

La pollinisation des plantes à fleurs par les abeilles - Biologie, Écologie, Économie

Peter Fluri, Anne Pickhardt, Valérie Cottier, Jean-Daniel Charrière
Agroscope Liebefeld-Posieux, Centre de recherche apicole, CH-3003 Bern

Sans le savoir, les abeilles pollinisent les fleurs sur lesquelles elles récoltent le nectar et le pollen. Cette merveilleuse collaboration entre les règnes animal et végétal nous est très précieuse. En effet, elle permet de garnir notre table d'une abondance de fruits et légumes et assure la diversité des fleurs qui nous environnent.

Dans cet article, nous donnons un aperçu du processus fascinant de la pollinisation, de l'apparition des graines et des fruits et leur signification tant pour les plantes cultivées que pour les plantes sauvages. En outre, on verra la valeur économique de la pollinisation, dont le principal acteur est l'abeille domestique.

1 Biologie de la fleur

1.1 L'utilité des fleurs



Fig. 1: Le Sabot de Vénus
(*Cypripedium acaule*) [6]

Les fleurs comme attraction

«Séduire pour survivre», telle est la devise des plantes à fleurs qui sont pollinisées par les animaux, particulièrement par les insectes. En effet, elles déploient énormément d'énergie pour les attirer. Le Sabot de Vénus (*Cypripedium acaule*) (Fig. 1) par exemple, l'année de floraison, investit 18 % de sa masse sèche dans ses fleurs particulièrement voyantes. L'année suivante, la plante sera plus petite et ne fleurira en principe pas.

Les fleurs se fanent très vite après la pollinisation. Ce fait étaye l'hypothèse selon laquelle la corolle des fleurs sert d'appât et de place d'atterrissage pour les insectes. Sans fécondation, la corolle se maintient en principe plus longtemps. Le marquage coloré des fleurs ou des anthères change aussi partiellement après une fécondation réussie : les fleurs de châtaignier non fécondées sont, du point de vue de la couleur, plus attractives pour les insectes que celles qui ont été fécondées.

Le mystère de la pollinisation par un agent étranger

Déjà dans l'Antiquité, on savait que, pour récolter des fruits, il fallait transporter le pollen des plantes mâles aux plantes femelles. On pollinisait par exemple des dattiers à la main. Jusqu'à la fin du 18e siècle cependant, on ignorait que la visite des insectes aux fleurs était un troc hautement développé entre la plante et l'animal. C'est Christian Konrad Sprengel qui réussit le premier à en élucider le mystère à Berlin. En 1793, il publie «Das entdeckte Geheimnis der Natur im Bau und in der Befruchtung der Blumen» [30]. Dans ce livre, il décrit ses observations, longues de plusieurs années, des fleurs et des insectes qui viennent s'y poser. Sa découverte révolutionnaire: avec leurs fleurs, les plantes ne visent rien d'autre que la pollinisation par un agent étranger. Ainsi, elles séduisent les insectes transporteurs de pollen par leurs fleurs attractives et leur nectar. A l'époque cependant, la science et l'Église ne reconnurent pas les découvertes de Sprengel. Elles s'accrochèrent à l'opinion selon laquelle les fleurs hermaphrodites (étamines et pistil sur la même

fleur) s'autopollinisaient et que la visite des insectes n'avait rien à voir avec la pollinisation. C'est seulement près d'un siècle plus tard que la découverte par Sprengel de la pollinisation par un agent extérieur fut officiellement reconnue et appréciée à sa juste valeur; en particulier après que Charles Darwin eut montré que la nature recherche par principe une fécondation croisée afin d'éviter la consanguinité.

L'importance de l'abeille mellifère

Christian Konrad Sprengel constata aussi que ce sont avant tout les abeilles mellifères, aussi appelée abeilles domestiques, qui apportent sur les fleurs le pollen approprié. Il résuma l'importance de l'élevage des abeilles en 1811 dans son ouvrage intitulé «Die Nützlichkeit der Bienen und die Notwendigkeit der Bienenzucht» (L'utilité de l'abeille et la nécessité de l'apiculture). Le principe en était le suivant:

«L'élevage des abeilles promeut la prospérité de tous les habitants d'un pays. L'objectif le plus important de l'élevage des abeilles n'est pas l'obtention de miel et de cire, mais la fécondation des fleurs et l'obtention de récoltes abondantes. L'État doit disposer d'un cheptel d'abeilles permanent.»

1.2 Pollinisation et fécondation

On appelle **pollinisation** le transport de grains de pollen sur le stigmate. Elle a lieu avant tout grâce au vent et aux insectes. Les grains de pollen germent sur le stigmate, puis ils forment un tube pollinique qui grandit à travers les tissus du style jusqu'aux ovules, qui sont enveloppées dans les ovaires. Ce sont probablement des substances chimiques produites par l'ovule qui guident ces tubes polliniques. Par ces canaux, les cellules germinales mâles migrent vers les oosphères. La fusion des cellules sexuelles mâles et femelles est appelée **fécondation** (Fig. 2). On observe pour

les arbres fruitiers un espace de temps de 4 à 12 jours entre la pollinisation et la fécondation. La graine naît des oosphères fécondées. On distingue entre:

L'autofécondation: Les grains de pollen de la même fleur ou de la même plante germent sur le stigmate.

La fécondation croisée: Les grains de pollen d'une autre plante de la même espèce germent sur le stigmate.



Fig. 2: Pollinisation et fécondation [1]

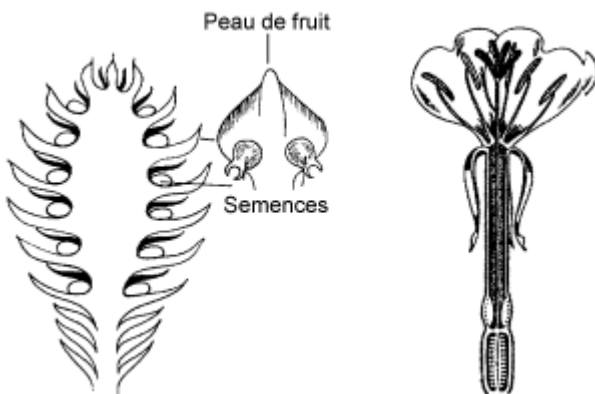
1. Fleur avec étamines, pistil (stigmate, style, ovaire), pétales et sépales
 2. Anthère mûre en coupe
 3. Grain de pollen
 4. Abeille transportant le pollen sur le stigmate d'une autre fleur de la même espèce
 5. Un tube pollinique atteint l'oosphère, à l'intérieur de l'ovule, dans l'ovaire
- La sécrétion de nectar a lieu la plupart du temps dans le réceptacle floral à la base des étamines.

Reproduction sexuée et asexuée

Dans le cas de la reproduction **sexuée**, les plantes (par exemple les coquelicots) grandissent à partir de graines issues d'oosphères (cellules reproductrices femelles) fécondées. Elles contiennent les caractéristiques héréditaires des deux différentes plantes parentes en une nouvelle et unique combinaison. De cette façon, une diversité génétique est conservée. Cette diversité est essentielle pour la capacité d'adaptation à l'environnement, et par là-même pour le maintien de l'espèce.

Plusieurs plantes peuvent se reproduire par bouturage, stolons ou tubercules, comme par exemple les fraisiers et les pommes de terre. Dans ces cas de reproduction **asexuée**, la plante

s'épargne un déploiement d'énergie pour la fleur. D'un autre côté, la recombinaison des facteurs héréditaires disparaît, ce qui limite à long terme les chances de survie de l'espèce.



Les plantes à graines nues et à graines couvertes

La structure des fleurs détermine si l'espèce sera pollinisée par le vent ou par les insectes. Chez les **gymnospermes** (plantes à graines nues), les ovules sont exposés sur les écailles, tandis que chez les **angiospermes** (plantes à graines couvertes), ils sont enfermés et protégés dans un ovaire (Fig. 3).

Fig. 3: Graines nues et couvertes

Plantes à fleur
 Environ 2900 espèces en Suisse et 250'000 de par le monde

Gymnospermes

En Suisse : 22 espèces

Exemples : épicéas, pins

- Ovules exposés, sur une fleur en forme de cône (pive)
- Fleurs imparfaites (fleurs mâles séparées des fleurs femelles)
- Pas de périanthe (ni calice ni corolle)
- Pollinisés par le vent

Angiospermes

En Suisse : Environ 2880 espèces

Exemples : roses, œillets

- Ovules couverts, enfermés dans l'ovaire
- le plus souvent des fleurs parfaites (organes mâles et femelles sur la même fleur)
- le plus souvent présence d'un périanthe (calice et corolle)
- Pollinisés principalement par des animaux (insectes)

Du point de vue du développement des espèces, les gymnospermes, pollinisés par le vent, sont les plantes les plus anciennes (plus de 200 millions d'années). L'apparition des angiospermes commença il y a environ 130 millions d'années et produisit jusqu'à ce jour une très grande diversité de plantes. Parallèlement à leur développement, la pollinisation par les animaux apparut. Il existait déjà il y a 25 millions d'années des abeilles mellifères ressemblant à s'y méprendre aux abeilles domestiques européennes d'aujourd'hui (Fig. 4). Au cours de l'évolution naquirent des formes étonnantes de coopération entre les fleurs et les insectes pollinisateurs, par exemple entre la sauge des prés et l'abeille (Fig. 5). La spécialisation permit aux plantes de renoncer à une forte production de pollen tout en colonisant les endroits protégés du vent.



Fig. 4. Une abeille mellifère trouvée dans une couche de houille vieille de 25 millions d'années à Rott, dans les environs de Bonn. La taille et les caractéristiques typiques de cette abeille correspondent à nos abeilles d'aujourd'hui. Les corbeilles et les peignes à pollen [28] sont clairement reconnaissables.

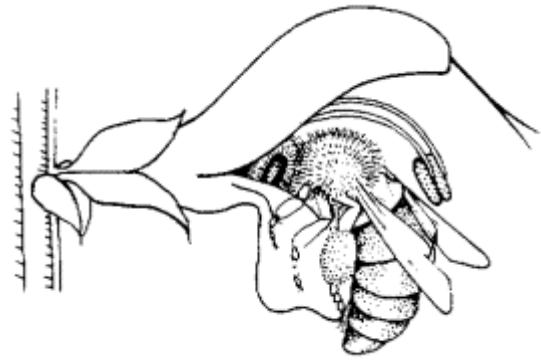


Fig. 5: Sauge des prés (*Salvia pratensis*). Quand l'abeille étire le proboscis vers le nectar dans le tube floral, elle presse sur un levier; les étamines s'affaissent alors sur son dos.

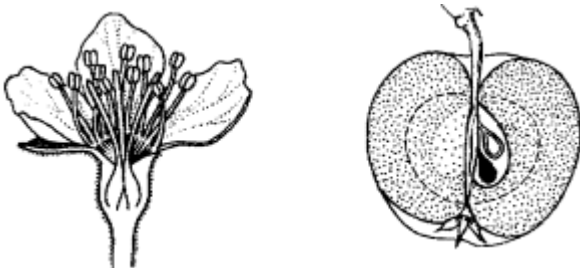
1.3 Le fruit

Le fruit est le résultat de la maturation de la graine. Des différents tissus de la fleur se développent des parties précises du fruit:

- ovaire → chair, cœur du fruit ou coquille de noix selon le type de fruit
- ovules → graines → de nouvelles plantes

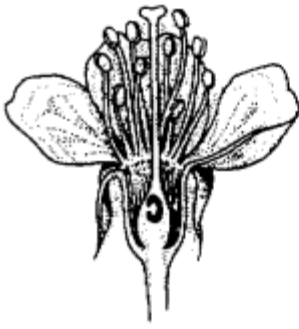
Types de fruits

A partir de fleurs extérieurement semblables peuvent naître des fruits très différents. On trouve la plus grande diversité de fruits dans la famille des rosacées : pommes, cerises, fraises, amandes et fruits de l'églantier en sont des exemples.



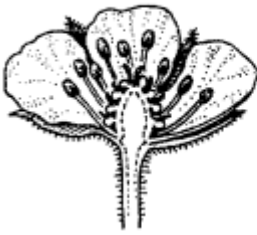
Fruits à pépins

A partir de l'ovaire naît le cœur du fruit avec les graines (pépins) ; du réceptacle floral naît la chair du fruit, du périanthe la mouche.



Fruits à noyau

La partie externe de l'ovaire donne la chair juteuse du fruit, la couche interne de l'ovaire se lignifie et forme l'enveloppe dure de la graine (le noyau).



Noix

L'ovaire se lignifie et devient la coque de noix, qui renferme les graines oléagineuses. La fraise est un fruit composé, les petites noix sont situées sur la chair du réceptacle floral.

1.4 Caractères typiques des fleurs pollinisées par le vent, les insectes et les vertébrés

Caractéristiques des fleurs pollinisées par le vent (Pollinisation anémophile)

- Périanthe (calice, corolle) invisible ou manquant
- Longues étamines souvent pendantes et stigmate grand, plumeux, bien accessible
- Forte production de pollen (plusieurs millions de grains)
- Petits grains de pollen aux surfaces lisses, parfois dispositif pour augmenter l'emprise au vent, par exemple des sacs aériens
- Longue durée de vie des fleurs
- Position exposée des fleurs en bout de branche
- Pollen peu collant, pas de nectar
- Pollen à faible valeur nutritive



Fig. 6: Fleurs de graminée

Caractéristiques des fleurs pollinisées par les insectes

- Enveloppe florale constituée de calice et corolle, attrayante, avec des signes distinctifs bien visibles (couleur, forme, taille, signes distinctifs pour les insectes)
- Odeur
- Nectar
- Production de pollen relativement faible (quelques 1'000 ou 10'000 grains)
- Pollen collant
- Pollen avec une haute valeur nutritive (jusqu'à 30% de protéine, 10% de graisse, 7% d'amidon, vitamines et sels minéraux)
- Pollen avec surface rugueuse



Fig. 7. Fleur de pommier

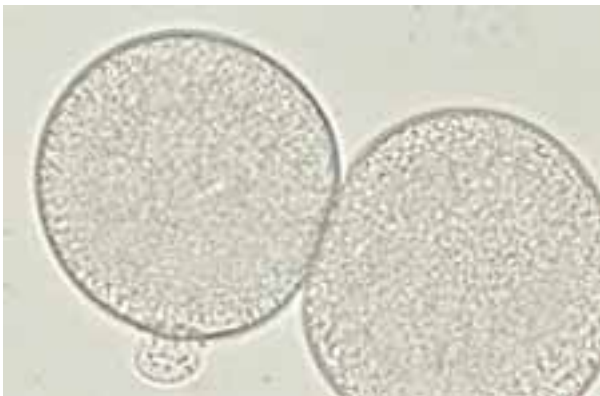


Fig. 8. Pollen de maïs, une plante typiquement pollinisée par le vent

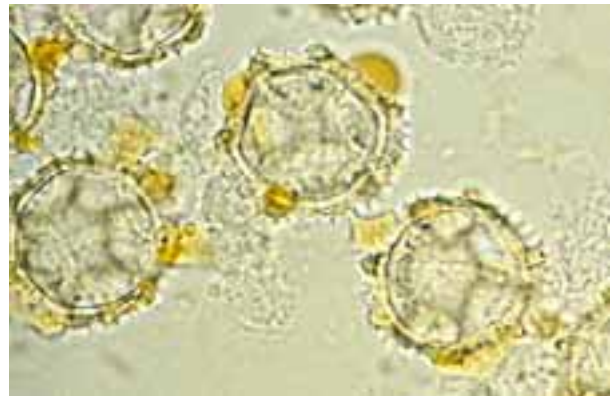


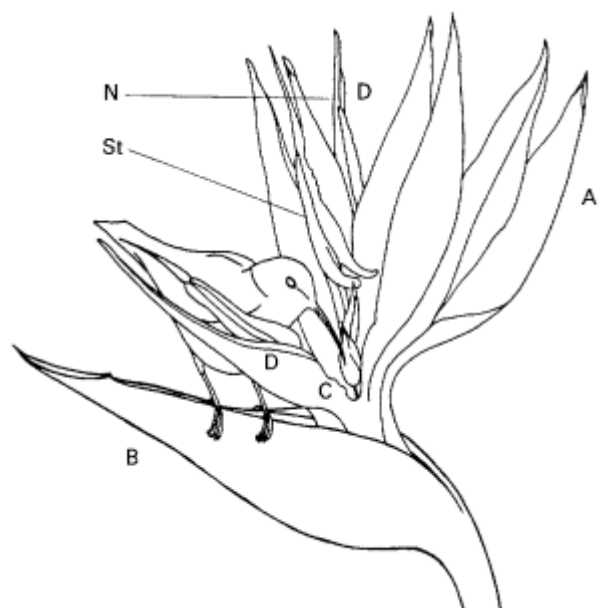
Fig. 9: Pollen de dent-de-lion, une plante pollinisée par les insectes

Caractéristiques des fleurs pollinisées par des vertébrés

Par des oiseaux :

- Grandes fleurs
- En général, corolles claires ; rouge intense, orange, jaune, blanc
- Sans odeur
- Longue corolle tubulaire
- Très riches en nectar
- Nectar riche en hydrates de carbone, souvent visqueux

Fig. 10. Méliphagidé pollinisant une Strélie
Pétales oranges, en forme de flamme, B. feuille porteuse, C. Base de la fleur avec nectar, D. récipient à étamines bleu, St. Étamines, N. Stigmate [8]



Par des chauves-souris :

- Fleurs robustes, nocturnes, souvent à grandes inflorescences
- Colorées de façon moins voyante, souvent blanches ou verdâtres
- Odeur forte et acide
- Grande quantité de nectar et de pollen
- Nectar et pollen facilement accessibles
- Nectar riche en hydrates de carbone, contient certains acides aminés spécialement appropriés à la diète des chauves-souris

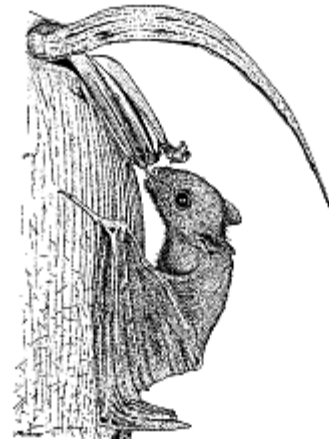


Fig. 11. Chauve-souris pollinisant une fleur de banane

1.5 Participation des différents transporteurs de pollen à la pollinisation

Vent, insectes, vertébrés

Dès l'apparition des plantes à fleurs, la pollinisation par le vent s'est révélée être une stratégie de reproduction efficace. Le pollen doit être produit en surabondance, la majeure partie des grains manquant leur but. On en retrouve l'excédent sur les tables ou les carrosseries d'auto, on les sent dans les yeux et le nez. Leur portée est considérable : des grains de pollen en grandes quantités sont dissipés par le vent, à plusieurs centaines de kilomètres de leur plante d'origine et à des hauteurs de 1000 à 1500 mètres au-dessus du sol. Les grains de pollen possèdent une enveloppe très résistante. En géologie, on tire parti de la présence de pollen dans certains sédiments anciens pour apprendre la nature de la végétation et du climat des précédents millénaires.

De nos jours, la plupart des plantes à fleurs sont pollinisées par des insectes. Le nombre d'espèces pollinisées par des coléoptères peut surprendre : 88.3 % des espèces utilisent, entre autres, cette très ancienne forme de pollinisation. Plusieurs espèces de plantes peuvent être pollinisées par plus d'un groupe d'insectes.

Toujours est-il que 0.51 % de toutes les plantes à fleurs de notre planète sont pollinisées par des vertébrés. Les oiseaux sont les principaux pollinisateurs de ce groupe, suivis par les chauves-souris et d'autres mammifères. A travers le monde, il y a quelques 2'000 sortes d'oiseaux parmi 50 familles qui prennent part à la pollinisation des plantes. Il s'agit avant tout d'espèces tropicales et subtropicales faisant partie des groupes des colibris, des méliphagidés, des zostéropidés et des Souimanga. Le lin néo-zélandais est pollinisé par une espèce de Gecko qui extirpe le nectar du tube floral avec sa langue et transporte le pollen dans une collerette spécialement adaptée.

Transporteur de pollen	Espèces de plantes à fleurs pollinisées avant tout par ce transporteur de pollen	Pourcentage des espèces de plantes à fleurs pollinisées avant tout par ce transporteur de pollen
Vent	20'000	8.3%
Eau	150	0.63%
Abeilles	40'000	16.6%
Papillons	19'310	8.0%
Mouches	14'126	5.9%
Coléoptères	211'935	88.3%
Vertébrés	1'221	0.51%
Oiseaux	923	0.4%
Chauves-souris	165	0.07%

Participation des différents transporteurs de pollen de par le monde [3]

1.6 Nectar

Nectar extrafloral

La sécrétion de nectar est antérieure à l'apparition des plantes à fleurs. Déjà chez les fougères, on observe des sécrétions de nectar, c'est pourquoi les abeilles butinent de temps à autre les fougères femelles. Un nectar appelé "extrafloral" peut aussi être sécrété chez des plantes à fleurs, loin de la fleur, sur les tiges et les feuilles. Il s'agit de produits excédentaires de la photosynthèse suintant des tubes criblés du phloème (canaux conduisant la sève élaborée). Le principe de la sécrétion de nectar a été développé au cours du temps par les plantes à fleurs.

Nectar floral

Le nectar est la plus grande récompense pour les pollinisateurs lorsqu'ils visitent les fleurs. La quantité de nectar sécrétée par fleur peut énormément varier selon l'espèce. Un cerisier adulte peut par exemple en produire des quantités considérables. Avec environ 60'000 fleurs, il sécrète chaque jour environ 1.9 kg de nectar [13].

Types de fleurs	Quantité de nectar par jour (d'après Mantinger, 1998 [19]; Kobel, 1942 [15])
Poire	0.8 à 2 mg
Pomme	2 à 7 mg
Cerise	32 mg

Le nectar contient entre 5 et 80 % de sucre (saccharose, fructose et glucose), en moyenne 40%. Les autres composants, acides aminés, protéines, acides organiques, vitamines et enzymes sont quantitativement moins significatifs. Le seuil de perception du saccharose est plus de 10 fois plus bas chez l'abeille domestique que chez l'homme.

Seuil de perception du saccharose

(d'après Kugler, 1955 [16]; Barth, 1982 [1])

Homme	0.4%
Mouche	0.04%
Abeille domestique	0.03%
Fourmi	0.02%
Papillon de jour	0.00034%

La qualité du nectar et la sécrétion

La sécrétion de nectar et sa qualité varient avec l'âge des fleurs et au cours de la journée. Le taux de sucre du nectar des tilleuls (*Tilia cordata*), par exemple, baisse durant la floraison de 42% à 26%. Le nectar de tilleul est avant tout sécrété le soir et la nuit, tandis que chez la Chicorée sauvage (*Cichorium intybus*), il est produit seulement dans la première moitié de la journée.

Concentration de sucre du nectar

(d'après Kugler, 1955 [16]; Mantinger, 1998 [19])

Origan (<i>Origanum vulgare</i>)	76%
Pommier (<i>Malus domestica</i>)	55%
Colza (<i>Brassica napus</i>)	45%
Tournesol (<i>Helianthus annuus</i>)	35%
Poirier (<i>Pyrus communis</i>)	25%

Beaucoup de nectar - petit rendement en fruit ?

Un flux de nectar abondant peut conduire à une mauvaise pollinisation. En effet, les pollinisateurs potentiels ne seront pas incités à passer d'un arbre à l'autre.

1.7 Traces d'orientation («Saftmale» en allemand)

Signalisation optique

Chez bon nombre de fleurs, des motifs vivement colorés de la corolle indiquent, lors d'un examen attentif, l'entrée de la fleur ; l'emplacement du pollen et des nectaires. Christian Conrad Sprengel a établi, il y a deux cents ans, la théorie sur la signification fonctionnelle des traces d'orientation et a décrit les couleurs souvent attrayantes, les structures, les lignes ou les points (bien visibles chez la digitale) comme étant des indicateurs optiques sur la fleur.



Fig.12. Indicateur optique chez la digitale pourpre (*Digitalis purpurea*) [1]

Signaux ultraviolets (UV)

Bon nombre de motifs sur les fleurs ne nous sont visibles qu'avec l'aide d'une lampe UV, par exemple chez la renoncule des marais, le cytise des Alpes, l'onagre, la pervenche. Les insectes quant à eux perçoivent aussi dans le spectre UV. Les marquages UV des pétales, étamines, grains de pollen et pistils leur servent à s'orienter.



Fig.13. Marques UV de la renoncule de marais (*Caltha palustris*) [13]

Expérience servant à prouver la théorie de la signalisation optique

Si on enlève les pétales d'un tournesol à la base desquels la lumière UV est absorbée, et qu'on les replace dans l'autre sens, les zones absorbant les UV vont alors se retrouver en direction de l'extérieur de la fleur. Si on lâche des butineuses sur cette fleur reconstituée, elles vont se déplacer sans hésitation vers les zones marquées aux UV et tendre la langue. Manifestement, elles supposent que la nourriture est proche de ces signes distinctifs. Ce comportement inné étaye la théorie de l'orientation des pollinisateurs au moyen des guides vers le nectar.

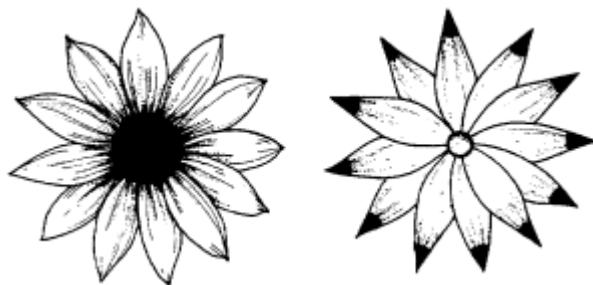


Fig. 14. Expérience où l'on change la structure de la fleur et qui prouve que les abeilles utilisent les zones absorbant la lumière UV pour s'orienter vers la source de nectar. En noir : zones absorbant la lumière UV [1]

Espèces de plantes avec des fleurs portant des marquages UV

(d'après Kugler, 1955 [16]:)

Pourcentage chez les Apiacées, Liliacées et Campanulacées	50%
Pourcentage chez les Lamiacées	70%
Pourcentage chez les Fabacées	88%

2 Pollinisation et productivité des cultures fruitières et du colza

2.1 La plupart des variétés de fruits et de baies dépendent de la pollinisation par les insectes

Effet du vent et des insectes sur la formation du fruit

Toutes les variétés de pommes et de poires, ainsi que différentes variétés de fruits à noyau, nécessitent **une pollinisation croisée**. Ils utilisent le pollen d'un arbre d'une autre variété. Les pêches, les abricots et les coings quant à eux **s'autopollinisent**, sans que le pollen ne se dépose pour autant de lui-même sur le pistil. Dans les deux cas, le transport du pollen s'effectue

principalement grâce à l'abeille domestique. Chez les arbres fruitiers, 90% des pollinisations sont attribuées aux insectes. Par temps sec, le vent peut dans le meilleur des cas provoquer une pollinisation minimale. Par contre, lorsque l'air est humide, les grains de pollen adhèrent les uns aux autres et sont alors trop lourds pour être transportés par le vent. Des résultats expérimentaux, au cours desquelles on a enveloppé des branches en fleurs dans des sacs de gaze ou de lin, étayent ces affirmations.

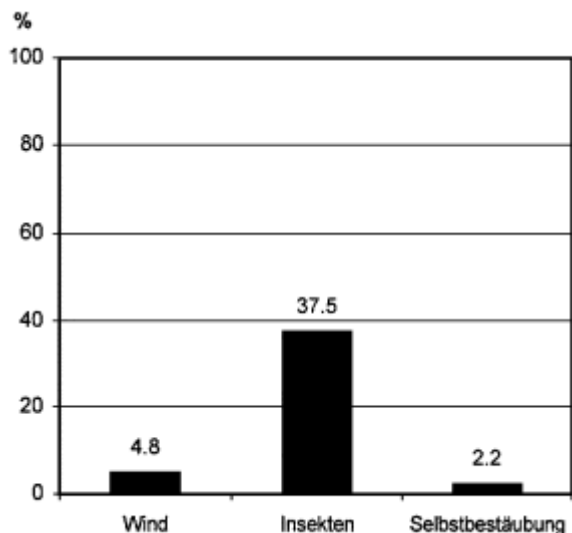


Fig. 15. Influence du type de pollinisation sur la formation du fruit chez les pommes [25]. Dans cette expérience classique, trois différentes opérations ont été menées sur des branches de pommiers pendant toute la période de floraison.

- A) Enveloppement des fleurs avec un sac de gaze qui laisse passer le pollen mais pas les insectes seule la pollinisation par le vent est possible.
- B) Accès libre la pollinisation par le vent et par les insectes est possible.
- C) Enveloppement avec un sac de lin qui ne laisse passer ni le pollen, ni les insectes la pollinisation par le vent et par les insectes est exclue, seule l'autopollinisation reste possible.

Pollinisation par les abeilles et formation de la graine chez les pommes

Un coup d'œil à l'intérieur des fruits montre également l'importance de la pollinisation par les abeilles.

Dans deux vergers de pommiers d'environ un hectare (variété Golden Delicious), un avec une colonie d'abeilles au moment de la floraison, l'autre sans, on a procédé à un décompte du nombre de pépins par fruit. Dans la culture avec des abeilles, la plupart des fruits contenaient 1 à 4 pépins, dans la culture sans abeilles, seulement 0 à 1 pépin.

Nombre de pépins par fruit	Pourcentage de fruits à pépins (en %)	
	Verger A 3 colonies d'abeilles dans la culture	Verger B Pas de colonie d'abeilles dans un périmètre de 500m
0	7.5	41.5
1	15.5	42
2	23	12
3	30	3.5
4	18	1
5	6	0

Influence de la présence de colonies d'abeilles sur le nombre de pépins par fruit[19]

Abeilles, formation de graines et rendement chez les baies

On a démontré que chez les groseilles rouges et noires, la production est clairement plus élevée quand les insectes accèdent librement aux fleurs.

Espèce	Pollinisation	Nombre de baies par grappe	Graines par baies	production en t/ha
Jonkheer van Tets (rouge)	accès libre pour les insectes	6.2	9	15.5 (100%)
	insectes tenus à distance	4.6	7	10.5 (68%)
Silvergieters noirs	accès libre pour les insectes	5.5	30.9	4.4 (100%)
	insectes tenus à distance	2.8	24.5	1.6 (36%)

Influence de la fécondation sur le rendement chez les groseilles [19]

La qualité des fraises bénéficie aussi de l'activité des abeilles : sans elles, la proportion de petits fruits mal formés est nettement plus élevée.

Pollinisation	Variété Senga Sengana			Variété Sivetta		
	Formation des fruits (en %)			Formation des fruits (en %)		
	bonne	moyenne	mauvaise	bonne	moyenne	mauvaise
- à ciel ouvert, avec des abeilles	68	20	12	61	29	10
- sous tente, avec des abeilles	62	28	10	51	32	17
- sous tente, sans abeilles	34	28	38	32	30	38

Influence de la fécondation sur la formation du fruit chez les fraises [7]

2.2 Nombre de graines et qualité des fruits

Le nombre d'ovules par fleur est très différent selon le type de fruit :

fruits à noyau :	2, dont seulement un fécondable
poire :	10
pomme :	10-20
coing :	grand nombre
baies :	grand nombre

Bien qu'il ne soit pas nécessaire que tous les ovules soient fécondés pour stimuler la formation du fruit, il y a un lien étroit entre la formation des graines et le développement du fruit. Les fruits contenant beaucoup de graines sont plus gros et symétriques, ils tombent plus rarement en juin,

présentent une meilleure chair du fruit et se conservent plus longtemps. Ces propriétés sont régies par les gibbérellines, hormones produites dans les graines des jeunes fruits.

Nombre de pépins par fruit	diamètre du fruit en mm	calcium mg/kg de masse sèche
0-1	67	174
2-3	70	208
4-5	71	215
> 5	72	233

Influence du nombre de pépins par pomme sur la taille du fruit et son contenu en calcium. Le calcium a une influence sur la qualité de la chair du fruit et sur sa durée de conservation [19].

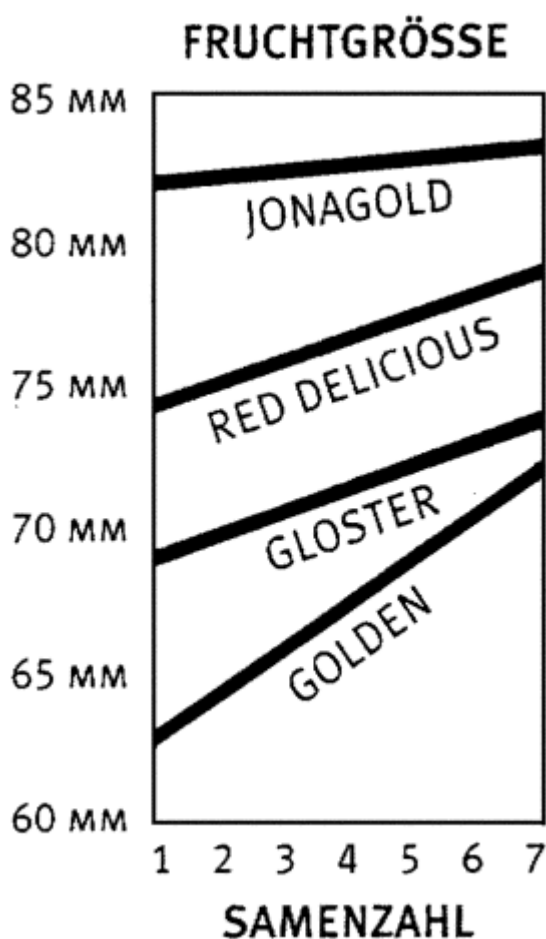


Fig 16. Nombre de pépins et taille du fruit chez les pommes [18].

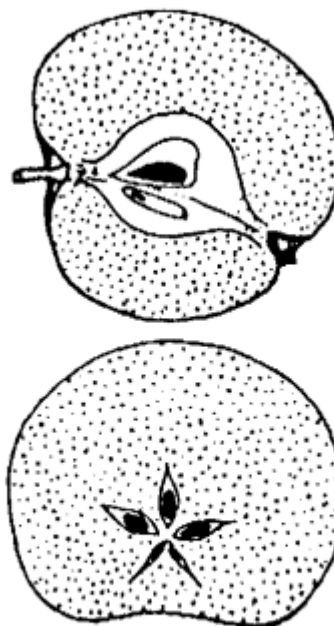


Fig. 17. Une fécondation irrégulière conduit à des fruits petits ou déformés [17] [18] [19].

2.3 Utilisation des insectes pollinisateurs

Densité des colonies selon les différentes cultures

Dans la littérature spécialisée, on trouve des données très différentes sur le nombre requis de colonies d'abeilles par hectare. Ces différences peuvent s'expliquer par les conditions variables dans lesquelles les expériences ont été menées. Les chiffres ci-dessous résultent d'une compilation des recommandations issues de différentes recherches.

Culture	nombre recommandé de colonies d'abeilles par ha
pomme	2 ou plus
poire	1 à 5
cerise	2 à 3
amande	5 à 8
groseille noire	6
concombre	jusqu'à 10
courge	2 à 4
luzerne	4 à 8
colza	2 à 6
tournesol	1 à 4

Densité de colonies d'abeilles recommandée pour différentes cultures [5]

Éloignement des colonies d'abeilles et rendement dans les cultures de pommes

Plus la source de nourriture est proche de la ruche, plus les visites sont nombreuses. Le succès de la pollinisation et le rendement diminuent avec l'éloignement des ruches.

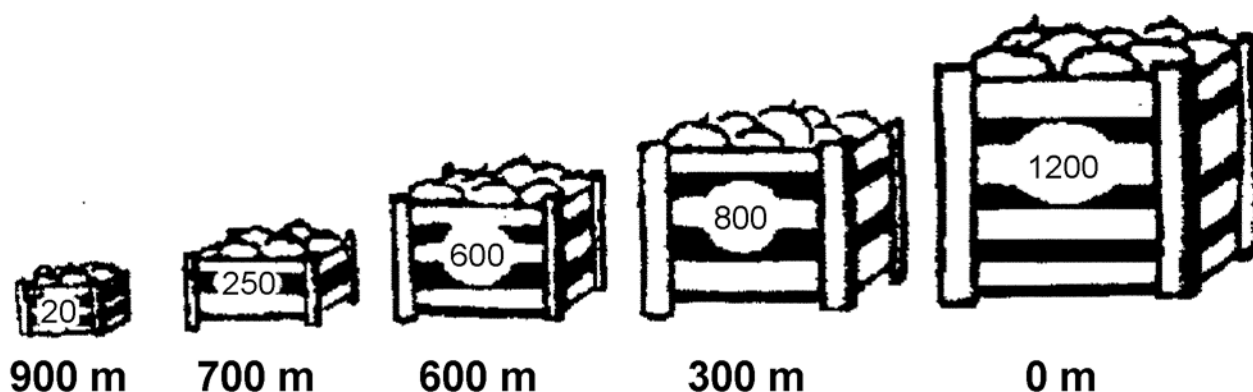


Fig. 18. Éloignement et rendement [18]

Répartition des colonies dans la plantation

On recommande une répartition des colonies par groupes de quatre ; c'est plus pratique qu'une disposition individuelle des ruches et garantit malgré cela une bonne distribution des abeilles dans les arbres en fleurs.

Moment de l'introduction

Il vaut mieux ne pas introduire les colonies d'abeilles avant la floraison, mais seulement quand 10 à 20 % des fleurs sont ouvertes afin que les abeilles soient immédiatement attirées dans les cultures à polliniser et ne soient pas tentées de se tourner vers une source plus attractive [3].

2.4 Pollinisation: cas particulier du colza (*Brassica napus*)

Une plante cultivée importante

A partir du 13^{ème} siècle, le colza fut cultivé essentiellement dans le nord de l'Europe. On l'utilisait pour en extraire l'huile destinée aux lampes, jusqu'à ce qu'elle soit remplacée par le pétrole aux 19^{ème} et 20^{ème} siècles. En Angleterre, la culture de colza servait à assécher les marais. Plante pionnière typique après un défrichage, le colza était considéré comme un signe annonciateur d'opulence. Après la 2^{ème} guerre mondiale, les besoins en huile de table augmentèrent en Europe, et dans les années 60, la mode des graisses végétales prit son essor. Les surfaces de culture de colza grandirent et on développa de nouvelles espèces avec des rendements en constante augmentation. Parallèlement, on a pu diminuer fortement la teneur en composants indésirables, tels l'acide Eruca et le glucosinolate (colza double zéro). Les composants du colza s'imposèrent petit à petit comme complément dans l'alimentation animale, comme matière première de l'industrie et comme nouvelle source d'énergie renouvelable.

La pollinisation par les insectes n'est pas indispensable, mais elle comporte des avantages

Dans les régions où on cultive le colza, les champs allongés, d'un jaune éblouissant, resplendissent pendant 3 à 4 semaines aux mois d'avril-mai. Ils sont une source abondante de nectar et de pollen pour les abeilles mellifères, les abeilles sauvages et d'autres insectes encore. Les colonies d'abeilles peuvent couvrir plus de la moitié de leur besoin annuel en pollen rien qu'avec le pollen de colza.

Le colza utilise autant la pollinisation croisée que l'autopollinisation. Dans les champs, le vent, favorisant l'autopollinisation, est à l'origine de 70% des formations de graines. Pour le reste, le transport de pollen est effectué par les insectes. Leur visite conduit en général à une pollinisation croisée. Dans des expériences sous tentes, à l'abri des insectes (autopollinisation), on a constaté un taux de formation de graine à peine inférieur à celui du contrôle avec les insectes. Le transport de pollen par les insectes conduit cependant à une pollinisation plus rapide et plus régulière. Ceci a pour conséquence que, même si la formation des graines réussit dans la même proportion, la maturité des graines est plus constante et le moment de la récolte plus facile à déterminer [21], [22], [23] [29]. La pollinisation par les abeilles améliore-t-elle le

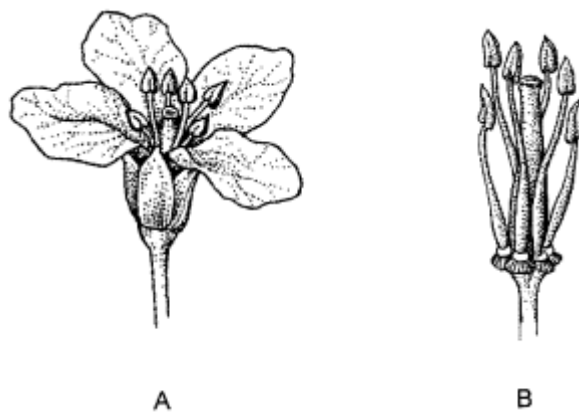


Fig. 19. Colza avec (A) ou sans (B) calice et corolle. Le pollen de colza se forme dans les étamines (2 courtes et 4 longues, typiques des crucifères) ; il peut féconder les ovules issus de la même plante ou ceux d'une autre plante. Bien que le vent suffise à transporter le pollen, la fleur présente les caractéristiques typiques des fleurs à pollinisation entomophile : forme plane, couleurs attractives, parfum et abondance de nectar riche en sucre (30 à 60% de sucre). La sécrétion de nectar se produit au fond de la fleur à la base des étamines.

rendement ? Les réponses à cette question sont contradictoires. Une explication à ce phénomène peut être la diversité des variétés et des conditions environnementales. Dans l'ensemble, on peut dire que le rendement est légèrement amélioré par le butinage des insectes.

3 Contribution des abeilles domestiques ainsi que des autres insectes à la pollinisation?

3.1 Diversité des butineurs de fleurs

Dans les cultures fruitières, ce sont avant tout les abeilles domestiques qui assument la pollinisation. Les recherches montrent que leur participation à la pollinisation atteint 75 à 90%. Les bourdons, les abeilles sauvages et les Syrphidés eux aussi y prennent une part active. Quant aux scarabées et aux papillons, leur contribution ne pèse pas lourd dans les cultures de fruits [14] [26].

Il en va différemment dans les prairies riches en fleurs. Là, le rôle des abeilles sauvages, mouches, coléoptères et papillons est nettement plus important. La présence de ces insectes dans une région dépend étroitement des conditions écologiques et de la flore disponible.

3.2 Les abeilles

Les espèces d'abeilles

Il y a environ 30'000 espèces d'abeilles (*Apidae*) de par le monde. Plus de 1000 sont présentes en Europe ; rien qu'en Suisse on en dénombre 580 [24]. Parmi celles-ci, à côté des nombreuses espèces d'abeilles solitaires, il y a la branche des bourdons (*Bombus*), avec 31 espèces en Suisse, et la branche des abeilles mellifères (*Apis*) avec une seule espèce européenne, *Apis mellifera*. Comme toutes les abeilles nourrissent leurs larves avec un mélange de pollen et de nectar, auquel elles ajoutent parfois une sécrétion glandulaire, toutes les espèces sont pollinisatrices.

Mode de vie

Une grande majorité des espèces d'abeilles vit en solitaire, quelques groupes seulement présentent des formes de vie sociale différentes. Entre les espèces à **haute sociabilité** avec des communautés pérennes (la branche *Apis*), et les espèces vivant purement en **solitaire**, il y a tous les stades de socialisation. Les bourdons ou certaines Halictes (la branche *Halictus*, *Lasioglossum*) démontrent une **sociabilité primitive**, alors que d'autres abeilles sont **quasi-sociales**, plusieurs femelles utilisant un nid commun et soignant ensemble la progéniture.

Avantages des formes évoluées de socialisation pour la pollinisation

En raison de leurs grands effectifs, de leur longue saison de vol et de la diversité des fleurs qu'ils visitent, les insectes sociaux sont les pollinisateurs les plus efficaces. Les abeilles domestiques, seule espèce à passer l'hiver en communauté, butinent les fleurs en grand nombre dès la sortie de l'hiver. C'est une des raisons pour lesquelles on attribue 90% des pollinisations des cultures de masse à floraison précoce (les arbres fruitiers en sont un exemple) aux abeilles domestique.

Fidélité des abeilles aux fleurs

Les abeilles domestiques sont extrêmement fidèles à leur source de nourriture. Dans la plupart des cas, leurs pelotes de pollen ne contiennent qu'une seule sorte de pollen. De temps en temps et dans une faible proportion des pelotes, un mélange peut avoir lieu. De telles pelotes apparaissent parfois bicolores. Près d'une source de nourriture abondante et attractive, les abeilles récoltent le pollen pendant une longue période, sur une surface de quelques mètres carrés seulement. Lors d'un vol, elles récoltent soit du pollen, soit du nectar. Souvent, les abeilles s'en tiennent plusieurs jours ou même pendant toute leur vie de butineuse, à un seul type de collecte.

Les bourdons ne sont pas aussi constants que les abeilles domestiques: plus de 40% de leurs pelotes de pollen peuvent contenir un mélange de pollens [9]. Fréquemment, on constate chez eux aussi une répartition des tâches de butinage, soit pour le pollen ou le nectar.

Avantages et inconvénients des différentes abeilles pour la pollinisation

Les différents groupes d'abeilles sont pourvus de différentes propriétés pour la pollinisation :
+ = avantages, - = désavantages pour la pollinisation

L'abeille domestique

- + grand nombre d'individus dès le printemps, passe l'hiver en communauté
- + fidèle à une espèce de fleur
- + haute activité de récolte : une abeille peut visiter 3'000 fleurs par jour, une colonie 10 à 30 millions de fleurs
- + rapide exploitation des sources de nectar et de pollen grâce à une communication performante entre individus
- + même les butineuses de nectar transportent le pollen
- + poilue sur tout le corps, le pollen adhère bien
- + les colonies sont transportables, par exemple dans les cultures de fruits pendant la floraison

- comportement « sideworker » parmi les butineuses de nectar : elles apprennent à récolter le nectar de certaines fleurs depuis le côté, sans pour cela toucher les étamines
- fidèle à une variété : peut conduire à une diminution de pollinisation croisée dans les cultures de fruits

- activité de vol uniquement au-dessus d'une température de 12°C

Le bourdon

- + en été, plusieurs centaines d'individus disponibles par colonie
- + gros, lourd, ils ouvrent certaines fleurs par leur poids, par exemple les mufliers
- + haute activité de récolte : un bourdon peut visiter environ 4'500 fleurs par jour, une colonie environ 90'000
- + activité de vol déjà depuis une température de 6°C environ
- + même les butineuses de nectar transportent le pollen
- + tout le corps poilu, le pollen adhère bien
- + longue langue, particulièrement adaptée à la récolte dans les tubes floraux, par exemple chez le trèfle violet
- + les colonies sont transportables, par exemple dans les serres

- seules les reines passent l'hiver, au printemps, aucune ouvrière n'est encore disponible
- peu fidèles à une espèce de fleur
- de temps en temps, comportement de « sideworker »

Les abeilles sauvages (les abeilles des murailles *Osmia*, les abeilles des sables *Andrena*, les antophorines *Anthophora*)

+ adaptations spécifiques aux plantes, à la période de floraison et aux conditions locales

+ haute activité de récolte : les femelles de certaines espèces butinent jusqu'à plus de 5000 fleurs par jour.

+ transport sec de pollen (pas de pelotes)

- mode de vie solitaire, peu d'individus

- variations de population dans le temps et dans l'espace

- en général pas fidèles à une espèce de plante

3.3 Propriétés d'autres insectes

La capacité de pollinisation des insectes suivants, à l'exception des coléoptères, est insignifiante:

Les guêpes: collectent le nectar juste pour elles.

Les fourmis: voleuses classiques de nectar, ne touchent pas les étamines.

Les mouches: vivent en solitaire, visitent les fleurs sans préférence. Quelques-unes présentent une longue trompe : Éristale (*Eristalis* 4-8 mm, *Rhingia* 11-12 mm). Les Syrphidés adultes vivent uniquement de nectar et de pollen.

Les papillons: récoltent seulement le nectar, très longue trompe (0.5-30 mm), forte pilosité

Les coléoptères: Des espèces mangeuses de pollen et de nectar se retrouvent dans plusieurs familles (Capricorines, Buprestes, Clairons, Scarabées et Cantharidés). Certaines espèces détruisent des parties de la fleur.

3.4 Adaptations morphologiques des insectes pour la récolte de pollen et de nectar

Poils piégeurs de pollen

Les insectes les plus poilus sont les bourdons (*Bombus*), l'abeille des murailles (*Osmia*), les mégachiles (*Megachile*) et les antophorines (abeilles poilues) (*Anthophora*). Tous apparaissent poilus, et à les regarder de près, leurs soies présentent de nombreux crochets et de ramifications. Même quelques Syrphidés sont poilus.

L'abeille domestique: merveilleusement bien adaptée

Les dispositifs développés pour la récolte de pollen par l'abeille domestique font que cette dernière est quelques fois décrit avec humour par les spécialistes comme « couteau suisse volant ». Sur la paire de pattes arrières, les brosses, les peignes, le poussoir et les corbeilles à pollen servent à transporter le pollen sous forme de pelotes jusqu'à la ruche.



Fig. 20. Patte droite d'une butineuse avec une pelote de pollen dans la corbeille.



Fig. 21. Pendant le vol, la butineuse pousse le pollen dans les corbeilles à l'aide de la brosse [12].

Adaptations à la récolte des autres abeilles

Les autres abeilles ont aussi développé des dispositifs spéciaux pour récolter le pollen. Une bonne moitié de nos espèces d'abeilles indigènes recueillent le pollen avec leurs pattes : les abeilles domestiques, les bourdons, les Colletidés et les Andrenidés. Certaines abeilles comme les abeilles des murailles et les Mégachiles procèdent à une récolte abdominale et disposent d'une brosse ventrale pour transporter le pollen. Certaines abeilles avalent le pollen et le nectar et les recrachent dans les alvéoles. Elles sont très peu poilues et ne contribuent pas vraiment à la pollinisation.

Récolte par vibrations

De nombreuses espèces d'abeilles, parmi lesquelles quelques bourdons et Antophores, mais pas l'abeille domestique, maîtrisent « la récolte par vibrations ». Les solanacées (tomates, pommes de terre) ainsi que d'autres familles ont de longues anthères qui libèrent leur pollen par une petite ouverture à leur extrémité. L'abeille s'accroche à l'anthère et la secoue pendant qu'elle place son corps en oscillations (comme dans sa danse frétilante ou lors de la régulation de sa température). De cette façon, les petits grains de pollen lisses s'écoulent sur les poils de l'abdomen.



Fig.22. Récolte par vibrations: le bourdon sur une solanacée

Les coléoptères mangeurs de pollen

Les coléoptères, comme la cétoine dorée et la méligèthe, mangent le nectar et le pollen avec leurs pièces buccales spécialisées pour mâcher. Chez la cétoine dorée (*Cetonia aurata*), les touffes de poils forment, sur la mâchoire supérieure, une vraie brosse à pollen. Le pollen n'est cependant pas récolté pour en faire des provisions.

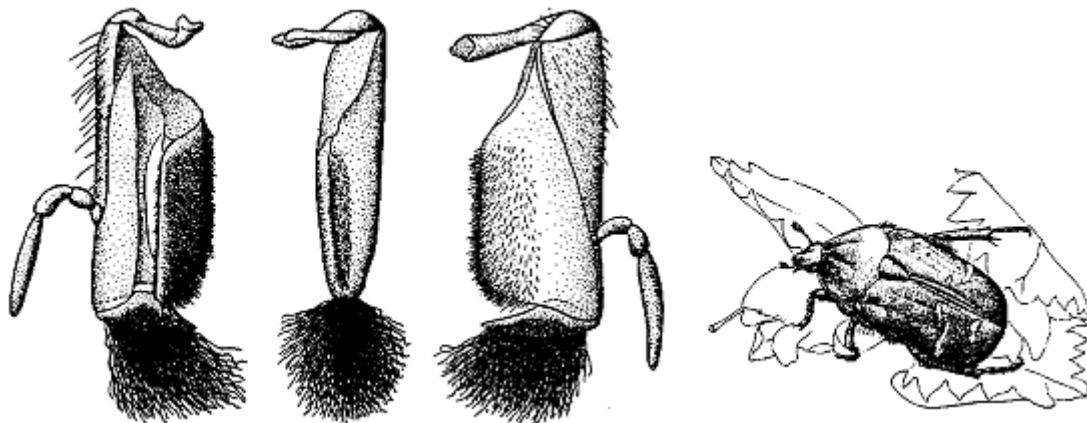


Fig. 23. Brosse à pollen de la cétoine dorée [1].

La récolte du nectar

L'abeille domestique est morphologiquement parfaitement adaptée pour la récolte du nectar: l'appareil buccal inférieur est transformé en une langue (proboscis) semblable à un tuyau d'aspiration et l'extrémité de la langue, densément poilue, se prolonge par une petite cuillère avec laquelle l'abeille lèche le nectar. Dans son jabot, qui peut contenir jusqu'à 70 mg de nectar, l'abeille domestique peut transporter le nectar d'environ 100 fleurs de pommier ou 1000 fleurs de trèfles en un seul vol.

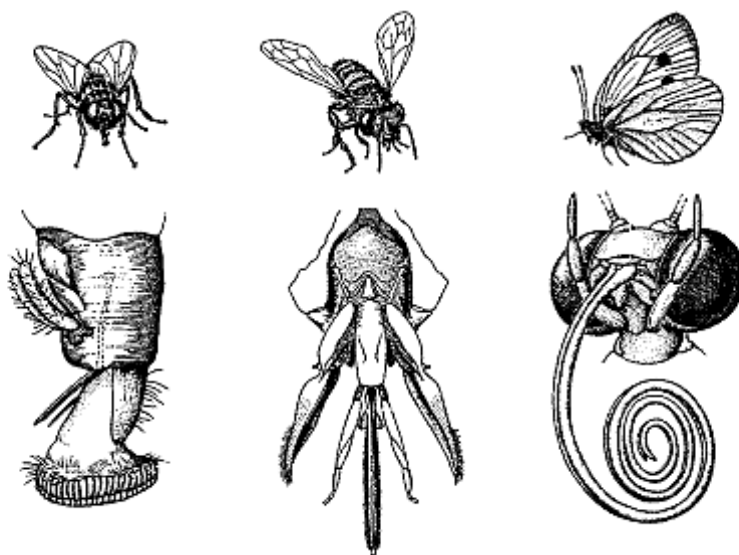


Fig. 24. Proboscis de mouche, d'abeille et de papillon [1].

Les insectes visiteurs de fleurs sont de tailles variables et procèdent différemment à la récolte de nectar. Ils se différencient donc aussi par la longueur de leur proboscis:

Syrphe (<i>Syrphus</i>)	2-4 mm
Halicte (<i>Halictus ssp.</i>)	1.5-6 mm
Éristale gluant (<i>Eristalis</i>)	4-8 mm
Abeille domestique (<i>Apis mellifera</i>)	6.5 mm
Bourdon terrestre (<i>Bombus terrestris</i>)	8-9 mm
Bombyle (<i>Bombylius discolor</i>)	10-12 mm
Syrphe (<i>Rhingia rostrata</i>)	11-12 mm
Bourdon des jardins (<i>Bombus hortorum</i>)	14-16 mm
Piérade du chou (<i>Pieris brassicae</i>)	16 mm
Anthophore (<i>Anthophora pilipes</i>)	19-21 mm
Moro-sphinx (<i>Macroglossum stellatarum</i>)	25-28 mm
Sphinx du troène (<i>Sphinx ligustri</i>)	37-42 mm

3.5 Concurrence des abeilles

En général

Selon les espèces, leur comportement, leurs besoins et la quantité de nourriture disponible, la concurrence est variable. Les abeilles évitent les concurrents dominants. Les plus petites espèces de bourdons, par exemple, évitent les plus grandes ou fuient les sources de nourriture butinées par des concurrents. On a observé sur la consoude officinale que les bourdons chassaient les plus petites espèces d'abeilles sauvages [31].

Les abeilles domestiques peuvent évincer des espèces spécialisées

L'abeille domestique est en concurrence avec d'autres espèces pour la nourriture, ainsi que lors de faibles récoltes, avec des congénères d'autres colonies. Elle passe pour l'espèce qui a la plus grande influence sur les autres espèces [31]. Grâce à la grande flexibilité de son comportement de butinage et au grand nombre d'individus, l'abeille domestique bénéficie d'avantages évidents dans la sélection naturelle, en particulier en comparaison avec des espèces d'abeilles solitaires.

L'évincement d'espèces spécialistes vivant en solitaire est possible si deux conditions sont réunies : la source de pollen dont les spécialistes ont besoin est aussi attractive pour les abeilles domestiques et aucune ressource alternative n'existe pour les espèces spécialisées. Dans de tels cas, les abeilles domestiques peuvent décimer ou faire disparaître des populations d'abeilles sauvages.

L'introduction d'abeilles domestiques dans des régions sans miellée de masse et en particulier dans des biotopes ou des zones de repli d'abeilles sauvages est problématique. En Hollande, des régions sans apiculture possèdent une variété d'abeilles sauvages plus riche que les régions où les abeilles domestiques sont très présentes.

Recommandations aux apiculteurs :

1. Il n'y a pas de règles générales pour l'introduction de colonies d'abeilles dans les espaces naturels. Les avantages et inconvénients devraient être évalués de cas en cas avec l'aide d'un spécialiste.

2. On devrait cependant renoncer à l'introduction de colonies d'abeilles quand le périmètre de butinage est attractif à la fois pour des espèces d'abeilles sauvages très spécialisées et pour des abeilles domestiques. Les prairies maigres, les gravières et les terrains vagues par exemple sont des espaces vitaux riches en abeilles sauvages.

4 Importance de l'apiculture

4.1 Importance de la pollinisation par les abeilles pour les plantes cultivées

Les abeilles domestiques sont les plus importants pollinisateurs des plantes cultivées. L'hivernage de la colonie entière représente un avantage certain car les abeilles peuvent dès le début de l'année butiner en grand nombre. De plus, les butineuses sont fidèles dans leurs visites, survolant toujours la même espèce de plantes. C'est d'une grande importance pour les miellées de masses à floraison précoce, comme les fruits et le colza. L'impact de la pollinisation par les abeilles diffère cependant considérablement entre les différentes cultures à pollinisation entomophiles.

Cultures	Production par 1000 tonnes	Pollinisation par les abeilles [20]	Pollinisateurs observés [10] [11]
Pomme	9321	+++	M B S
Poire	2631	+++	M B
Cerise	546	+++	M
Abricot	599	++	M
Amande	347	+++	M
Citron	1547	0	M B S
Orange	5165	0	M B S
Framboise	61	++	M B
Fraise	710	+++	M S
Groseille rouge	180	+++	M B
Raisin	24236	+	M S
Féverole	1499	++	M B S
Châtaigne	119	++	M
Trèfle violet	?	+++	M B S
Luzerne	?	+++	M B S
Coton	1041	++	M B S
Melon	1654	+++	M
Concombre	1372	+++	M S

Cultures	Production par 1000 tonnes	Pollinisation par les abeilles [20]	Pollinisateurs observés [10] [11]	
Courge	782	+ + +	M	S
Olive	5878	+	M	
Poivre	246	-	M	B
Colza	5214	+	M	B S
Soja	1658	0	M	S
Tournesol	3908	+ +	M	B S
Tomate	11235	+	M	B S

Les principales productions de la Communauté Européenne en 1990 et leur dépendance à la pollinisation par les abeilles, selon [4]

Pollinisation par les abeilles:

+ + + très importante + + importante + utile 0 pas nécessaire - pas d'indication

Pollinisateurs: M: abeille domestique B: bourdons S: abeille solitaire

La plupart des plantes cultivées énumérées dans ce tableau dépendent fortement des abeilles domestiques pour leur pollinisation.

Par contre, les abeilles sauvages sont plus aptes que l'abeille domestique à polliniser le trèfle violet, la luzerne, la féverole et la tomate. Les oranges, citrons, raisins, olives, soja et colza ne comptent quant à eux pas sur la visite des insectes, ils sont largement auto-fécondants. Pour eux, le vent peut jouer un rôle. Leurs fleurs produisent pourtant du nectar et du pollen et le butinage par les abeilles augmente leur rendement. Pour certains agrumes, il est possible d'avoir formation d'un fruit sans pépin, donc sans qu'il y ait eu fécondation préalable.

4.2 Valeur économique de l'apiculture

D'un point de vue économique, l'apiculture apporte des prestations de deux ordres:

- Miel, cire, pollen, propolis et gelée royale sont commercialisables. Les quantités produites et les prix du marché sont connus ; on peut calculer la valeur des récoltes pendant une année (produit final).
- La pollinisation des plantes cultivées et des plantes sauvages apparaît comme une prestation indirecte découlant de la production de produits apicoles. Pour beaucoup de plantes cultivées comme de plantes sauvages cependant, c'est une prestation indispensable pour la formation de leurs graines et de leurs fruits. Il n'existe pas de prix du marché pour cette prestation livrée par les abeilles.

Valeur des produits de la ruche

En Suisse, on récolte avant tout du miel, de la cire et du pollen :

	Production moyenne par année	Valeur du marché en Fr. par kg	Valeur du marché par année en millions de Fr.
Miel	3'000 tonnes	20.-	60
Cires	60 tonnes	8.-	0,5
Pollen de fleurs	600 kg	100.-	0,06

Production moyenne de produits apicoles et leur valeur marchande (produit final)

La valeur annuelle des produits apicoles est déterminée par le volume de la récolte de miel. Comparativement, les gains sur la cire et le pollen sont peu importants. La valeur de ces biens produits par les apicultrices et apiculteurs suisses s'élève chaque année en moyenne à environ 60 millions de francs. Ceci correspond à un montant, par colonie d'abeilles, de 240 francs par année (selon l'hypothèse de 250'000 colonies).

Valeur de la pollinisation des plantes cultivées par les abeilles domestiques

La valeur économique de la pollinisation en tant que prestation indirecte de l'apiculture dépend fortement de l'abondance ou du manque de pollinisateurs. Tant que ceux-ci sont en nombre suffisant pour garantir une bonne pollinisation, aucune valeur économique ne sera attribuée à cette prestation.

D'un autre côté on se demande souvent quelles seraient les répercussions de l'absence de pollinisation par les abeilles sur les productions agricoles et à quels montants s'élèveraient les pertes. Ce scénario irréaliste ne peut pas être appréhendé par une méthode classique de calcul économique car les personnes touchées, les arboriculteurs par exemple, ne laisseraient pas les choses se dégrader sans réagir et chercheraient des solutions pour pallier le manque d'abeilles. Malgré ces réserves, de nombreux auteurs ont tenté de répondre à cette question.

La littérature recense différentes façons de calculer la valeur de la pollinisation, qui conduisent à des résultats différents. Deux modes de calculs sont connus :

Approximation avec la valeur décuplée des recettes en miel

Dans les articles écrits sur le sujet, on retrouve souvent la règle approximative, selon laquelle la valeur de la pollinisation des plantes cultivées par les abeilles domestiques correspond à dix fois la valeur de la production annuelle de miel. De nouvelles estimations vont jusqu'à 30 fois cette valeur. Pour la Suisse, où le prix du miel est élevé, il faudrait plutôt retenir la valeur décuplée. Avec un prix du marché de la récolte de miel de 60 millions de francs par an, la somme totale se monte à 600 millions de francs pour la prestation de pollinisation des abeilles ou en moyenne à 2'400 Fr. par colonies (supposition : 250'000 colonies en Suisse).

Calcul sur la base du prix de marché des productions agricoles dépendantes des abeilles pour leur pollinisation

L'estimation de la valeur de la pollinisation par les abeilles est plus facile lorsque pour chaque culture, on prend en considération d'une part la production, d'autre part le taux de participation des abeilles à la pollinisation. En 1997, les récoltes de fruits, de baies, de colza, de soja et de tournesols atteignaient en Suisse la valeur d'environ 380 millions de Fr. (produit final, statistique de l'union suisse des paysans). La part des récoltes dépendantes de la pollinisation par les abeilles domestiques se monte à environ 300 millions (calcul selon la méthode de Robinson 1989 [27]). De là on tire une valeur de pollinisation de 1200 Fr. par colonie d'abeilles (supposition : 250'000 colonies). Cette valeur est du même ordre que celle obtenue dans d'autres études, lesquelles estiment la valeur de l'activité pollinisatrice des abeilles domestiques dans les pays de l'union

européenne entre 1'000 et 1'300 Fr. par colonie d'abeilles et par année [2]; [4]. Avec la méthode de calcul a), on arrivait par contre à un montant proche du double de cette somme.

Importance de la pollinisation des plantes sauvages

Il n'y a pas que les plantes cultivées, mais aussi la majorité des plantes sauvages qui dépendent des insectes pour leur pollinisation. Pour ces dernières cependant, il est très difficile d'attribuer une valeur pécuniaire à la pollinisation par les abeilles. Les répercussions d'une pénurie d'abeilles domestiques pourraient être les suivantes : diminution de la formation des graines et des fruits, recul de la diversité de plantes sauvages et des animaux qui s'en nourrissent. L'équilibre écologique existant serait rompu, le paysage et le climat probablement aussi modifiés. Les conséquences seraient majoritairement négatives pour la vie de l'homme.

Valeur d'une colonie d'abeilles et d'un rucher

On peut tirer de la valeur des productions commercialisables des abeilles (produits finaux) ajoutée à la valeur hypothétique de la pollinisation (prestation indirecte de l'apiculture) une valeur totale.

	Total en Suisse en millions de Fr.	Moyenne par colonie d'abeilles en Fr.
Produits apicoles	60	240
Pollinisation des plantes cultivées	300	1'200
Valeur totale	360	1'440

Valeur moyenne dégagée annuellement par l'ensemble de l'apiculture et par colonie (supposition: 250'000 colonies en Suisse). La valeur de la pollinisation des plantes sauvages n'est pas prise en compte.

Cette valeur totale de 360 millions de francs par année ou de 1'440 Fr. par colonie d'abeilles n'est pas reconnue d'un point de vue économique, parce qu'aucun prix officiel n'existe pour la pollinisation. D'un autre côté, il est intéressant de pouvoir évaluer la valeur globale de l'apiculture. Les apiculteurs veulent par exemple savoir ce que vaut une exploitation apicole. En Suisse, une exploitation comprend en moyenne 12 colonies. Le prix du marché des produits apicoles atteint en une année pour une telle exploitation, 2'880 Fr., et la valeur hypothétique de la pollinisation des plantes cultivées 14'400 Fr. Le montant total dégagé annuellement atteint donc 17'280 Fr.

Littérature:

- [1] Barth F.G., Biologie einer Begegnung. Die Partnerschaft der Insekten und Blumen, Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart, 1982.
- [2] Borneck R., Merle B., Essai d'une évaluation de l'incidence économique de l'abeille pollinisatrice dans l'agriculture Européenne, *Apiacta* 24 (1989) 33-38.
- [3] Buchmann S.L., Nabhan G.P., *The Forgotten Pollinators*, Island Press, Washington D.C., 1996.
- [4] Corbet S.A., Williams I.H., Osborne J.L., Bees and the pollination of crops and wild flowers in the European community, *Bee World* 72 (1991) 47-59.
- [5] Crane E., Walker P., *Pollination directory for world crops*, IBRA International bee research association, London, 1984.
- [6] Curtis W., *The botanical magazine*, (1792) .

- [7] Drescher W., Biene und Imkerei, ihre Bedeutung für Oekologie und Oekonomie, Allg. Dtsch. Imkerztg. (1986) 74-77.
- [8] Fafri P., Hegg O., Ein Rundgang durch die Schauhäuser, Selbstverlag des Botanischen Gartens der Universität Bern (1989) .
- [9] Free J.B., The foraging behaviour of honeybees in relation to pollination. A lecture given to the Central Association of Bee-Keepers, Rothamsted Experimental Station, Harpenden (1962) 1-10.
- [10] Free J.B., Insect Pollination of Crops, Academic Press, London and New York (1970) .
- [11] Free J.B., Insect pollination of tropical crops. A Lecture given to the Central Association of Bee-Keepers on 28th september 1974, The central Association of Bee-Keepers, Ilford, Essex (1976) 1-10.
- [12] Hodges D., The pollen loads of the honeybee, Bee Research Association Limited, London, 1952.
- [13] Holm E., The biology of flowers, Penguin Books Ltd., Middlesex, England, 1979.
- [14] Hooper C.H., The pollination and setting of fruit blossoms and their insect visitors, Journal of the Royal Horticultural Society (1912) 238-248.
- [15] Kobel F., Obstbau und Bienenzucht, Beiheft Schweizerische Bienen-Zeitung 1 (3) (1942) 111-154.
- [16] Kugler H., Einführung in die Blütenökologie, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 1955.
- [17] Leuenberger F., Die volkswirtschaftliche Bedeutung der Bienenzucht, Schweiz. Landw. Monatshefte 1 (6) (1933) 163-166.
- [18] Mantinger H., Blüten - Bienen - Qualität. Die Bedeutung der Biene für den Obstbau, Infoblatt Südtiroler Imkerbund. Sonderdruck zur Interpoma 1998 (1998) .
- [19] Mantinger H., Die Biene im Dienste des Obstbaues - volkswirtschaftlicher Nutzen, 80. Kongress (Wanderversammlung) Deutschsprachiger Imker, 14.-16.8.1998 Luzern (1998) .
- [20] McGregor S.E., Insect pollination of cultivated crop plants, Agricultural Research Service, Washington, D.C., USA, Washington, D.C., USA, 1976.
- [21] Mesquida J., Renard M., Le colza - Reproduction et pollinisation (partie I et II), Bul. Tech. Apicult. 8, 9 (4, 1) (1981) 167-174, 21-32.
- [22] Mesquida J., Renard M., Etude de la dispersion du pollen par le vent et de l'importance de la pollinisation anémophile chez le colza (*Brassica napus* L., var. *oleifera* Metzger), Apidologie 13 (4) (1982) 353-366.
- [23] Mesquida J., Renard M., Pierre J.S., Rapeseed (*Brassica napus* L.) productivity: The effect of honeybees (*Apis mellifera* L.) and different pollination conditions in cage and field tests, Apidologie 19 (1) (1988) 51-72.
- [24] Müller A., Krebs A., Amiet F., Bienen. Mitteleuropäische Gattungen, Lebensweise, Beobachtung, Weltbild Verlag GmbH, Augsburg, 1997.
- [25] Pörnbacher H., Die Bedeutung der Windbestäubung in Apfelanlagen, Allgemeine Deutsch

Imkerzeitung (6) (1991) 13-15.

- [26] Pörnbacher H., Insekten als Bestäuber in Apfelanlagen, Allg Dtsch Imkerztg (6) (1991) 6-8.
- [27] Robinson W.S., Nowogrodzki R., Morse R.A., The value of honey bees as pollinators of U.S. crops, Am Bee J 129 (7) (1989) 477-487.
- [28] Ruttner F., Naturgeschichte der Honigbienen, Ehrenwirth Verlag, München, 1992.
- [29] Spehar M., Radakovic A., Tomljenovic M., The role of honey bee in pollination of sunflower and rape under conditions of Slavonia Region, Science in Practice 14 (1-2) (1986) 11-18.
- [30] Sprengel C.K., Das entdeckte Geheimnis der Natur im Bau und in der Befruchtung der Blumen, F. Vieweg. Verlag J. Cramer, Berlin. Lehre, 1793.
- [31] Westrich P., Die Wildbienen Baden-Württembergs. Band 1) Allgemeiner Teil, Verhalten, Ökologie und Schutz. Band 2) Spezieller Teil: Die Gattungen und Arten, Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, Deutschland, 1990.