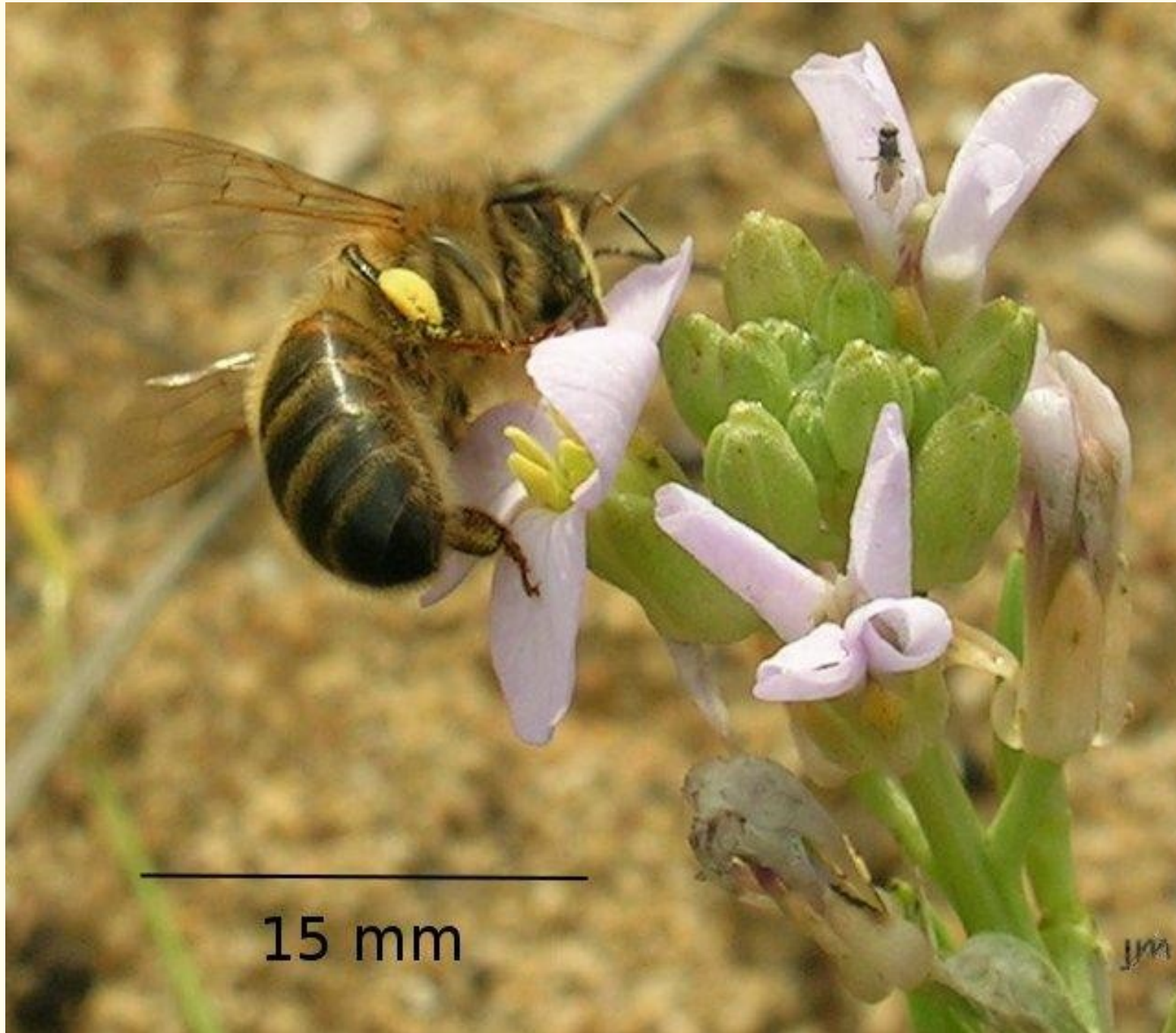


T1A5-a) La reproduction sexuée – La coévolution plante / animal pollinisateur



Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

T1A5-a) La reproduction sexuée – La coévolution plante / animal pollinisateur

Avertissements :

1- Le présent document est destiné aux élèves de terminale S du lycée J H Fabre. Il peut être diffusé librement.

2- Certains éléments peuvent ne pas être libres de droits, l'auteur n'est pas responsable de l'usage qui peut en être fait

3- [...
P. Mueller et D. Oppenheimer ont évalué les deux groupes de participants une semaine après le cours. Là encore, ceux qui avaient pris des notes à la main ont obtenu les meilleures performances. Ces notes, qui incluent les propres mots et l'écriture des étudiants, semblent rappeler plus efficacement les souvenirs, en recréant aussi bien le contexte (les processus de pensée, les émotions, les conclusions) que le contenu (notamment les données factuelles) de la session d'apprentissage.

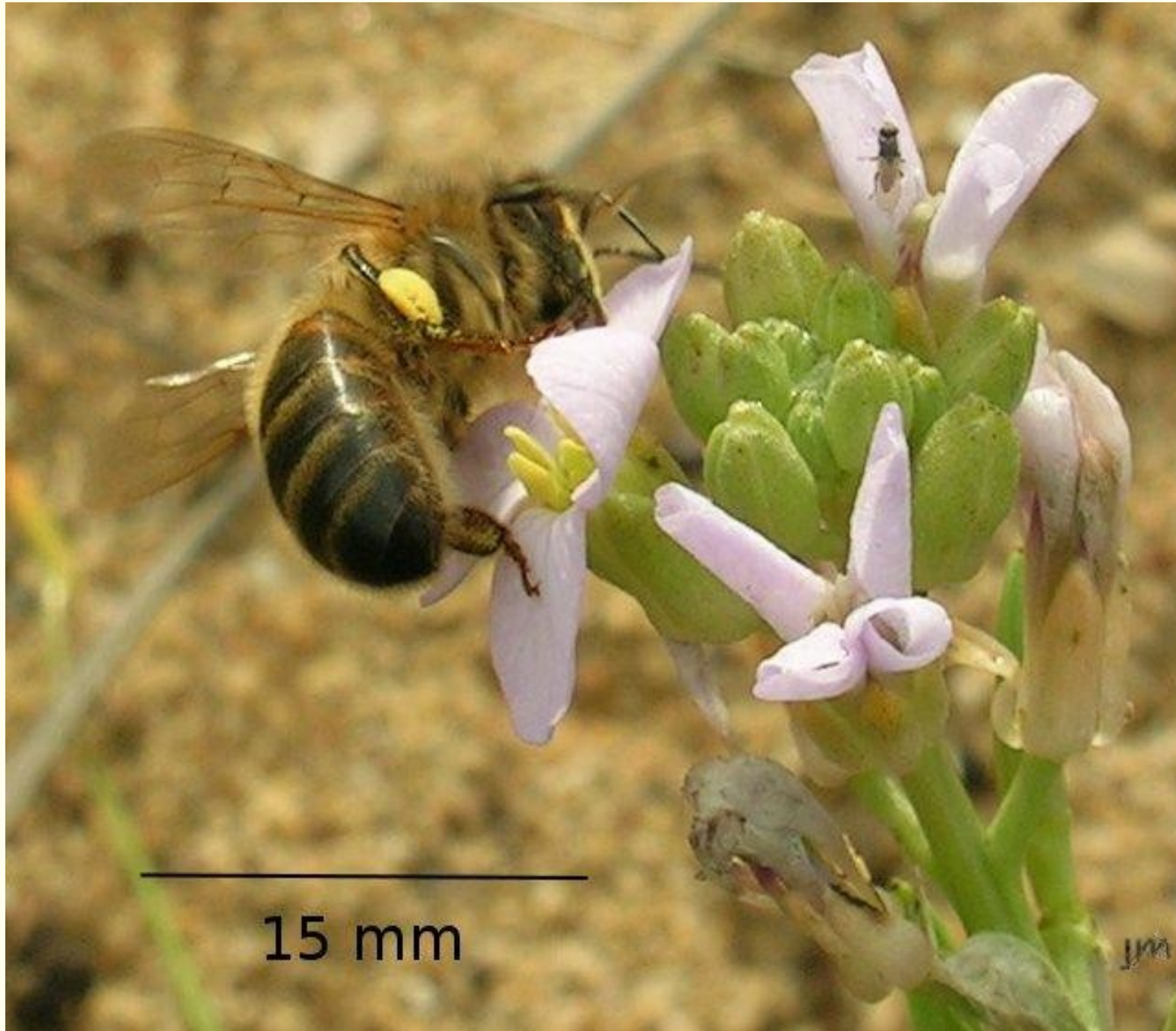
Ces résultats ont des implications importantes pour les étudiants qui se fondent sur du contenu mis en ligne par les enseignants. Quand ils ne prennent aucune note, ils n'organisent pas les informations et ne les synthétisent pas dans leurs propres mots. Ainsi, ils ne s'engagent pas dans le travail mental qui favorise l'apprentissage.

...]

Pam Mueller, de l'Université de Princeton, et Daniel Oppenheimer, de l'Université de Californie à Los Angeles, 2014

4- Un cours de TS ça se mérite! (anonymes 2012)

T1A5-a) La reproduction sexuée – La coévolution plante / animal pollinisateur



Thème 1-A-5 Les relations entre organisation et mode de vie, résultat de l'évolution : l'exemple de la vie fixée chez les plantes

T1A5-a) La reproduction sexuée

– La coévolution plante / animal pollinisateur

La pollinisation de nombreuses plantes repose sur une collaboration animal pollinisateur/plante produit d'une coévolution.

Évolution des plantes =>

"L'abominable mystère des plantes à fleur" C. DARWIN 1879

Diversité remarquable, Grand perfectionnement des organes, Évolution très rapide (paléontologie)

La coévolution? un concept défini de façon génétique (Erich & Raven, 1964)

Il y a coévolution si l'évolution conduit à des modifications réciproques des patrimoines héréditaires (informations génétiques) des 2 espèces.

jm adapté de Harry (2010).

Coévolution = Évolution interdépendante de 2 espèces résultant d'une sélection mutuelle des partenaires.

jm adapté d'après J-J Auclair

Voir aussi Bordas 2012 Lexique p 407

Thème 1-A-5 Les relations entre organisation et mode de vie, résultat de l'évolution : l'exemple de la vie fixée chez les plantes

T1A5-a) La reproduction sexuée

– La coévolution plante / animal pollinisateur

Difficile à démontrer!

4 catégories d'arguments:

- Écologiques et éthologiques
- Morphologiques et anatomiques
- Génétique expérimentale
- Évolutifs: Paléontologiques et Phylogénétiques

Nota: on s'intéresse ici surtout aux insectes et à la pollinisation mais d'autres groupes d'animaux interviennent aussi dans la pollinisation et d'autres aspects de la vie de la plante sont l'objet d'une co-évolution.

Thème 1-A-5 Les relations entre organisation et mode de vie, résultat de l'évolution : l'exemple de la vie fixée chez les plantes

T1A5-a) La reproduction sexuée – La coévolution plante / animal pollinisateur - Arguments écologiques et éthologiques

Image: mouche sur *Caralluma europea* à odeur putride



**Coléoptères
(type cétoine)**



**Diptères
(mouches & moustiques)**

Des insectes de **certains groupes** sont fréquemment observés sur les fleurs.

Thème 1-A-5 Les relations entre organisation et mode de vie, résultat de l'évolution : l'exemple de la vie fixée chez les plantes

T1A5-a) La reproduction sexuée – La coévolution plante / animal pollinisateur - Arguments écologiques et éthologiques



Lépidoptères (papillons)



Hyménoptères (type abeille à corbeille)

L'alimentation, et donc la survie de ces 2 espèces dépend strictement des plantes à fleurs.

Thème 1-A-5 Les relations entre organisation et mode de vie, résultat de l'évolution : l'exemple de la vie fixée chez les plantes

T1A5-a) La reproduction sexuée – La coévolution plante / animal pollinisateur

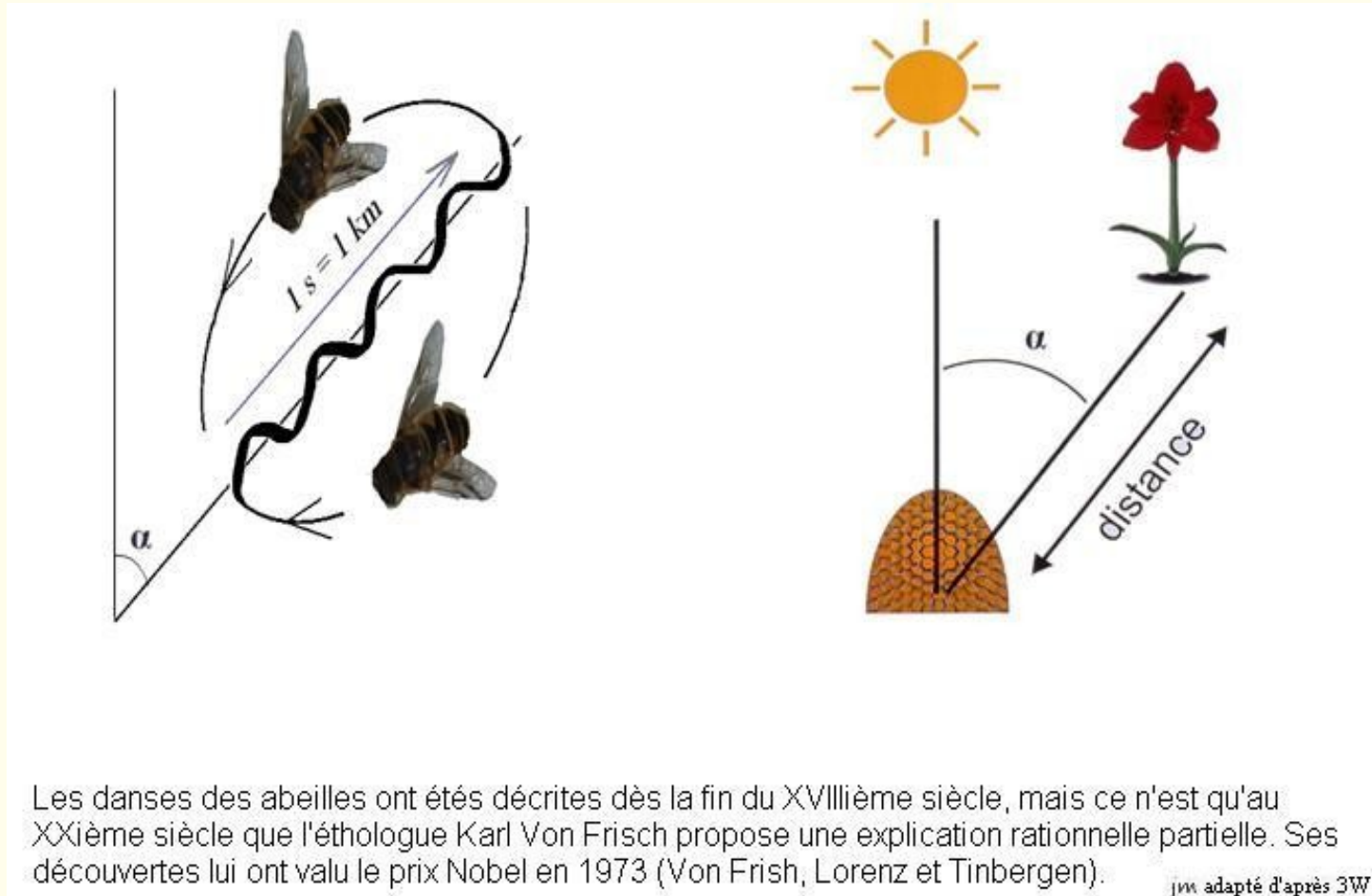
- Arguments éthologiques

Les abeilles: Hyménoptères **se nourrissant exclusivement de nectar et de pollen**

- * 20 000 espèces dans le monde
- * 2 000 espèces en Europe
- * Famille des Apidae (**abeille mellifère et bourdons**)
 - * plus de 500 espèces européennes

Thème 1-A-5 Les relations entre organisation et mode de vie, résultat de l'évolution : l'exemple de la vie fixée chez les plantes

T1A5-a) La reproduction sexuée – La coévolution plante / animal pollinisateur - Arguments éthologiques



Une système de communication complexe et spécialisé utilisé pour signaler les fleurs
{Direction, distance, abondance, qualité}
(Cas de l'abeille domestique, signaux vibratoires, olfactifs, gustatifs Y Le Conte INRA-Avignon 2016)

Thème 1-A-5 Les relations entre organisation et mode de vie, résultat de l'évolution : l'exemple de la vie fixée chez les plantes

T1A5-a) La reproduction sexuée – La coévolution plante / animal pollinisateur arguments éthologiques & morpho -anatomiques **TOUS LES MOYENS SONT BONS!**



Thème 1-A-5 Les relations entre organisation et mode de vie, résultat de l'évolution : l'exemple de la vie fixée chez les plantes

T1A5-a) La reproduction sexuée – La coévolution plante / animal pollinisateur arguments éthologiques & morpho -anatomiques **TOUS LES MOYENS SONT BONS!**



Pseudo-copulation

Rappel: il existe de nombreuses espèces d'abeilles sauvages. (Groupe des Hyménoptères) et de nombreuses espèces d'orchidées.

Thème 1-A-5 Les relations entre organisation et mode de vie, résultat de l'évolution : l'exemple de la vie fixée chez les plantes

T1A5-a) La reproduction sexuée

– La coévolution plante / animal pollinisateur- Arguments morpho-anatomiques



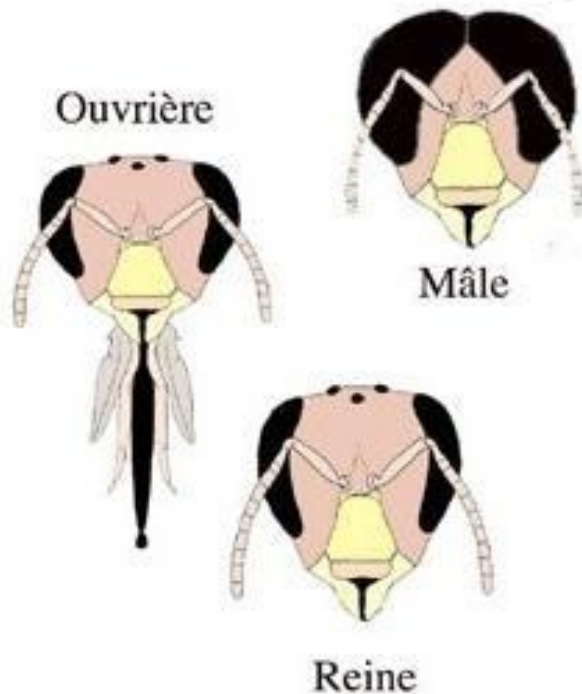
3W

Thème 1-A-5 Les relations entre organisation et mode de vie, résultat de l'évolution : l'exemple de la vie fixée chez les plantes

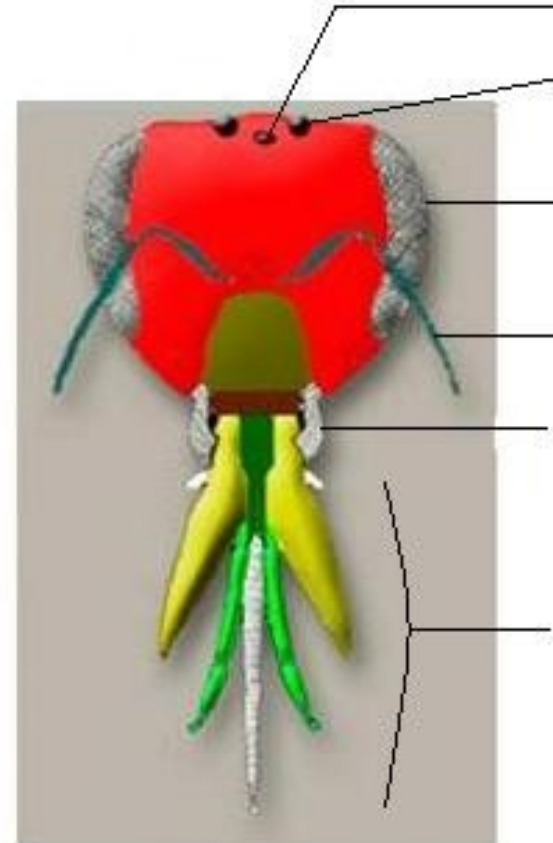
T1A5-a) La reproduction sexuée

– La coévolution plante / animal pollinisateur- Arguments morpho-anatomiques

Tête des individus de la ruche.



Seules les ouvrières butinent; La reine ne sort pas de la ruche. Les mâles et la reine ont une langue trop courte pour butiner. Ce sont les ouvrières qui les alimentent à partir du nectar qu'elles ont récolté.



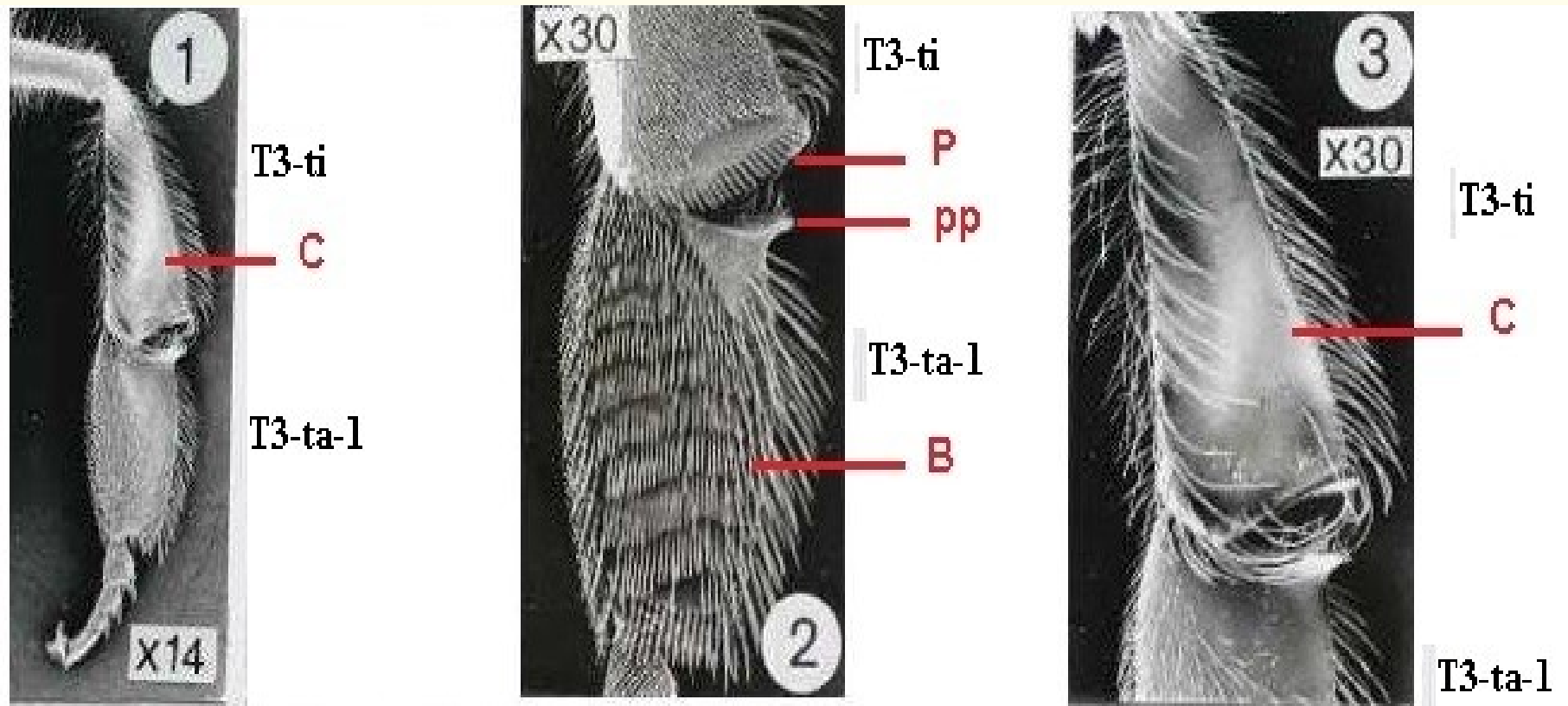
Représentation schématique d'une tête d'abeille ouvrière.

jim adapté d'après 3W

Thème 1-A-5 Les relations entre organisation et mode de vie, résultat de l'évolution : l'exemple de la vie fixée chez les plantes

T1A5-a) La reproduction sexuée – La coévolution plante / animal pollinisateur- Arguments morpho-anatomiques et **génétiques** – **Tâche complexe**

Argumenter en faveur d'une coévolution plante/abeille à partir de vos connaissances et des 3 doc. Suivants:



Appareil de récolte de l'abeille "domestique" (*Apis mellifera*) 3ième paire de pattes (T3)

1- T3 face externe 2- Détail de l'articulation tibia-tarse face interne 3- Détail de T3 -tibia face externe

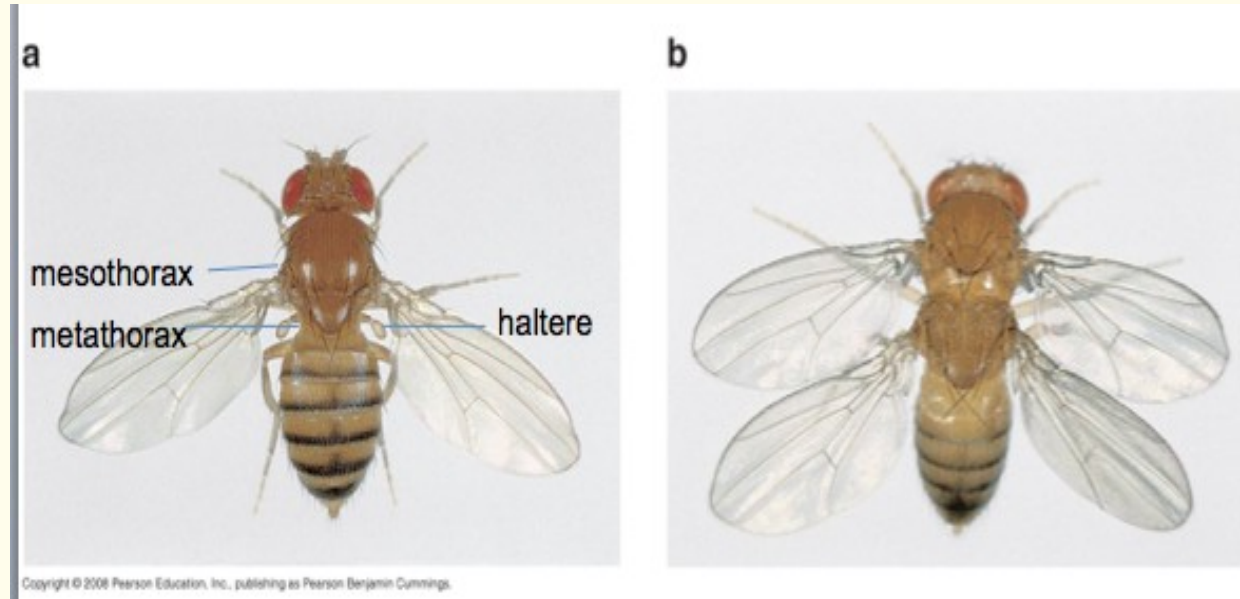
C corbeille, P peigne, pp presse à pollen, B brosse ou rateau. MEB

<http://aramel.free.fr/> j.m. d'après 3W

Thème 1-A-5 Les relations entre organisation et mode de vie, résultat de l'évolution : l'exemple de la vie fixée chez les plantes

T1A5-a) La reproduction sexuée – La coévolution plante / animal pollinisateur- Arguments morpho-anatomiques et génétiques

Le gène homéotique Ultrabithorax:



Le gène Ubx est un gène organisateur du développement. Il spécifie ici l'identité d'un segment thoracique.

Forme sauvage pas d'ailes → Haltères ou balanciers

Mutant → pas d'Haltères mais des ailes!

Thème 1-A-5 Les relations entre organisation et mode de vie, résultat de l'évolution : l'exemple de la vie fixée chez les plantes

T1A5-a) La reproduction sexuée – La coévolution plante / animal pollinisateur- Arguments morpho-anatomiques et génétiques



Thème 1-A-5 Les relations entre organisation et mode de vie, résultat de l'évolution : l'exemple de la vie fixée chez les plantes

T1A5-a) La reproduction sexuée

– La coévolution plante / animal pollinisateur- Arguments morpho-anatomiques

S'informer L'inhibition de l'expression du gène homéotique Ultrabithorax (Ubx) par des ARN interférants;

- transforme la corbeille à pollen, creuse et dépourvue de soies en une surface pourvue de soies

- réduit la presse à pollen articulaire qui permet normalement la formation de la boulette de pollen.

- fait disparaître l'organisation en rangées régulières des soies qui constituent le peigne.

jm adapté d'après Medved et al. 2014

Raisonner

Le tibia T3 de l'animal traité prend donc l'identité de celui d'une reine (individu non butineur). L'existence d'un appareil de récolte spécialisé dépend donc de la présence et de l'expression de Ubx.

Or cet appareil n'est utilisé que lors du butinage des fleurs

=> co-évolution ?!?!

Thème 1-A-5 Les relations entre organisation et mode de vie, résultat de l'évolution : l'exemple de la vie fixée chez les plantes

T1A5-a) La reproduction sexuée – La coévolution plante / animal pollinisateur - Arguments paléontologiques et phylogénétiques

La trompe!

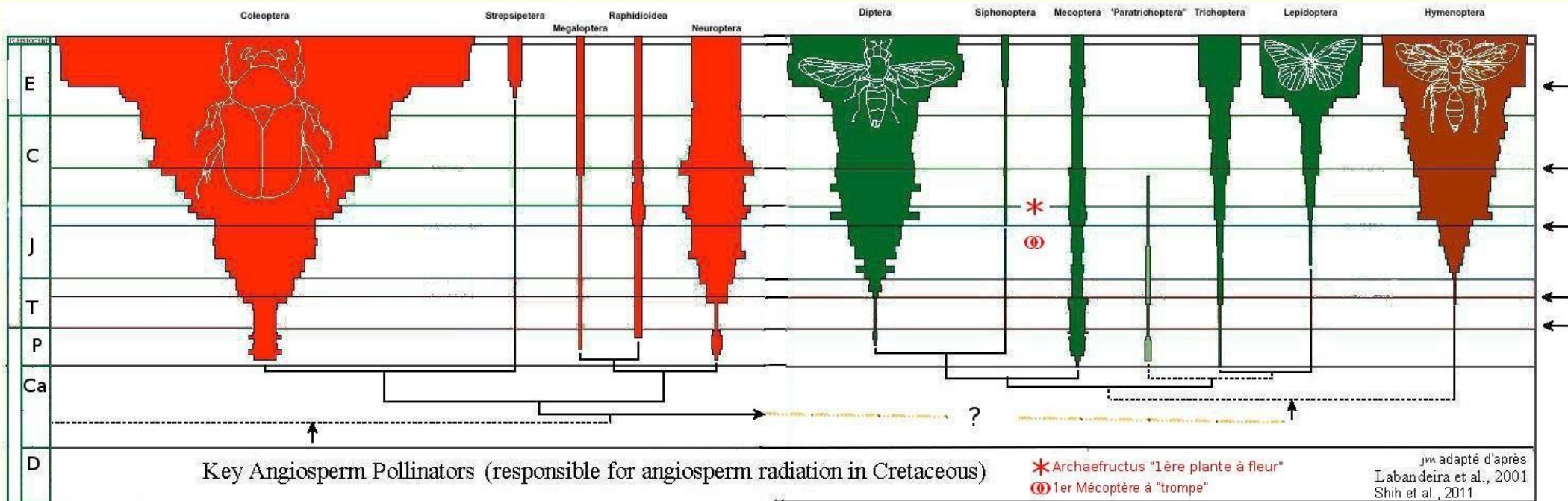


Shih et al. (2011) ZooKeys 130: 281-29/

Synopolycentropus sp. - Un insecte à trompe du Jurassique moyen (-170Ma)

Thème 1-A-5 Les relations entre organisation et mode de vie, résultat de l'évolution : l'exemple de la vie fixée chez les plantes

T1A5-a) La reproduction sexuée – La coévolution plante / animal pollinisateur - Arguments paléontologiques et phylogénétiques



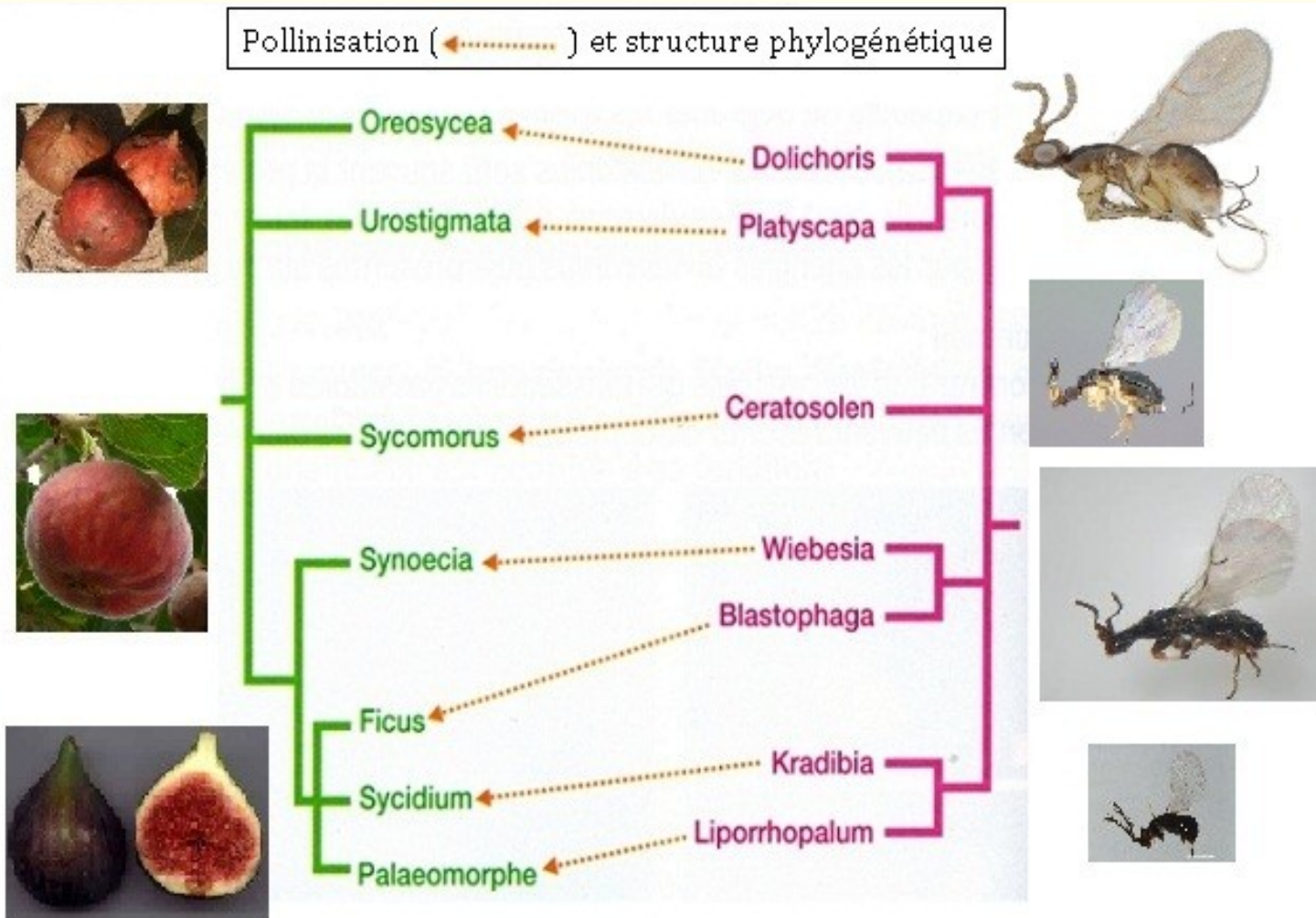
- Les insectes pollinisateurs se diversifient en même temps qu'apparaissent les premières plantes à fleurs
- L'effet est surtout marqué chez les insectes très spécialisés (papillons et abeilles) mais aussi chez les coléoptères pollinisateurs.

*La diversification lors de l'éocène correspond à un optimum climatique.
Névroptères et trichoptères sont des prédateurs d'insectes*

Thème 1-A-5 Les relations entre organisation et mode de vie, résultat de l'évolution : l'exemple de la vie fixée chez les plantes

T1A5-a) La reproduction sexuée – La coévolution plante / animal pollinisateur - Arguments paléontologiques et phylogénétiques

Les arbres en „miroir“ suggèrent une **cospéciation** et donc une **coévolution**!



Les échelles ne sont pas respectées en particulier pour les insectes (2 à 3 mm). Les "fruits" de *Sycomorus* sont velus. *jm* d'après Lizeau & Baude, 2012 Bordas, SNV-Jussieu et diverses sources internet.

Thème 1-A-5 Les relations entre organisation et mode de vie, résultat de l'évolution : l'exemple de la vie fixée chez les plantes

T1A5-a) La reproduction sexuée

– La coévolution plante / animal pollinisateur

Bilan : On observe actuellement:

- une relation très étroite (parfois espèce/espèce),

basée sur des adaptations réciproques des signaux, de la morphologie et du comportement.

- Ces adaptations sont en partie contrôlées par des gènes organisateurs du développement chez les 2 partenaires. (Ubx, gènes du modèle ABC et d'autres....)

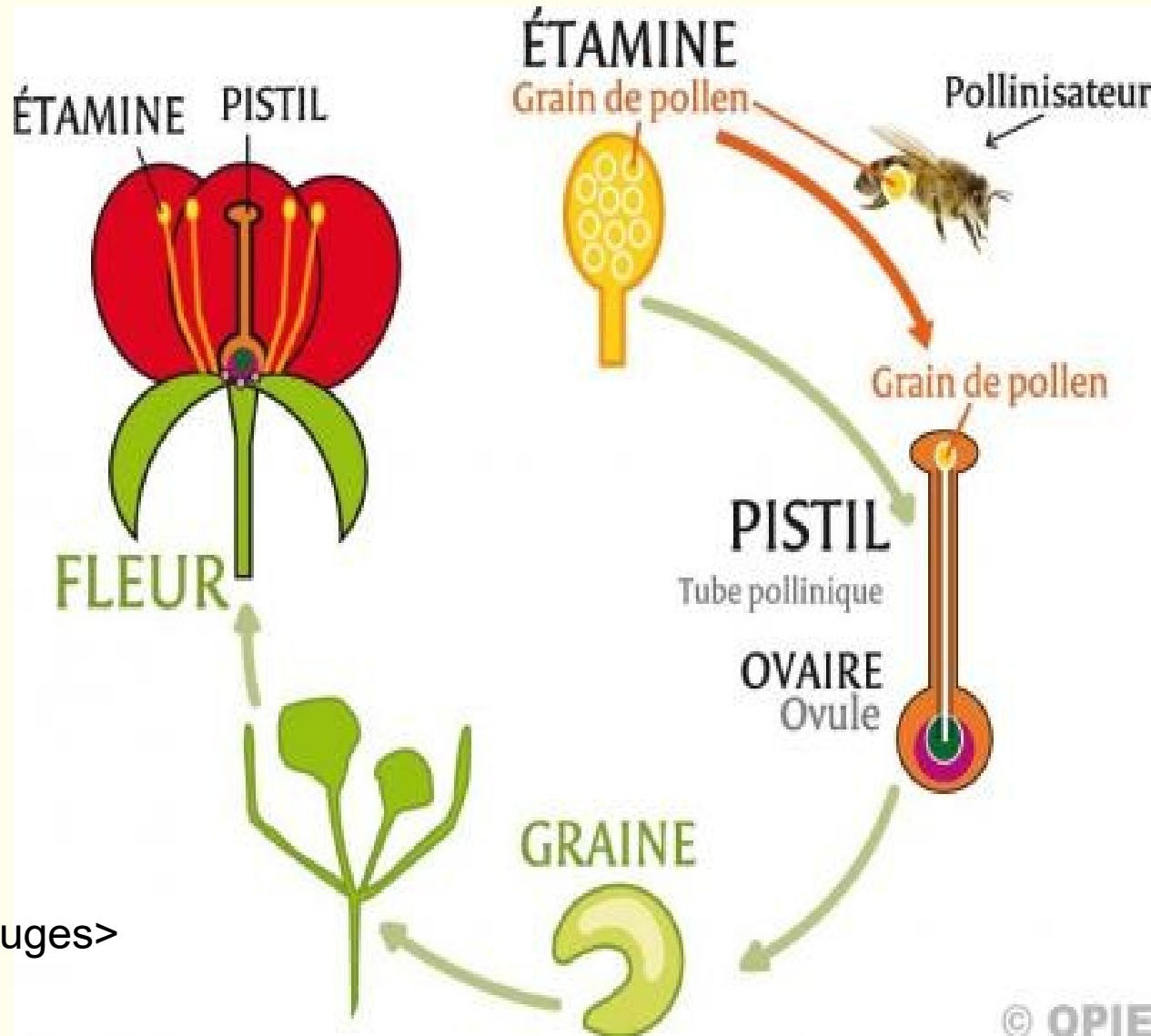
- Un parallélisme des arbres phylogénétiques des groupes d'insectes en relation avec les groupes de plantes. Dans chaque ensemble l'évolution est donc parallèle.

- À l'échelle des temps géologiques la diversification (évolution) des groupes des principaux pollinisateurs coïncide avec l'apparition (évolution) des plantes à fleurs

=> il y a coévolution !À mon avis

Thème 1-A-5 Les relations entre organisation et mode de vie, résultat de l'évolution : l'exemple de la vie fixée chez les plantes

T1A5-a) La reproduction sexuée – La coévolution plante / animal pollinisateur – Bilan **TOUS LES MOYENS SONT BONS! LE RÉSULTAT EST UN SUCCÈS!**



Autre vecteur de pollen?

Avenir de la graine?

Exercice <Les sauges>
Diapo. suivantes

Thème 1-A-5 Les relations entre organisation et mode de vie, résultat de l'évolution : l'exemple de la vie fixée chez les plantes

T1A5-a) La reproduction sexuée – La coévolution plante / animal pollinisateur – Exercice < Les sauges > **Coévolution = Évolution interdépendante de 2 espèces résultant d'une sélection mutuelle des partenaires.** jm adapté d'après J-J Auclair

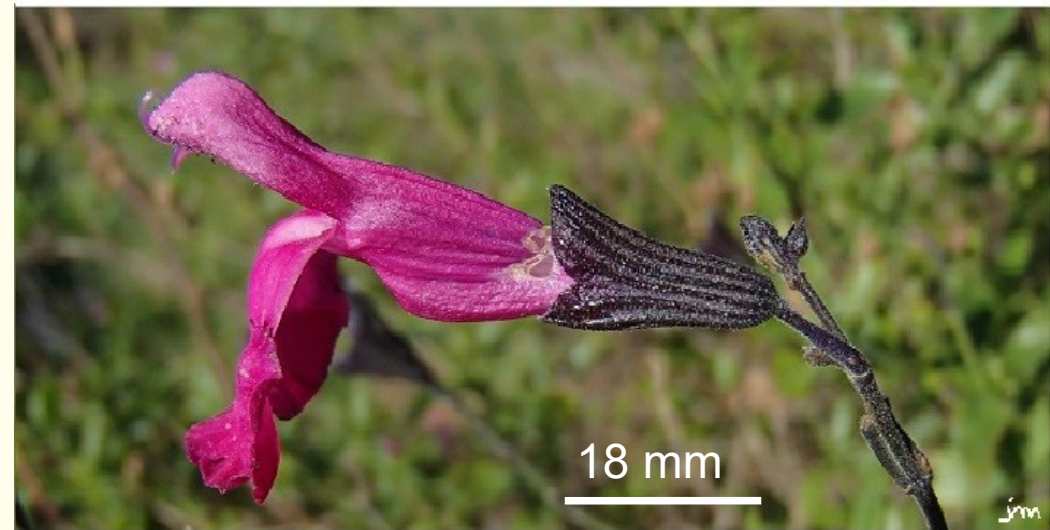
Pollinisation d'une sauge européenne



Thème 1-A-5 Les relations entre organisation et mode de vie, résultat de l'évolution : l'exemple de la vie fixée chez les plantes

T1A5-a) La reproduction sexuée – La coévolution plante / animal pollinisateur – Exercice < Les sauges >

Comportement des hyménoptères européens avec la sauge mexicaine (variété horticole)



Thème 1-A-5 Les relations entre organisation et mode de vie, résultat de l'évolution : l'exemple de la vie fixée chez les plantes

T1A5-a) La reproduction sexuée – La coévolution plante / animal pollinisateur – Exercice < Les sauges >

Une sauge du nouveau monde →



Abeille



Humain



VigieNature-MNHN

UV

Oiseau



← Spectre des radiations perçues

Thème 1-A-5 Les relations entre organisation et mode de vie, résultat de l'évolution : l'exemple de la vie fixée chez les plantes

T1A5-a) La reproduction sexuée – La coévolution plante / animal pollinisateur – Exercice < Les sauges >



(A) *S. lanceolata* visited by a perching *Nectarinia chalybea*; (B) *S. haenkei* visited by a hovering *Sappho sparganura*. Note in both examples the thecae on the bird's heads. Scale bars = 1 cm.
Photo. A: R. Groneberg in P Wester & R Claßen-Bockhoff Ann Bot. 2007 Aug; 100(2): 401–421.

Thème 1-A-5 Les relations entre organisation et mode de vie, résultat de l'évolution : l'exemple de la vie fixée chez les plantes

T1A5-a) La reproduction sexuée – La coévolution plante / animal pollinisateur – Exercice < Les sauges >

On a observé une adaptation de:

La couleur de la corolle ↔ vision de l'animal pollinisateur

La longueur de la corolle ↔ la longueur de l'organe prélevant le nectar

La solidité des tiges ↔ la masse de l'animal pollinisateur

On a aussi observé un contournement lié au comportement

=>

Très grande vitesse d'adaptation comportementale des insectes!

Nb: Ce comportement des bourdons vis à vis des fleurs à corolle trop profonde pour leur langue est très répandu. Il a été observé par C DARWIN (1872) sur des fleurs de trèfle rouge (*in* L'origine des espèces, éd. Champion, Paris 2009 p 379).

Ici ce comportement est reproduit avec une fleur récemment introduite en Europe.

On notera que ce comportement semble s'opposer à la co-évolution par sélection naturelle qui pourrait conduire à une co-adaptation, observée par ailleurs de la longueur de la trompe à la profondeur de la corolle.

Thème 1-A-5 Les relations entre organisation et mode de vie, résultat de l'évolution : l'exemple de la vie fixée chez les plantes

T1A5-a) La reproduction sexuée – La coévolution plante / animal pollinisateur –

Exercice < La *prédiction* de Darwin >

L'orchidée *Angræcum sesquipedale*

L'éperon (tube) mesure 30cm
et contient du nectar



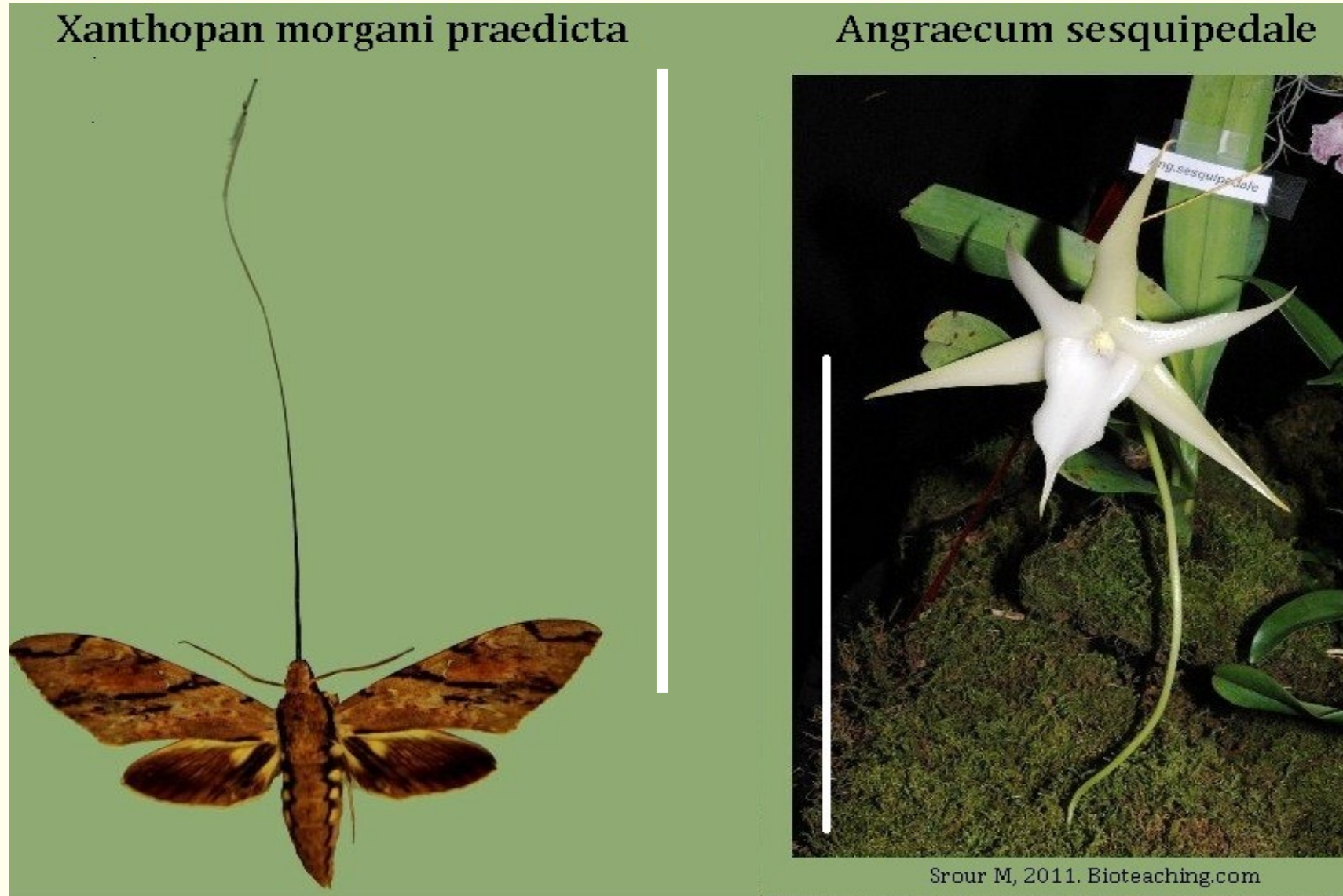
(Photo): <http://www.prota.org/>

Longueur de l'éperon; 30cm approx (Wallace Website)

Thème 1-A-5 Les relations entre organisation et mode de vie, résultat de l'évolution : l'exemple de la vie fixée chez les plantes

T1A5-a) La reproduction sexuée – La coévolution plante / animal pollinisateur –

Exercice < La *prédiction* de Darwin >



Thème 1-A-5 Les relations entre organisation et mode de vie, résultat de l'évolution : l'exemple de la vie fixée chez les plantes

T1A5-a) La reproduction sexuée – La coévolution plante / animal pollinisateur – Le fonctionnement de la fleur; **intérêt du pollen collant?**

Entomogamie

- parfum
- forme
- couleur
- nectar
- pollen collant



HEIDI AND HANS-JUERGEN KOCH/MINDEN PICTURES

Un animal **attiré par le parfum, guidé par la forme et la couleur, fidélisé par le nectar** pourra transmettre le pollen d'une fleur à une autre fleur de la même espèce.

L'organisation florale, contrôlée par des gènes de développement, et le fonctionnement de la fleur permettent le rapprochement des gamètes entre plantes fixées.

Thème 1-A-5 Les relations entre organisation et mode de vie, résultat de l'évolution : l'exemple de la vie fixée chez les plantes

T1A5-a) La reproduction sexuée – La coévolution plante / animal pollinisateur



Autres exemples:

Le colibri et l'hibiscus

Le baobab et la chauve-souris

La vanille et la mélipone

Belin 2012 Enquête p137



Contribution des abeilles domestiques au PIB US 15 milliard \$ / an (2000),
Pour tous les pollinisateurs 155 milliards € / an (10% de la valeur produite dans le monde, 2005)

La pollinisation de nombreuses plantes repose sur **une collaboration animal pollinisateur/plante** produit d'**une coévolution**.