

Lumière sur les papillons de nuit

-

Leur importance dans la pollinisation

Claerebout Stéphane

Adalia 2.0

Journée intercommunale sur les enjeux de
la préservation des pollinisateurs dans les
espaces verts

Bouge, 9.IV.2024



Les papillons de nuit, des pollinisateurs pas comme les autres



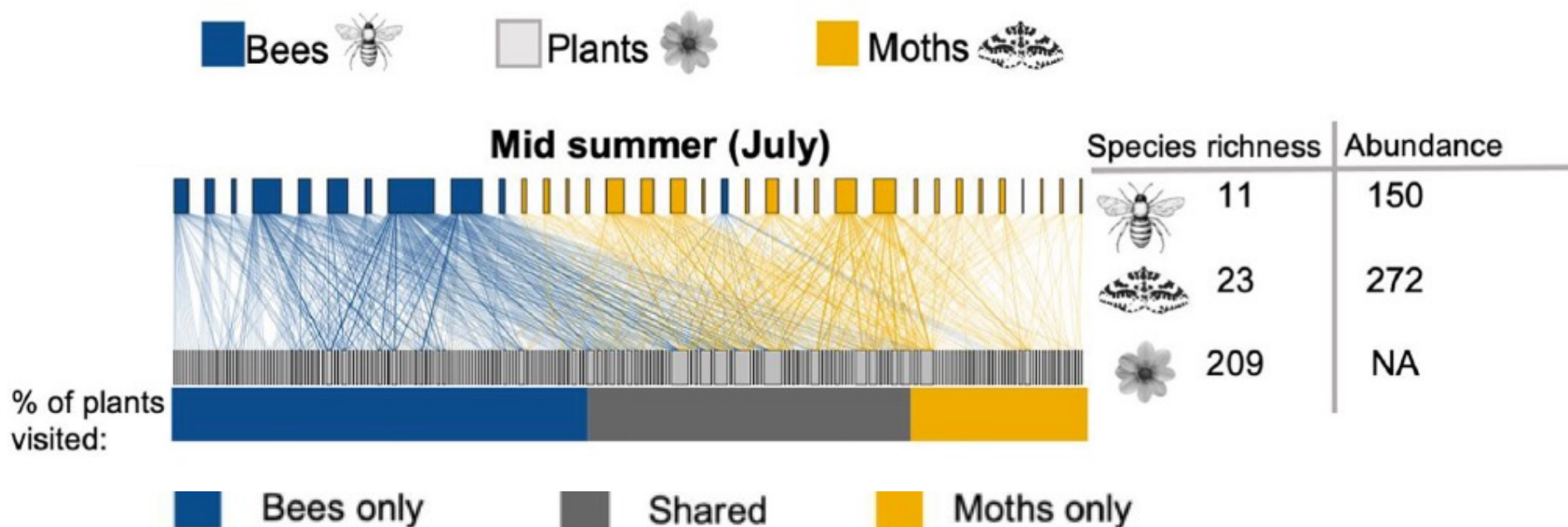
Aperçu des principaux insectes pollinisateurs (Arcadis, 2020)

Les papillons de nuit agissent à la nuit tombée.

Les réseaux combinés révèlent l'étendue de redondance et complémentarité des interactions de pollinisation dans les écosystèmes.

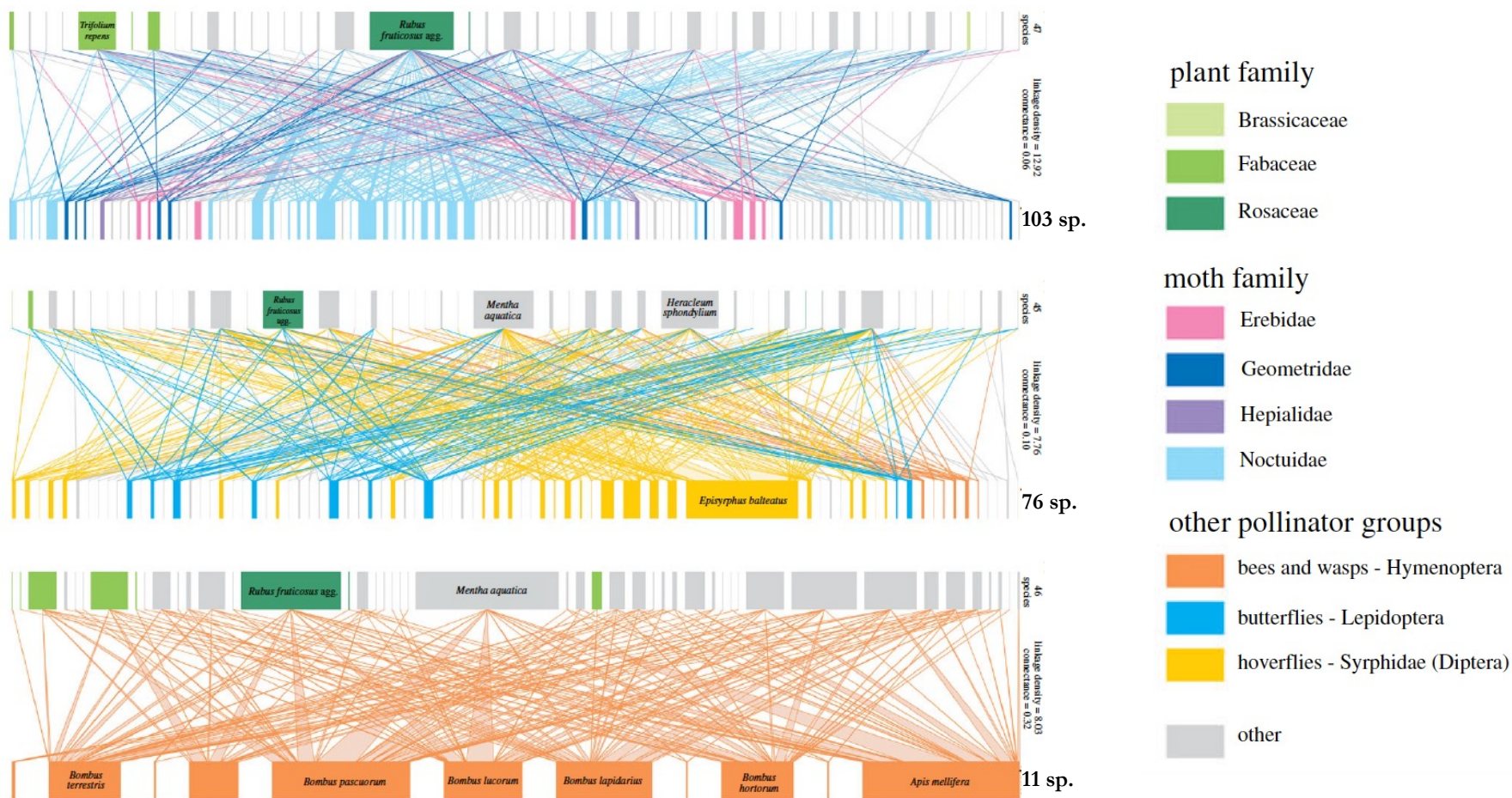
Certaines plantes apparemment spécialisées dans les réseaux diurnes peuvent être généralistes avec des visiteurs nocturnes inclus.

Les visiteurs nocturnes peuvent fournir une redondance aux plantes pollinisées par les visiteurs diurnes, et vice versa.



Réseaux de transport du pollen par les abeilles (en bleu) et les papillons nocturnes (en jaune) au milieu de l'été (juillet). Les cadres supérieurs de chaque réseau (niveau supérieur) sont des espèces différentes d'abeilles et de papillons de nuit, et les cadres inférieurs (en gris) de chaque réseau (niveau inférieur) correspondent à des espèces de plantes différentes. Les barres empilées indiquent la proportion de fleurs visitées par chaque groupe d'insectes seul et la proportion partagée (gris foncé) entre les deux groupes d'insectes (Ellis *et al.*, 2023).

Les papillons de nuit sont des champions en matière de pollinisation et de transport du pollen ne se nourrissant que de nectar.


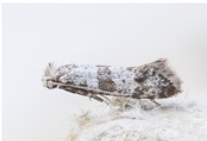

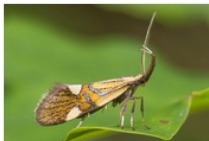















Réseaux de transport du pollen les papillons nocturnes (en haut, en bleu et rose), par les abeilles et guêpes non sociales (au milieu, en jaune et bleu) et les abeilles sociales (en bas, en orange). La largeur des cases dans chaque colonne est proportionnelle au nombre d'individus trouvés avec du pollen d'une espèce donnée. Les plantes sont indiquées au niveau supérieur et les insectes pollinisateurs au niveau inférieur (Walton *et al.*, 2020).

Statistiques des papillons de nuit en Belgique

Pour l'ordre des lépidoptères, De Prins & Steeman (2024) comptabilisent pour la Belgique :

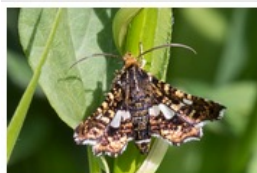
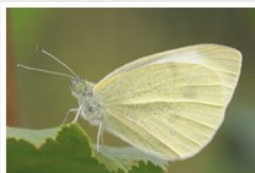
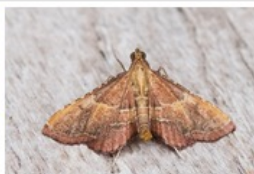
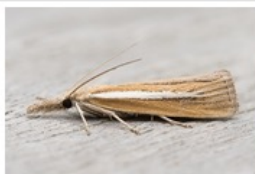
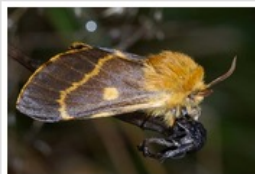
- 74 familles ;
- 999 genres ;
- 2736 espèces (dont 123 papillons de jour).

					
Heliodinidae (1) Roestmotten (NL) Sun moths (EN)	Bedelliidae (1) Venstermineermotten (NL)	Scythropiidae (1) Doornspinnermotten (NL)	Douglassiidae (4) Lepelmotten (NL) Douglas moths (EN)	Autostichidae (6) Dominomotten (NL)	Oecophoridae (28) Sikkelmotten (NL) Concealer moths (EN)
					
Depressariidae (50) Platlijfjes (NL) Flat-bodied moths (EN)	Peleopodidae (1) Vuurmotten (NL)	Lypusidae (9) Zaksikkelmotten (NL)	Cosmopterigidae (11) Prachtmotten (NL) Cosmet moths (EN)	Gelechiidae (183) Palpmotten (NL) Gelechiid moths (EN)	Elachistidae (64) Grasmineermotten (NL) Grass-miner moths (EN)
					
Coleophoridae (120) Kokermotten (NL) Case-bearers (EN)	Batrachedridae (2) Smalvleugelmotten (NL)	Ethmiidae (5) Zwartwitmotten (NL)	Momphidae (16) Wilgenroosjesmotten (NL) Mompha moths (EN)	Blastobasidae (6) Spaandermotten (NL) Scavenger moths (EN)	Stathmopodidae (1) Pootmotten (NL)
					
Scythrididae (19) Dikkopmotten (NL) Flower moths (EN)	Alucitidae (3) Waaiermotten (NL) Many-plumed moths (EN)	Pterophoridae (46) Vedermotten (NL) Plume moths (EN)	Schreckensteiniidae (1) Gevorkte motten (NL) Bristle-legged moths (EN)	Epermeniidae (7) Borstelmotten (NL) Fringe-tufted moths (EN)	Choreutidae (6) Glittermotten (NL) Metalmark moths (EN)

Aperçu des principales familles de microlépidoptères (De Prins & Steeman, 2024)

**Tortricidae (398)**Bladrollers (NL)
Tortricid moths (EN)**Cossidae (3)**Houtboorders (NL)
Cossid millers (EN)**Castniidae (0)**

Castniid moths (EN)

**Sesiidae (25)**Wespvinders (NL)
Clearwing moths (EN)**Limacodidae (2)**Slakrupsen (NL)
Slug Caterpillar Moths (EN)**Zygaenidae (15)**Bloeddrupes (NL)
Forester and burnet moths (EN)**Thyrididae (1)**Venstervlekjes (NL)
Picture-winged leaf moths (EN)**Papilionidae (2)**Grote pages (NL)
Swallowtails (EN)**Hesperiidae (15)**Dikkopjes (NL)
Skippers (EN)**Pieridae (15)**Witjes (NL)
Whites (EN)**Riodinidae (1)**Prachtvlinders (NL)
Metalmarks (EN)**Lycaenidae (35)**Blauwtjes, kleine pages en
vuurvlinders (NL)
Gossamer-winged
butterflies (EN)**Nymphalidae (55)**Aurelia's (NL)
Brush-footed butterflies (EN)**Pyralidae (88)**Lichtmotten (NL)
Pyralids (EN)**Crambidae (129)**Grasmotten (NL)
Crambids (EN)**Drepanidae (16)**Eenstaartjes (NL)
Hook-tips (EN)**Lasiocampidae (16)**Spinners (NL)
Eggar moths (EN)**Brahmaeidae (1)**Herfstspinners (NL)
Brahmin moths (EN)**Endromidae (1)**Berkenspinners (NL)
Glory Moths (EN)**Saturniidae (3)**Nachtpauwogen (NL)
Emperor moths (EN)**Sphingidae (18)**Pijlstaarten (NL)
Hawkmoths (EN)**Geometridae (340)**Spanners (NL)
Geometer moths (EN)**Notodontidae (33)**Tandvlinders (NL)
Prominent and kitten moths (EN)**Erebidae (97)**Spinneruilen (NL)
Erebid moths (EN)

Aperçu des principales familles de macrolépidoptères (De Prins & Steeman, 2024)

Papillons de nuit, quel appareil buccal ?

Les pièces buccales des lépidoptères adultes sont :

- une spiritrompe (pour la majorité) où la nourriture est exclusivement liquide, le nectar (et l'eau) étant préféré ;
- des mandibules broyeuses (14 espèces) : Micropterigidae et Eriocraniidae ;
- fortement réduites ou totalement absentes (une petite centaine d'espèces).



Claerebout S.

Spiritrompe de sylvaïne et de moro-sphinx



Claerebout S.

Micropterix calthella (mandibule broyeuse)



Claerebout S.

Cossus gâte-bois (sans trompe)

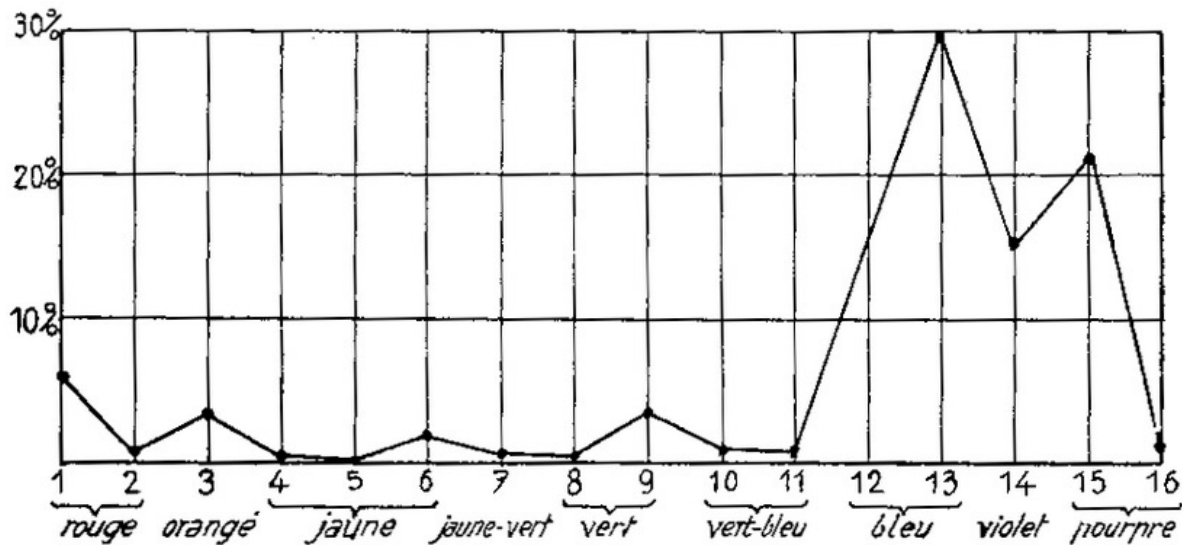


Les facteurs de spéciation des fleurs en relation avec les lépidoptères sont :

- les couleurs et odeurs des fleurs ;
- la longueur de la trompe ;
- l'existence de guides pour la trompe ;
- la présence de surfaces rugueuses à éviter ;
- la force requise pour insérer et retirer la trompe.



Claerebout S.



Moro-sphinx vs fleurs bleues violettes

Pourcentage des visites aux fleurs des différentes couleurs chez la piéride du chou (Portier, 1949)

Espèces	Longueur de la trompe en mm
<i>Mimas tiliae</i>	3
<i>Coenonympha pamphilus</i>	7
<i>Anthocaris cardamines</i> & <i>Vanessa</i> spp.	12 à 15
<i>Autographa gamma</i> , <i>Pieris brassicae</i> & <i>Gonopteryx rhamni</i>	16 à 18
<i>Papilio machaon</i>	18 à 20
<i>Macroglossum stellatarum</i>	25 à 28
<i>Sphinx ligustri</i>	37 à 42
<i>Agrius convolvuli</i>	65 à 80

Variation de la longueur de la trompe chez quelques papillons (Portier, 1949)



Claerebout S.

Sphinx-pygmée coincé par la trompe dans une fleur de dompte-venin

Papillons de nuit, actifs de nuit ?

Le terme de papillons nocturnes est trompeur :

- Zygaenidae, Sesiidae, Thyrididae et bien d'autres sont exclusivement diurnes ;
- *E. quadripunctaria*, *C. dominula*, *T. jacobaeae* et *Pammene aurana* sont régulièrement actives aussi le jour (mais aussi la nuit) ;
- *A. tau* mâle est surtout diurne alors que la femelle est nocturne ;
- 350 espèces de papillons de nuit auraient une activité au moins en partie diurne ;
- de nombreuses espèces entrent en activité à des périodes bien déterminées (ex. : crépuscule pour de nombreux microlépidoptères, aube, période après minuit, différence entre mâles et femelles, etc.).



Claerebout S.

Zygène de la filipendule



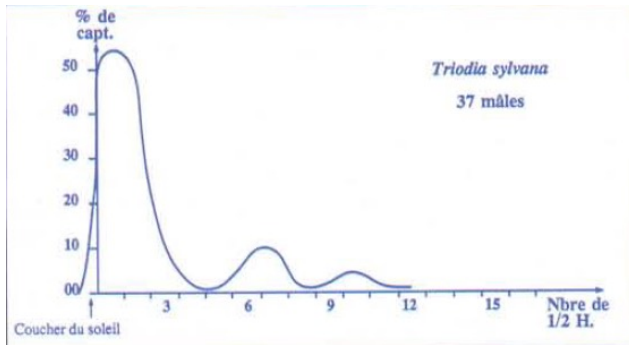
Claerebout S.

Écaille chinée



Claerebout S.

Hachette mâle

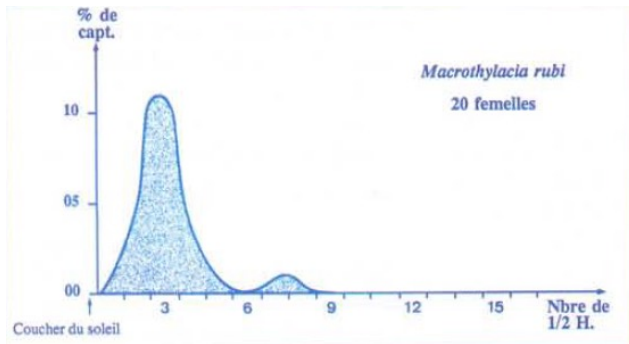


Sylvine (Hepialidae) vole à la tombée de la nuit (Robert, 1988)



Claerebout S.

Sylvine mâle

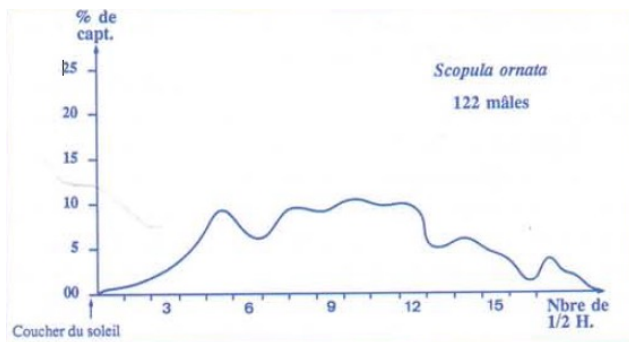


Bombyx de la ronce femelle vole à la tombée de la nuit à la recherche d'un site de ponte (Robert, 1988)



Claerebout S.

Bombyx de la ronce femelle



Phalène ornée vole tout au long de la nuit jusqu'au matin (Robert, 1988)



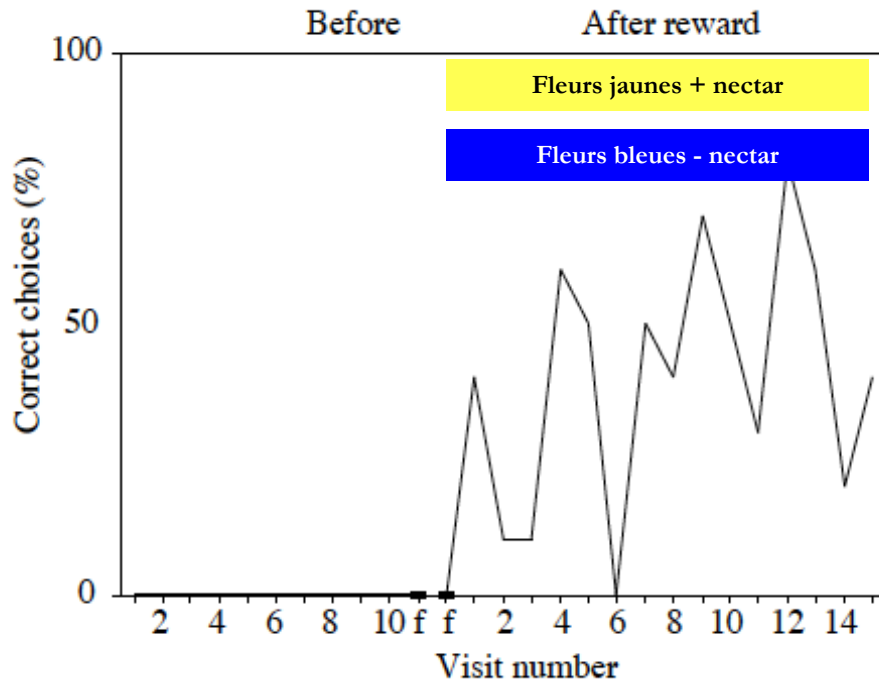
Claerebout S.

Phalène ornée

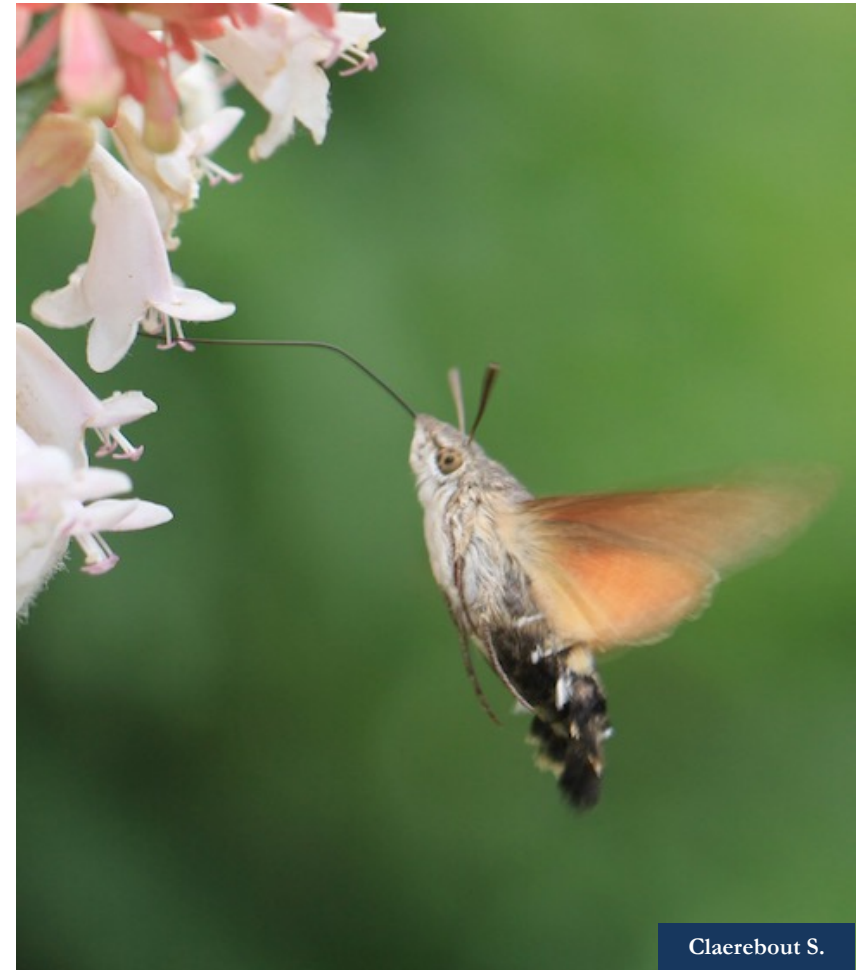
Comportements de pollinisation

Les papillons ont des préférences innées pour diverses couleurs.

L'apprentissage des couleurs est plus présent chez les papillons de nuit que ceux de jour.



Changement motivation de chez le moro-sphinx causé par le choix de couleurs de fleurs. Les papillons ont été dressés en utilisant des fleurs artificielles : le jaune était récompensée par du nectar et le bleu était la couleur non récompensée. Le diagramme montre 10 choix précédant la manipulation et 15 choix suite à deux récompenses obtenues par les fleurs artificielles bleues (indiqué par f en abscisse). Les papillons n'ont pas visité le jaune fleurs avant d'avoir été récompensées deux fois chez les bleues (Kelber, 1996).

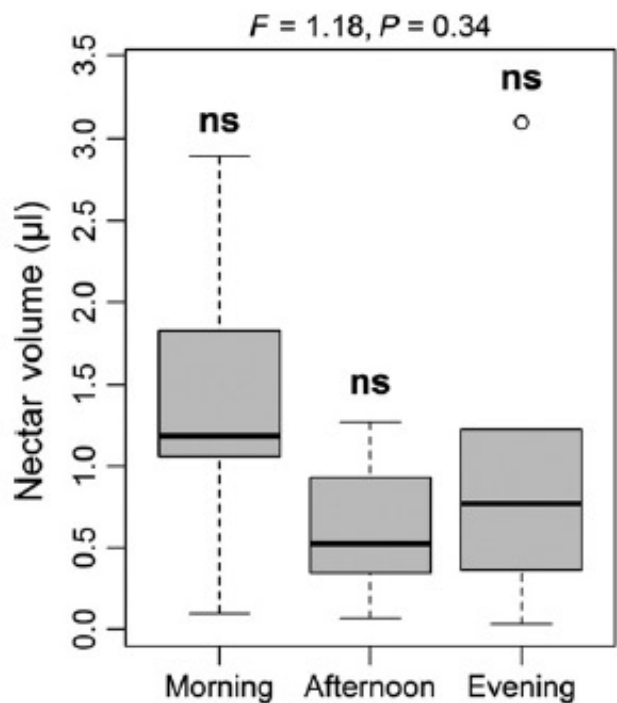


Claerebout S.

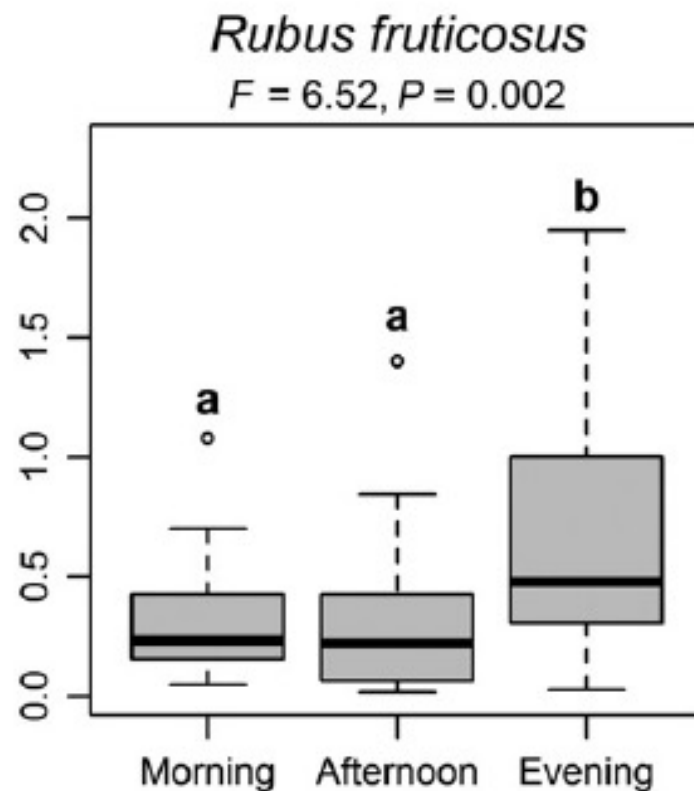
Moro-sphinx ayant appris à exploiter les fleurs pâles.

La forte périodicité de la production d'odeurs est remarquable ; les fleurs qui parfument l'air la nuit peuvent être pratiquement inodores pendant la journée.

Le volume de nectar produit et ses concentrations en sucre varient au cours d'une journée.



Le volume moyen de nectar (μl) mesuré à partir de 30 inflorescences le matin (9h00), l'après-midi (15h00) et le soir (21h00), en moyenne pour six espèces de plantes testées (Fowler *et al.*, 2016).



La concentration moyenne de sucre dans le nectar (%) mesurée à partir de 30 inflorescences le matin (9h00), l'après-midi (15h00) et le soir (21h00), en moyenne pour la ronce (Fowler *et al.*, 2016).

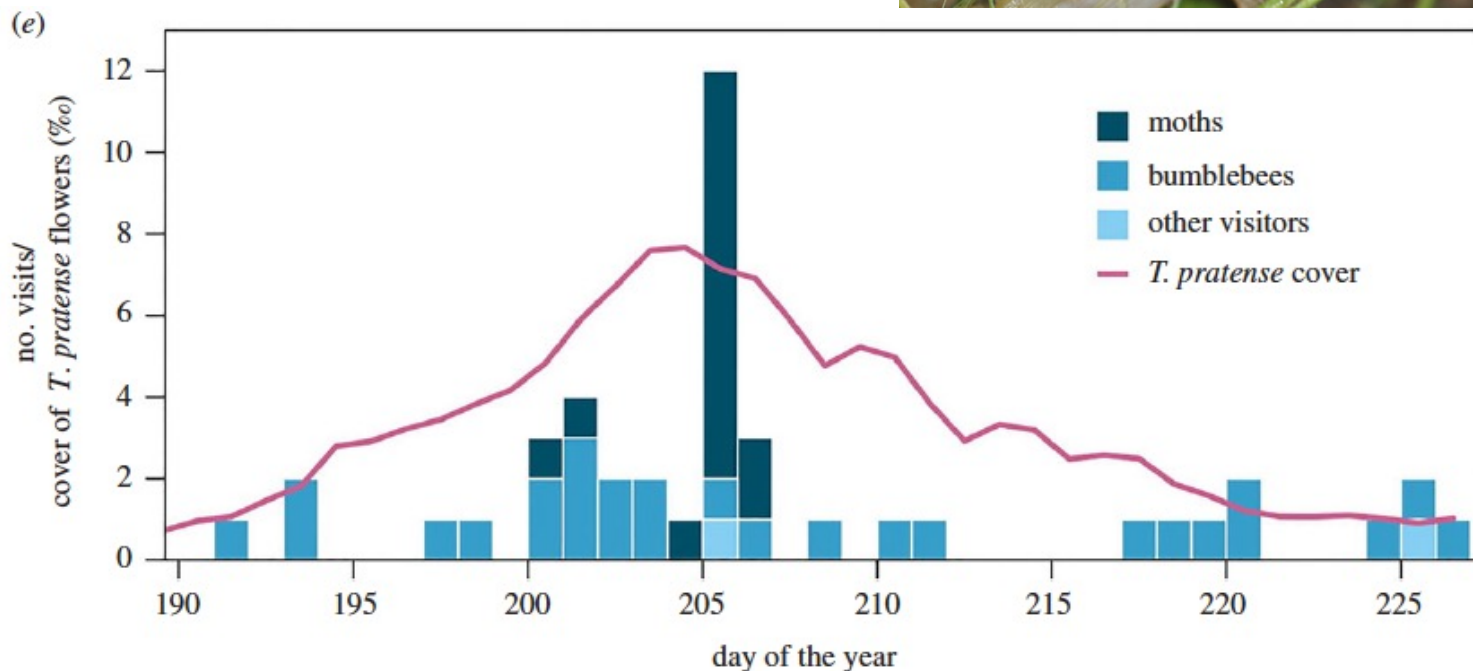
Les papillons de nuit, principalement le hibou, sont des pollinisateurs d'une grande importance des fleurs sauvages et des plantes fourragères, fournissant, p. ex. chez le trèfle des prés 34 % des visites (vs bourdons-abeilles : 61 %).

Sans les papillons de nuit, la production de graines est fortement compromise et les rendements s'effondrent.



Claerebout S.

Hibou



Fréquence des visites du trèfle des prés par les papillons de nuit (bleu foncé), les bourdons (bleu) et d'autres visiteurs (bleu clair), ainsi que la couverture de trèfle des prés (ligne rose) enregistrée par les caméras, jour et nuit, tout au long de l'été 2021 (Alison *et al.*, 2022).

Chez certaines plantes (ex. : balsamines), le pollen germe mieux la nuit, le tube pollinique est plus rapidement creusé dans le pistil et la fécondation est plus efficace.



Treatment	Period after anthesis				Balsamine des bois
	Day 1	Day 2	Day 3	Dropping	
1. Total no. of stigmas observed	10	10	10	10	
2. No. of stigmas showing germination	5	5	3	0	
3. Percent of stigma receptivity	50	50	30	0	
4. Total no. of pollen retained on stigma	36,000	25,460	1450	90	
5. Mean no. of germinated pollen	12,240	5,855	174	0	
6. Percent of pollen germination	34	23	12	0	
7. Pollen tube (µm)	612	425	98	0	

Germination d'une impatiens après l'anthèse (= ouverture de la fleur) (Sreekala *et al.*, 2008).

Chez les balsamines, les grains de pollen provenant de fleurs ouvertes (en journée) ne germent pas, alors que ceux prélevés sur des fleurs juste après leur ouverture (nocturne) et pendant les 10 premières minutes, germaient à plus de 80 %, puis perdaient rapidement cette viabilité.

La pollinisation des fleurs aux corolles particulièrement longues et étroites ne peut se faire que par l'intermédiaire de papillons nocturnes possédant une longue trompe.



Cuculie butinant une platanthère, visitée principalement par les papillons nocturnes ou crépusculaires.

Le syndrome de pollinisation est la convergence d'un ensemble de traits floraux sélectionnés au cours de l'évolution chez des espèces végétales phylogénétiquement éloignées, résultant d'adaptations aux divers vecteurs de pollinisation qui peuvent être abiotiques (le vent ou l'eau) ou biotiques (pollinisateurs tels que les oiseaux, les abeilles, les papillons de jour ou de nuit, et autres insectes).

Papillons de nuit	Fleurs adaptées aux papillons de nuit
Vie nocturne	Anthèse nocturne (souvent fermées en pleine journée)
Sens olfactif fort avec des préférences innées	Émission de parfum fort
Sens visuel sensible aux couleurs durant la nuit	Coloration généralement bleue, blanche ou pâle, rarement rouge
Probablement sensible à la dissection des contours	Pétales fortement incisés en lobes ou rebordés
Vol stationnaire en face des fleurs sans atterrissage	Fleurs horizontales ou pendantes, sans bord ou orienté vers l'arrière ; souvent zygomorphe
Longue et fine trompe	Nectar profondément enfoui dans un long tube ou un éperon
Très bons voiliers à haut métabolisme	Plus de nectar que pour les fleurs à destinations des papillons de jour et les abeilles
A des préférences pour des marques de guidage pour insérer la trompe	Guide vers le nectar généralement présent, la guidance se réalisant par les contours de la fleur

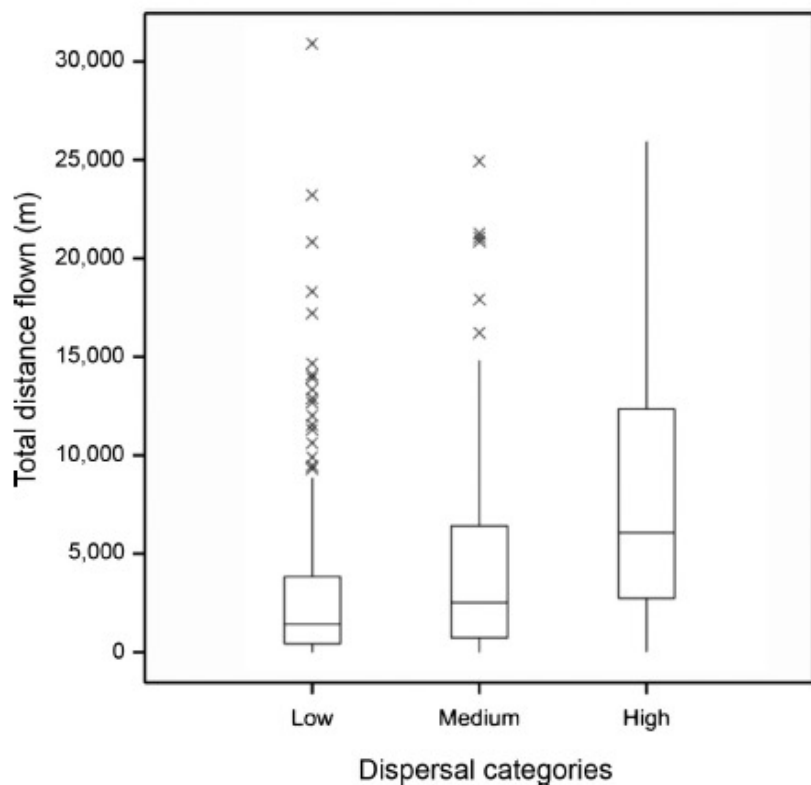


Claerebout S.

Polygala vulgaris

Syndrome de pollinisation appliquée aux fleurs ayant pour destination d'être butinée spécialement par les papillons de nuit (Faegri & van der Pijl, 1979).

Les papillons sont connus pour se déplacer sur de longues distances (plusieurs kilomètres), comparé aux autres pollinisateurs comme les abeilles et les bourdons (quelques dizaines à quelques centaines de mètres, parfois jusqu'à 1-2 km).



Distance totale parcourue atteinte sur des moulins à vol captifs de 456 individus affectés à trois catégories de dispersion selon leur espèce (faible, moyen et haut) (Jones *et al.*, 2016).



Claerebout S.

Élagueuse, le plus faible voilier étudié, capable de voler sur une distance de 597 m.

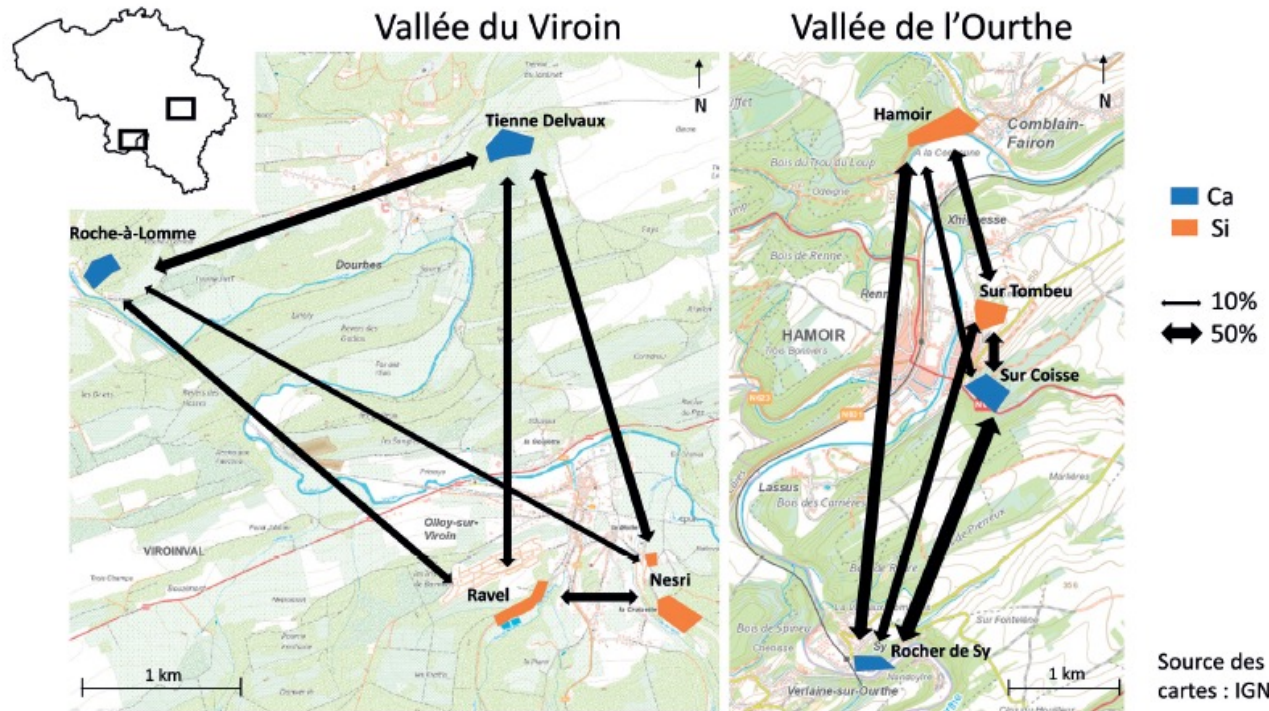


Claerebout S.

Pyramide, le meilleur voilier étudié, capable de voler sur une distance de 12,342 km.

Les déplacements des papillons de nuit semblent aléatoires : des plantes éloignées ont autant de chances de recevoir la visite d'un papillon que des plantes proches, et ceci indépendamment de l'écotype.

Ces mouvements de pollen sur de longues distances permettent de maintenir des populations connectées par du flux de gènes malgré la fragmentation de certains habitats, et ainsi de potentiellement prévenir l'érosion de la diversité génétique dans les petites populations.



Carte des populations de silènes penchés étudiées, avec l'écotype calcicole (poussant sur sol calcaire) en bleu (Ca) et l'écotype silicicole (sur sol siliceux) en orange (Si). Les flèches représentent les transferts de pollen entre populations, leur épaisseur étant proportionnelle à la proportion d'individus d'une population ayant reçu du pollen provenant de l'autre population (Cornet *et al.*, 2024).



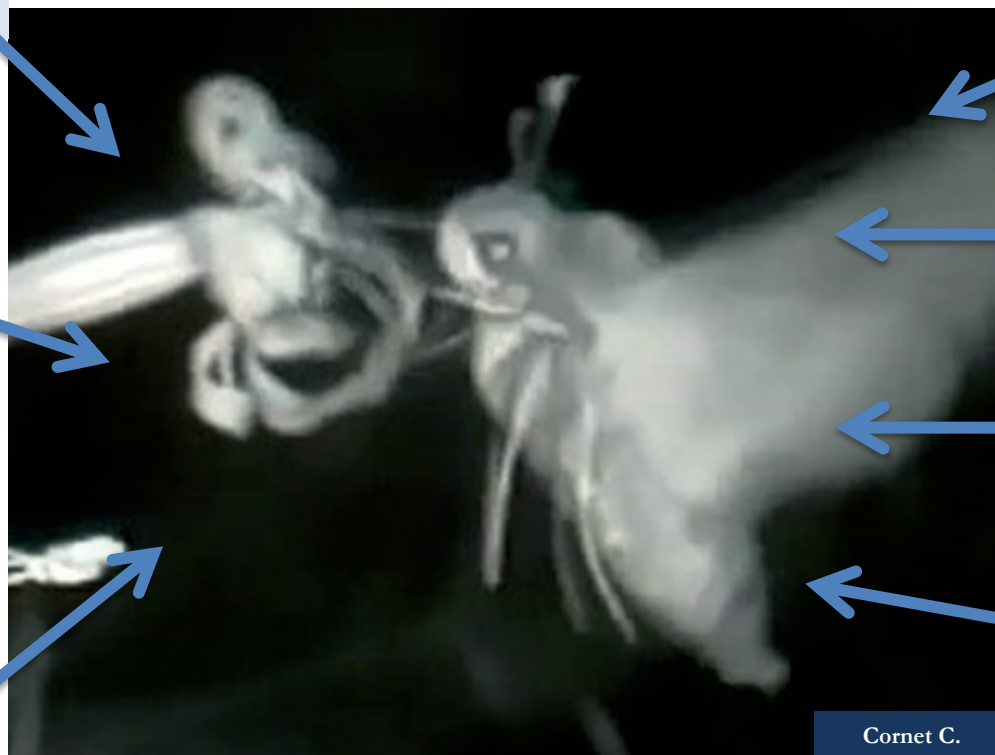
Noctuelle à macule blanche, papillon de nuit liée au silène penché.

Les papillons de nuit = pollinisateurs
- en nombre important
- complémentaires aux pollinisateurs diurnes
- indispensables

Pollinisent de nombreuses familles botaniques

Nombres d'espèces et d'individus sont grands

Certaines plantes sont plus ou moins strictement liées aux papillons de nuit (éthologie et morphologie)



Viabilité du grain de pollen plus assurée

Mouvements de pollen sur de longues distances

Déplacements aléatoires

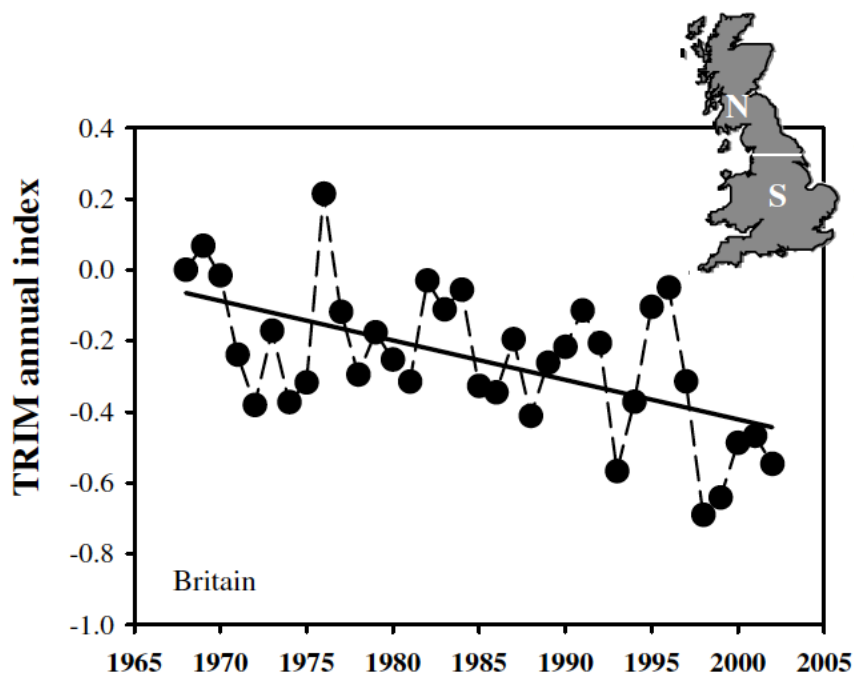
Prévient l'érosion de la diversité génétique dans les petites populations

Sphinx de la vigne butinant un silène penché.

Tendances

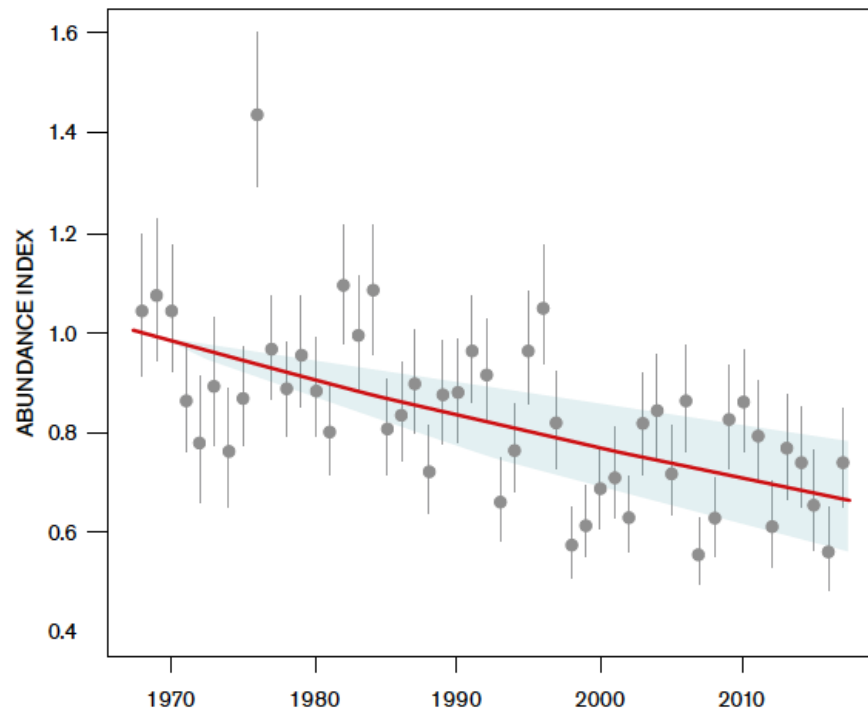
De nombreux macro-hétérocères parmi les plus communs et les plus répandus ont connu des déclin significatifs en Grande-Bretagne :

- 337 espèces étudiées ont diminué au cours des 35 années (1968-2002) ;
- 21 % (71 espèces) ont connu un déclin supérieur à 30 % sur 10 ans ;
- sur 511 espèces, il y a une réduction de 33 % de leur abondance totale en 50 ans (entre 1968 et 2017), et bon nombre de ces déclin affectent particulièrement les espèces communes et abondantes.



Diminution du total annuel des captures au piège lumineux en Grande Bretagne de 1968 à 2002.

La diminution est significative et représente 31 % du total des macro-hétérocères capturés (Conrad *et al.*, 2006).



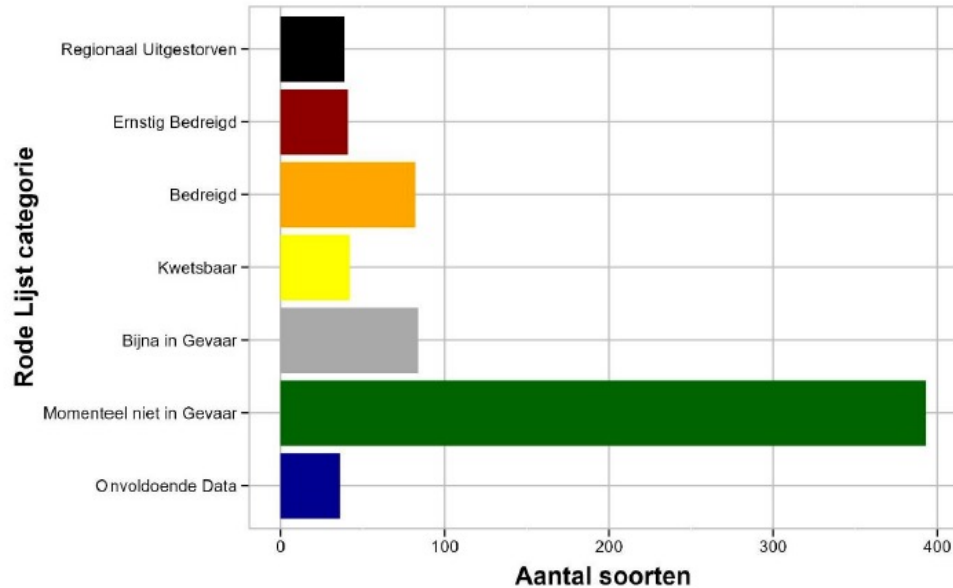
Variation du total de l'abondance de tous les macro-hétérocères capturés dans le réseau de pièges lumineux en Grande-Bretagne de 1968 à 2017. La tendance à long terme est de -33 % pour la Grande-Bretagne (Fox *et al.*, 2006).

Pour la Flandre, la Liste Rouge (2013-2022) prend en compte 717 macrolépidoptères et montre que :

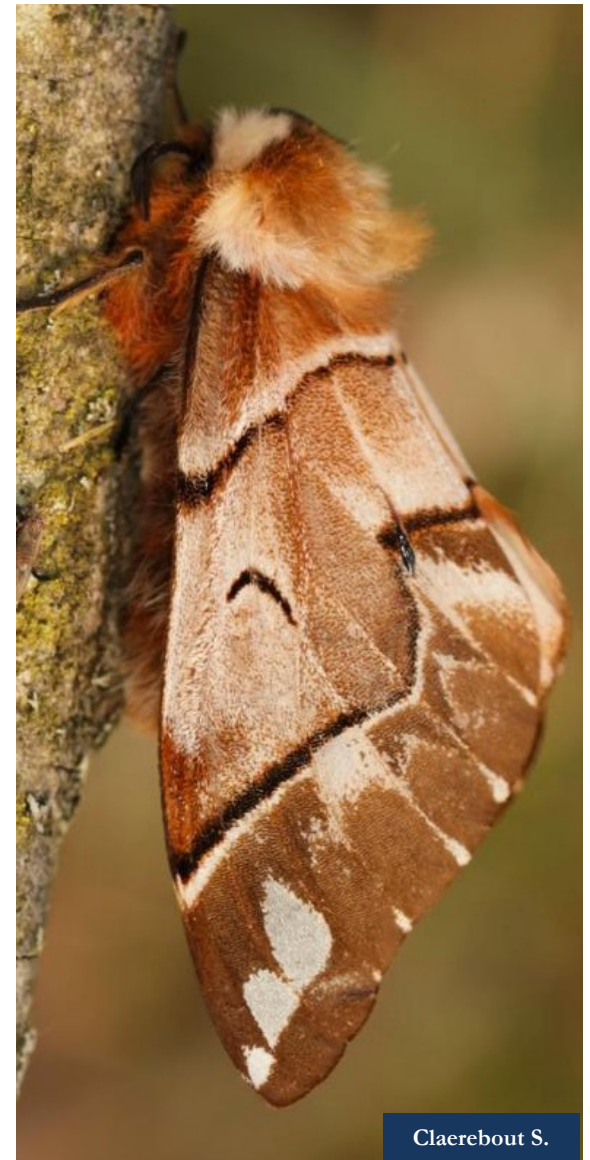
- 39 ont été considérés comme régionalement éteint (ex. : *Eriogaster lanestris*) ;
- 41 comme en danger critique d'extinction (ex. : *Trichiura crataegi*) ;
- 82 comme en danger (ex. : *Endromis versicolora*) ;
- 42 comme vulnérable (ex. : *Earophila badiata*) ;
- 84 comme quasi menacé (ex. : *Saturnia pavonia*) ;
- 393 en situation de préoccupation mineure.

Il est aussi constaté que :

- les espèces des landes et des marais ont particulièrement diminué ;
- les sécheresses et les chaleurs extrêmes entre 2019-2023 ont entraîné un déclin brutal de certaines espèces généralistes et largement répandues ;
- les espèces d'origine méridionale sont en forte augmentation.



Nombre d'espèces de macro-hétérocères de Flandres en fonction de leur degré de menace (Veraghtert *et al.*, 2023).



Clarebout S.

Bombyx versicolore, espèce en danger en Flandre

Actions en faveur des papillons de nuit *et alii*

1. Préserver les habitats de pollinisateurs existants :

- identifier les habitats de grande valeur qui existent déjà dans les zones urbaines et ont besoin de protection ;
 - identifier les zones urbaines présentant un potentiel élevé pour la création et la reconnexion d'habitats de pollinisateurs (sites industriels désaffectés et zones urbaines non utilisées, voies vertes, toitures végétales, systèmes durables d'évacuation des eaux urbaines, bords de routes, chemins de fer et cours d'eau) ;
- ## 2. Restaurer, créer ou reconnecter des habitats (sites industriels désaffectés et espaces urbains non utilisés, trames vertes, trames noires, trames bleues, bords de routes, chemins de fer et cours d'eau, etc.) ;
- ## 3. Créer des habitats naturels (nourrissage et diapause hivernale) et exclure les habitats artificiels ;
- ## 4. S'assurer que les espèces végétales gratifiantes soient présentes à haute densité et/ou sont regroupés dans l'espace (Fowler et al., 2016) ;
- ## 5. Privilégier les fleurs qui produisent le plus de sucres en soirée ou la nuit, sans qu'elles soient d'origine horticole ;
- ## 6. Favoriser les plantes indigènes (et supprimer les espèces exotiques envahissantes) ;
- ## 7. Supprimer la pose de nichoirs à oiseaux insectivores communs à très communs (mésanges, etc.) ;
- ## 8. Éteindre les lumières le long des voiries, les éclairages de façades (maison, magasins, églises, monuments patrimoniaux, etc.) et des magasins, etc.

Bibliographie

- Alison J., Alexander J. M., Diaz Zeugin N., Dupont Y. L., Iseli E., Mann H. M. R. & Høye T. T. 2022. Moths complement bumblebee pollination of red clover: a case for day-and-night insect surveillance. *Biology Letters*, 18. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2022.0187>
- Anderson M., Rotheray E. L. & Mathews F. 2023. Marvellous moths! pollen deposition rate of bramble (*Rubus futicosus* L. agg.) is greater at night than day. *PLoS ONE*, 18(3): e0281810. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0281810>
- Arcadis Belgique. 2020. *Collaboration entre entreprises et nature : actions du secteur de l'horticulture pour la protection des pollinisateurs sauvages*. Union européenne, 31 p.
- Boyes D. H., Evans D. M., Fox R., Parsons M. S. & Pocock M. J. O. 2021. Street lighting has detrimental impacts on local insect populations. *Science Advances*, 7(35): 1-8. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abi8322>
- Conrad K. F., Warren M. S., Fox R., Parsons M. S. & Woiwod I. P. 2006 Rapid declines of common, widespread British moths provide evidence of an insect biodiversity crisis. *Biology Conservation*, 132: 279-291. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.04.020>
- Cornet C., Noret N. & Van Rossum F. 2022. Pollinator sharing between reproductively isolated genetic lineages of *Silene nutans*. *Frontiers in Plant Science*, 13: 1-18. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.927498>
- Cornet C., Claerebout S., Noret N., Van Rossum F. 2024. Les papillons de nuit gagnent à être (re)connus pour leur talent de pollinisateurs ! *Les Carnets des Espaces Naturels*, 19: 34-41.
- Courtney S. P., Hill C. J. & Westerman A. 1982. Pollen carried for long periods by butterflies. *Oikos*, 38(2): 260-262. <https://doi.org/10.2307/3544030>
- De Prins W. & Steeman C. 2003–2024. Catalogue of the Lepidoptera of Belgium. Online at <https://projects.biodiversity.be/lepidoptera> (18.3.2024)
- Ellis E. E., Edmondson J. L., Maher K. H., Hippers H. & Campbell S. A. 2023. Negative effects of urbanisation on diurnal and nocturnal pollen-transport networks. *Ecology Letters*, 26: 1382-1393. <https://doi.org/10.1111/ele.14261>
- Faegri K. & van der Pijl L. 1979. *The Principles of Pollinisation Ecology*. Pergamon Press, 244 p.
- Fowler R. E., Rotheray E. L. & Goulson D. 2016. Floral abundance and resource quality influence pollinator choice. *Insect Conserv Divers*, 9(6): 481-94. <https://doi.org/10.1111/icad.12197>
- Fox R., Dennis E., Harrower C., Blumgart D., Bell J., Cook P. et al. 2021. *The State of Britain's Larger Moths 2021*. Butterfly Conservation. Rothamsted Research and UK Centre for Ecology & Hydrology, Wareham, Dorset, UK, 43 p.
- Ghazoul J. 2005. Pollen and seed dispersal among dispersed plants. *Biological Reviews*, 80(3): 413-443. <https://doi.org/10.1017/S1464793105006731>
- Heil M. 2011. Nectar: generation, regulation and ecological functions. *Trends in Plant Science*, 16: 191-200.
- Ilse D. 1928. Über den Farbensinn der Tagfalter. *Zeitschrift für vergleichende Physiologie*, 8: 658-692.
- Kelber A. 1996. Colour learning in the Hawkmoth *Macroglossum stellatarum*. *The Journal of Experimental Biology*, 199: 1127-1131.
- Knop E., Zoller L., Ryser R., Gerpe C., Hörler M. & Fontaine C. 2017. Artificial light at night as a new threat to pollination. *Nature*, 548(7666): 206-9. <https://doi.org/10.1038/nature23288>
- Kwak M. M., Velterop O. & van Andel J. 1998. Pollen and gene flow in fragmented habitats. *Applied Vegetal Science*, 1(1): 37-54. <https://doi.org/10.2307/1479084>
- Jones H. B. C., Lim K. S., Bell J. R., Hill J. K. & Chapman J. W. 2016. Quantifying interspecific variation in dispersal ability of noctuid moths using an advanced tethered flight technique. *Ecology and Evolution*, 6(1): 181-190. <https://doi.org/10.1002/ece3.1861>
- Macgregor C. J., Pocock M. J., Fox R. & Evans D. M. 2014. Pollination by nocturnal Lepidoptera, and the effects of light pollution: a review. *Ecological Entomology*, 40(3): 187-98. <https://doi.org/10.1111/een.12174>
- Macgregor C. J., Evans D. M., Fox R. & Pocock M. J. O. 2016. The dark side of street lighting: impacts on moths and evidence for the disruption of nocturnal pollen transport. *Global Change Biology*, 23(2): 697-707. <https://doi.org/10.1111/gcb.13371>
- Portier P. 1949. *La biologie des Lépidoptères*. Tome XXIII, Éd. Paul Lechevalier, 643 p.
- Pro Natura. 1999. *Les papillons et leurs biotopes*. Tome 2. Ligue suisse pour la protection de la nature, 667 p.
- Requier F. & Le Féon V. 2017. L'écologie des abeilles et ses enjeux pour l'agriculture. *Volet 2 - Un mariage fragile. Abeilles & Cie*, 177: 27-33.
- Robert J.-C. 1988. Les heures de vol des Lépidoptères "nocturnes". *Insectes*, 68: 18-21.
- Kinoshita M., Stewart F. J. & Ômura H. 2017. Multisensory integration in Lepidoptera: insights into flower-visitor interactions. *BioEssays*, 39(4): 1-11, <https://doi.org/10.1002/bies.201600086>
- Ollerton J. 2021. *Pollinators & Pollination*. Nature and Society, Pelagic Publishing, Exeter, UK. 286 p.
- Sreekala A. K., Ramasubbu R., Pandurangan A. G. & Kulloli S. K. 2008. Pollinisation biology of *Impatiens campanulata* Wight. (Balsaminaceae). *Advances in Pollen Spore Research*, 26: 9-19.
- Walton R. E., Sayer C. D., Bennion H. & Axmacher J. C. 2020. Nocturnal pollinators strongly contribute to pollen transport of wild flowers in an agricultural landscape. *Biology Letters*, 16: 1-6. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2019.0877>

Bibliographie

<https://doi.org/10.1098/rsbl.2019.0877>

van Grunsven R. H., van Deijk J. R., Donners M., Berendse F., Visser M. E., Veenendaal E. & Spoelstra K. 2020. Experimental light at night has a negative long-term impact on macro-moth populations. *Current Biology*, **30**(12): 694-695. <https://doi:10.1016/j.cub.2020.04.083>

Van Geert A., Van Rossum F. & Triest L. 2010. Do linear landscape elements in farmland act as biological corridors for pollen dispersal ? *Journal of Ecology*, **98**: 178-187. <https://doi:10.1111/j.1365-2745.2009.01600.x>

Van Rossum F. 2009a. Pollen dispersal and genetic variation in an early-successional forest herb in a peri-urban forest. *Plant Biology*, **11**: 725-737.

Van Rossum F. 2009b. Conservation of wet meadow species in an urban context : *Lychnis flos-cuculi* as study case. *Belgian Journal of Botany*, **142**: 98-110.

Van Rossum F., Stiers I., Van Geert A., Triest L. & Hardy O. J. 2011. Fluorescent dye particles as pollen analogues for measuring pollen dispersal in an insect-pollinated forest herb. *Oecologia*, **165**: 663-674. <https://doi:10.1007/s00442-010-1745-7>

Young M. 1997. *The Natural History of Moths*. Poyser Natural History. Princeton University, 271 p.

Merci de votre attention



Cornet C.



CNB

Cercles des Naturalistes
de Belgique