes aprioris et donné l'envie de travailler dans leur monde. Par ailleurs, les relevés sur terrain bien qu'épuisant à cause des conditions météorologiques m'ont beaucoup plu car il s'agissait de l'application de tout ce que j'avais cherché au début de mon stage pendant plusieurs semaines à travers des articles scientifiques. Étonnamment ce stage m'a aussi permis de me rassurer quant à mes compétences de compréhension de l'anglais. Après avoir lu et compris des dizaines d'articles scientifiques et pointilleux sur un sujet qui ne m'était au début pas familier j'ai pu voir l'étendue de mes capacités. Interagir avec mon tuteur et son équipe a été le plus enrichissant et j'en ressortirais changée. Il y avait un débordement de connaissances et de partage évident qui m'ont tout de suite stimulé. J'ai eu l'impression de faire partie d'un projet important et d'avoir la capacité d'intégrer mes idées sur le sujet qu'on m'a attribué malgré mon niveau d'expérience et de connaissances bien inférieurs à ceux de mes encadrants et co-stagiaires. Un réel sentiment d'égalité qui m'a donné l'envie de venir tous les jours travailler et d'orienter la poursuite de mes études vers la recherche.

Annexe

Protocoles Inventaire *Castanea sp.*

Protocole Émascultation :

- Prendre une photo de l'étiquette avec l'identifiant de l'arbre
- Prendre une photo de l'étiquette présentant la modalité prospectée (témoins et émascultation : unisexuée, bisexuée ou totale)
- Remplir la fiche (Dates, Intervenant.e.s, Modalité, Indicatif arbre, Couverture nuageuse, Vent, Température)
- Noter la phénologie des différents chatons (mâle unisexué, femelle et mâle bisexué), et prendre en photo une inflorescence de chaque
- Noter l'heure de début de relevé qui durera 10mn :
 - ➔ Inventorier les insectes visitant l'arbre à hauteur d'homme (< 2m)
 - ➔ Dans le cas des téléphores fauves et des abeilles mellifères, faire une estimation s'ils sont nombreux
 - ➔ Prendre une photo de chaque espèce inventoriée si cela est possible, et annoter le numéro de photo
 - ➔ Préciser le nombre d'insectes en couples
 - ➔ Préciser les insectes visitant une fleur femelle
- Noter l'heure de fin de relevé
- Lors de la saisie de données, identifier ou vérifier la détermination des taxa grâce aux photos

Effectuer ce protocole pour les 4 modalités répétées 2 fois sur les 2 arbres (16 relevés au total)

Protocole Bague Fleur Femelle :

- Prendre une photo de l'étiquette avec l'identifiant de l'arbre
- Remplir la fiche (Dates, Intervenant.e.s, Indicatif arbre)
- Lors du relevé (environ 1h) :
 - ➔ Noter chaque interaction en remplissant le tableau (heure de l'interaction, sp insecte, où était l'insecte avant et après l'interaction, la partie du corps de l'insecte ayant touché les stigmates, le numéro de photo, la phénologie du chaton associé à la fleur femelle, indiquer si c'est un couple)).
 - ➔ Lors d'une interaction baguer la fleur femelles correspondante à la base de la fleur femelle (attention au chaton présentant plusieurs fleurs femelles) :
 - Bague bleue pour les diptères
 - Bague blanche pour les coléoptères avec sur la bague :
 - ❖ Pas de lettre spécifique pour le téléphore fauve
 - ❖ C pour un cistèle jaune
 - ❖ A pour une *Harmonia axyridis* (coccinelle asiatique)
 - ❖ F pour une fourmi
 - ❖ O pour une *Oenopia conglobata* (coccinelle zig zag)
 - ❖ Nd : ajouter une 2^{nde} bague si un taxon différent visite une fleur déjà baguée
 - Mettre un trait pour chaque nouvelle interaction sur une fleur femelle déjà baguée

Effectuer ce protocole sur les 2 arbres étudiés

Fiche terrain des principaux diptères des fleurs de châtaigniers

***Helina reversio* (Muscidae)**



Taille : 5-7mm. Thorax gris/jaune, 4 taches noires sur l'abd. Tibias orangés, fémur noirs à apex orangés

Anthomyie pluviale (Anthomyia pluvialis, Anthomyiidae)



Taille : 5-7 mm. Scu gris avec taches noires latérales. Abdomen gris avec 3 taches triangulaires/tergites.

Grandes mouches à damier (*Sarcophaga aff. Carnaria, Sarcophagidae*)



Taille : 8-15 mm. Thorax gris à bandes noires. Abdomen noir avec des carrés gris clairs formant un damier. Yeux rouges et glabres.

***Dexia rustica* (Tachinidae)**

Taille : 8-13 mm. Thorax brun-gris à petites bandes sombres. ♂ ab: jaune-orangé à bande longitudinale centrale noire. ♀ ab : gris brun.



La mouche tigrasse (*Coenosia tigrina, Muscidae*)



Pas de bandes noires sur thorax

***Limnophora obsignata* (Muscidae)**



Petites mouches à damier (*Sarcophaga. Sp*)



***Dinera grisescens* (Tachinidae)**

Taille : 5-7 mm. Corps gris jaunâtre. Tibias jaunes, fémurs jaunes ou bruns. Pas de tache en arrière du scutellum comme Dexia



Medina. sp (Tachinidae)

Taille : 6 mm. Soies scutellaires apicales manquantes. Palpes noirs. Femelles : postabdomen à la fin avec un tergite 7 en forme de plaque. Mâles : sternite 5 avec une touffe de poils visible de profil



Pollenia sp (Calliphoridae)

Taille 8-10 mm. Pilosité dorée s'estompe avec l'âge. Abdomen noir avec motif à damier argenté. Plus grande que la mouche domestique, sombre et ses ailes peuvent se chevaucher.



Stevenia (Rhinophoridae)

Taille : 5-7 mm. Sternites masquées. Tergites à fortes soies marginales. Visage à peine creusé. Femelles : abdomen sans ovipositeur ni patch d'épis.



Botanophila fugax (Anthomyiidae)

Taille : 6-7 mm. Grise avec stries sombres sur thorax. Pattes noires. Epine costale longue. Arista glabre. Soie pré alaire robuste. Femelle avec yeux espacés et front orange.



Delia platura (Anthomyiidae)

Taille : 3-5 mm. Thorax gris avec points noirs. Nervure anale 1 touche le bord de l'aile. Pattes noires.



Fin de la campagne de terrain



Figure 7 : Photographie de la « CastaTeam » vers la fin de la floraison des châtaigniers au domaine de la Grande Ferrade de Villenave d'Ornon

Bibliographie

- Bawa, K. S. (1977). The reproductive biology of *Cupania guatemalensis* Radlk. (Sapindaceae). *Evolution*, 31(1), 52-63.
- Bawa, K. S. (1980). Mimicry of male by female flowers and intrasexual competition for pollinators in *Jacaratia dolichaula* (D. Smith) Woodson (Caricaceae). *Evolution*, 467-474.
- Benitez-Vieyra, S., Hempel de Ibarra, N., Wertlen, A. M., & Cocucci, A. A. (2007). How to look like a mallow: evidence of floral mimicry between Turneraceae and Malvaceae. *Proceedings. Biological sciences*, 274(1623), 2239–2248. <https://doi.org/10.1098/rspb.2007.0588>
- Castillo, R. A., Caballero, H., Boege, K., Fornoni, J., & Dominguez, C. A. (2012). How to cheat when you cannot lie? Deceit pollination in *Begonia gracilis*. *Oecologia*, 169(3), 773-782.
- Dafni, A. (1984). Mimicry and deception in pollination. *Annual review of ecology and systematics*, 15(1), 259-278.
- de Jager, M. L., & Anderson, B. (2019). When is resemblance mimicry?. *Functional Ecology*, 33(9), 1586-1596.
- Deguines, N., Julliard, R., De Flores, M., & Fontaine, C. (2012). The whereabouts of flower visitors: contrasting land-use preferences revealed by a country-wide survey based on citizen science.
- Franceschini, N., & Biorobotique, E. (2008). Couleur et Mouvement dans la Vie d'un Insecte.
- Jamie, G. A. (2017). Signals, cues and the nature of mimicry. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 284(1849), 20162080.
- Johnson, S. D. (1994). Evidence for Batesian mimicry in a butterfly-pollinated orchid. *Biological Journal of the Linnean Society*, 53(1), 91-104.
- Kidyoo, A. M., & McKey, D. (2012). Flowering phenology and mimicry of the rattan *Calamus castaneus* (Arecaceae) in southern Thailand. *Botany*, 90(9), 856-865.
- Krishna, S., & Somanathan, H. (2018). Intersexual mimicry and flowering phenology facilitate pollination in a dioecious habitat specialist species, *Myristica fatua* (Myristicaceae). *Plant Ecology*, 219(10), 1247-1257.
- Larue, C. (2021). De la pollinisation à la formation des graines : le cas du châtaignier. Biologie végétale. Université de Bordeaux. Français. NNT : 2021BORD0349 . tel-03533842v2
- Larue, C., Austruy, E., Basset, G., & Petit, R. J. (2021a). Revisiting pollination mode in chestnut (*Castanea spp.*): An integrated approach. *Botany Letters*, 168(3), 348-372.
- Larue, C., Barreneche, T., & Petit, R. J. (2021b). An intensive study plot to investigate chestnut tree reproduction. *Annals of Forest Science*, 78(4), 1-5.
- Petit, R. J., & Larue, C. (2022). Confirmation that chestnuts are insect-pollinated. *Botany Letters*, 1-5.

- Russell, A. L., Kikuchi, D. W., Giebink, N. W., & Papaj, D. R. (2020). Sensory bias and signal detection trade-offs maintain intersexual floral mimicry. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 375(1802), 20190469.
- Russell, A. L., Sanders, S. R., Wilson, L. A., & Papaj, D. R. (2021). The Size of it: Scant Evidence That Flower Size Variation Affects Deception in Intersexual Floral Mimicry. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 560.
- Schaefer, H. M., & Ruxton, G. D. (2009). Deception in plants: mimicry or perceptual exploitation?. *Trends in Ecology & Evolution*, 24(12), 676-685
- Soler, C. C., Proffitt, M., Bessièrè, J. M., Hossaert-McKey, M., & Schatz, B. (2012). Evidence for intersexual chemical mimicry in a dioecious plant. *Ecology Letters*, 15(9), 978-985.
- Yang, J., Niu, Y., Sun, W. B., Cai, X. H., & Chen, G. (2022). Intersexual mimicry and imperfect deceit of a threatened aquatic herb *Ottelia acuminata*. *Journal of Systematics and Evolution*, 60(2), 377-385.