

Connaissance du châtaignier #2



Mon verger est-il bien pollinisé ?

Clément Larue et Rémy Petit



RÉGION
Nouvelle-
Aquitaine



La pollinisation du châtaignier

Le châtaignier est un arbre **entomophile**^{1,2} : il est pollinisé par les insectes, principalement les mouches à calypstre et les coléoptères, et pas par les abeilles, et ceci qu'elles soient sauvages ou domestiques. C'est un arbre **auto-incompatible**^{3,4}, c'est-à-dire que les fleurs femelles d'un arbre doivent être pollinisées par du pollen produit par un autre arbre appartenant à une variété clonale différente. Les inflorescences femelles se trouvent à la base des chatons bisexués (**Figure 1.1**). Chaque inflorescence femelle est composée de trois fleurs femelles situées côte à côte (**Figure 1.2**), et chacune de ces fleurs femelles deviendra potentiellement une châtaigne (**Figure 1.3**). En se développant, les bractées florales à la base de l'inflorescence formeront la bogue piquante qui protège les châtaignes (**Figure 1.4**). Dès la fin de la floraison, une partie des inflorescences femelles peut avorter (**Figure 1.5**). Dans les inflorescences qui se développent et deviennent des bogues, les fleurs femelles pollinisées forment une châtaigne contenant la plupart du temps une seule amande (**Figure 1.6**). Au contraire, si la fleur femelle n'a pas reçu de pollen compatible, elle formera un fruit vide. En effet, le péricarpe est d'origine maternelle et se développe même si la fleur femelle n'est pas fécondée : la châtaigne formée est donc dépourvue d'amande (**Figure 1.7**). Si le verger est bien pollinisé, une part importante des fleurs formera des fruits. Cependant, si les arbres producteurs de pollen ne sont pas assez nombreux et diversifiés, à la fois la qualité et la quantité de pollen disponible seront **limitantes**⁵. Si les insectes pollinisateurs sauvages ne sont pas assez nombreux, le pollen ne sera pas transporté correctement entre les arbres, et peu de fleurs femelles seront pollinisées : c'est la **limitation par les insectes pollinisateurs**⁵. Ainsi, dans un verger, si les services de pollinisation ne sont pas de qualité, la production de fruits sera fortement limitée⁵.

Le taux de remplissage

Le **taux de remplissage** des bogues correspond au pourcentage de fleurs femelles qui donnent des fruits développés (**Figure 1.6**, châtaigne avec une amande). Mieux le verger est pollinisé, plus ce taux de remplissage sera élevé. Ce taux ne dépend que du succès de la pollinisation, pas des ressources auxquelles l'arbre a accès : lorsque les ressources disponibles augmentent, le poids des fruits formés augmentent mais pas la probabilité qu'une fleur femelle donne un fruit. Pour mesurer ce taux de remplissage, une première approche consiste à compter les fruits développés dans 100 bogues. Elle a été utilisée pendant de nombreuses années par l'INRA et le CI-REA pour étudier les compatibilités entre variétés⁶. Mais cette mesure surestime la qualité du service de pollinisation car les bogues qui avortent au cours de l'été, souvent les moins bien pollinisés, ne sont pas pris en compte. De plus, cette erreur est plus élevée dans les vergers les moins bien pollinisés⁷. Il faut donc utiliser un taux de remplissage corrigé.

Il est possible d'estimer sans biais la **probabilité qu'une fleur femelle donne une châtaigne** en utilisant une **loi binomiale zéro-tronquée**⁸. L'utilisation de cette méthode permet de ne se baser que sur les bogues avec au moins un fruit développé (**Figure 2**). La correction aboutit à une mesure non biaisée. Cette probabilité est calculée ainsi⁹ :

$$\hat{p} = \frac{3}{2} - \sqrt{3 \frac{x_1 + x_2 + x_3}{x_1 + 2x_2 + 3x_3} - \frac{3}{4}}$$

\hat{p} = Probabilité qu'une fleur femelle donne un fruit

x_1, x_2, x_3 = Nombre de bogues à 1, 2 ou 3 fruits développés

Un taux fortement variable suivant les vergers

Cette mesure du taux de remplissage corrigé est un outil précieux pour étudier la qualité du service de pollinisation dans les vergers et repérer les vergers où le service de pollinisation peut être amélioré. Les variétés mâle-stériles possèdent un taux de remplissage plus élevé que les

variétés mâle-fertiles, car elles n'ont pas de problème d'interférence avec l'auto-pollen^{8,9}. Le type de verger a aussi un effet majeur sur le succès de la pollinisation et donc sur la production de fruits. Par exemple, le taux de remplissage de Marigoule peut être multiplié par cinq entre un verger monovariétal et un verger possédant de nombreux donneurs de pollen diversifiés⁵.

Références :

- [1] Larue C, Austruy E, Basset G, Petit RJ. *Revisiting pollination mode in chestnut (Castanea spp.): an integrated approach*. **Bot Lett.** 2021;168(3):348-372.
- [2] Petit RJ, Larue C. *Confirmation that chestnuts are insect-pollinated*. **Bot Lett.** 2022;169(3):370-374..
- [3] Stout AB. *Why are chestnuts self-fruitless?* **J New York Bot Grd.** 1926;27:154-158.
- [4] Xiong H, Zou F, Guo S, Yuan D, Niu G. *Self-sterility may be due to prezygotic late-acting self-incompatibility and early-acting in-breeding depression in Chinese chestnut*. **J Am Soc Hortic Sci.** 2019;144:172-181.
- [5] Larue C, Petit RJ. *Strong pollen limitation in genetically uniform hybrid chestnut orchards despite proximity to chestnut forests..* **Ann F Sci.** 2023; [in press]
- [6] Breisch H. *Châtaignes et Marrons*. **Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes**, Paris (France). 1995.
- [7] Larue C. *De la pollinisation à la formation des graines le cas du châtaignier*. PhD Thesis. Université de Bordeaux; 2021.
- [8] Larue C, Klein EK, Petit RJ. *Sexual interference revealed by joint study of male and female pollination success in chestnut*. **Mol Ecol.** 2023;32(5):1211-1228.
- [9] Larue C, Petit RJ. *Harmful self-pollination drives gynodioecy in European chestnut, a self-incompatible tree*. Published online

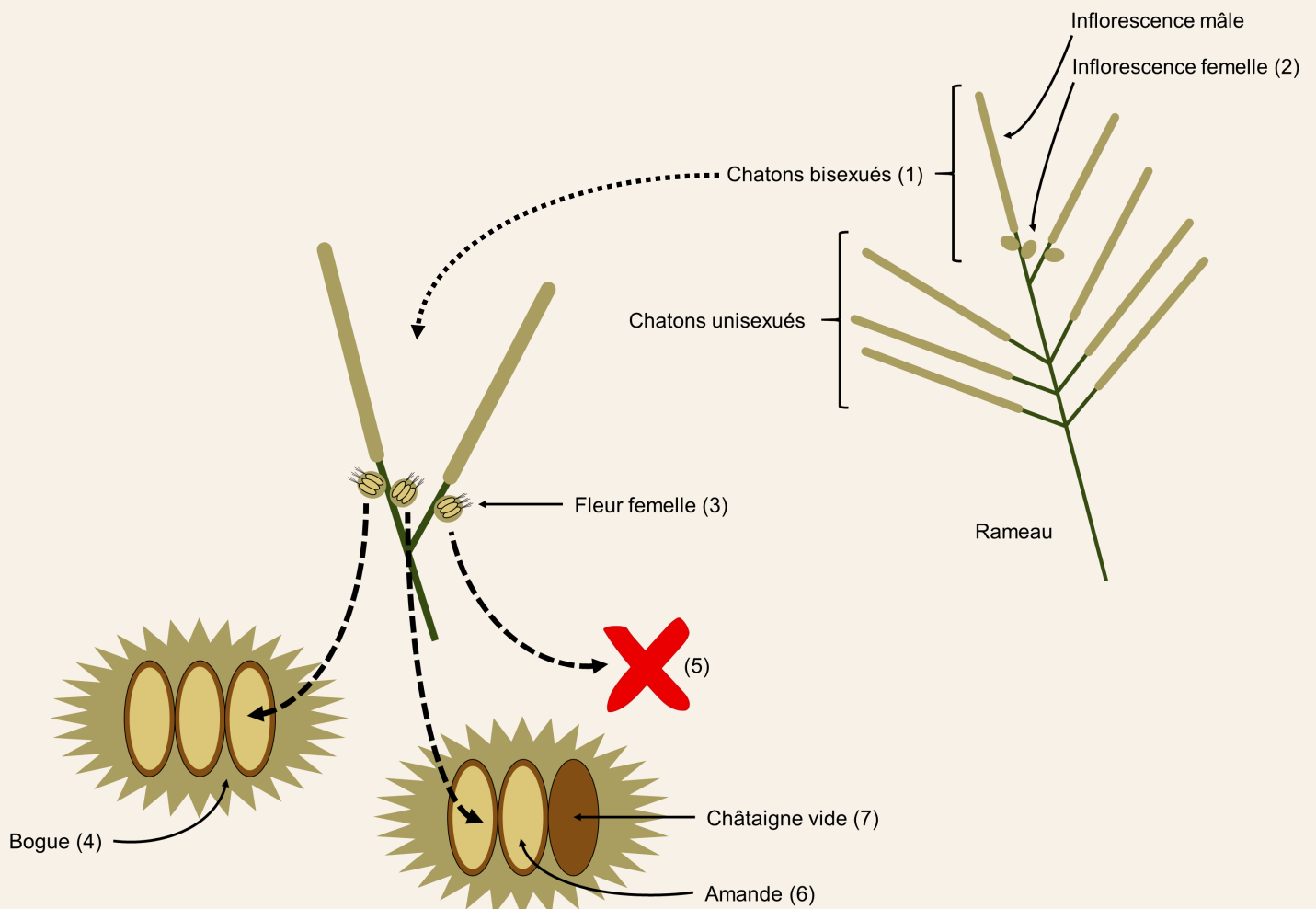


Figure 1 : Le devenir des fleurs femelles. Certains arbres sont mâle-stériles : aucune des inflorescences mâles ne produit de pollen car les étamines des chatons mâles ont avorté. **1)** Chaque chaton bisexué peut avoir une ou deux inflorescences femelles. **2)** Chaque inflorescence femelle est composée de trois fleurs femelles. **3)** Chaque fleur femelle devient une châtaigne. **4)** L'inflorescence femelle devient une infrutescence : les bractées florales forment la bogue qui renferme trois fruits. **5)** Certaines bogues peuvent avorter. **6)** Si la fleur femelle est pollinisée, la châtaigne contiendra une amande. Le péricarpe est plein. **7)** Si la fleur femelle n'est pas pollinisée, la châtaigne ne contiendra pas d'amande. Le péricarpe reste vide.

Mesurer le taux de remplissage

- Dans ma parcelle, je choisis plusieurs arbres par variété (au minimum trois) et je les marque pour les retrouver facilement ;
- Pour chaque arbre, je ramasse les bogues ;
- J'exclus les bogues qui ont plus ou moins de trois fruits (anomalies du développement) et je compte le nombre de bogues restantes ayant 1, 2 ou 3 fruits développés (**Figure 2**) ;
- Je m'assure d'avoir au moins 30 bogues avec un fruit développé pour chaque arbre ;
- Je note les résultats de mes comptages dans le tableau (version papier ou fichier Excel) ;
- J'envoie mon tableau à Invenio, afin que les taux de remplissage des arbres que j'ai étudiés puissent être calculés : je recevrai les taux de remplissage estimés durant l'automne...



Figure 2 : Les différents types de bogues.

La bogue contient **trois fruits** développés (**a**), c'est-à-dire que toutes les châtaignes qu'elle renferme possèdent une amande. La bogue contient **deux fruits** développés sur les trois possibles. Le fruit central et un fruit latéral (**b**) ou les deux fruits latéraux (**c**). La bogue contient **un fruit** développé sur les trois possibles. Le fruit central (**d**) ou un des fruit latéraux (**e**). La bogue ne contient **aucun fruit** développé, c'est-à-dire qu'aucune châtaigne ne possède d'amande.



Tableau des résultats

Titre :

Date : _____

[illegible]

NB : pour chaque arbre, le nombre de bogues avec au moins 1 fruits développés doit être supérieur à 30

Suivi détaillé...

Il existe six types de bogues, représentés par des triplets de 0 ou de 1 correspondant aux trois fruits ordonnés dans la bogue selon qu'ils sont vides ou pleins. Les bogues vides sont notées 000. Les bogues avec un seul fruit développés sont notées 100 quand un seul fruit latéral est développé ou 010 quand seul le fruit central est développé. Les bogues à deux fruits développés sont notées 110 quand un fruit latéral et le fruit central sont développés et 101 quand les deux fruits latéraux sont développés. Les bogues avec trois fruits développés sont notées 111. A noter qu'il n'y a pas de sens de lecture préférentiel des fruits dans une bogue et qu'on ne peut donc distinguer les bogues 100 des bogues 001, ni les bogues 110 des bogues 011.

Tableau des résultats

Titre :

Date :

[illegible]

NB : pour chaque arbre, le nombre de bogues avec au moins 1 fruits développés doit être supérieur à 30