



## Les Chalcidiens des Asphodèles

Gérard Delvare, France  
Richard Askew, UK  
Antoni Ribes, Espagne  
Anelia Stojanova, Bulgarie



Mathieu Château, France  
Laure Benoit, France  
Hannes Baur, Suisse  
Jean Lecomte, France



# Les Chalcidiens des Asphodèles : Les chalcidiens : quelques caractéristiques

- Origine du nom : le genre **Chalcis**, décrit par Fabricius, 1775, à partir d'une cité antique grecque ;
- Il a donné son nom aux Chalcididae (niveau famille) et aux Chalcidoidea (niveau superfamille) ;
- Il en existe environ 23 000 espèces décrites dans 22 familles actuelles et 2 autres fossiles ; toutefois des échantillonnages en régions tropicales montrent qu'il pourrait en exister entre 400 000 et 500 000 espèces (avant qu'elles ne soient exterminées avec la 6<sup>ème</sup> extinction) ;

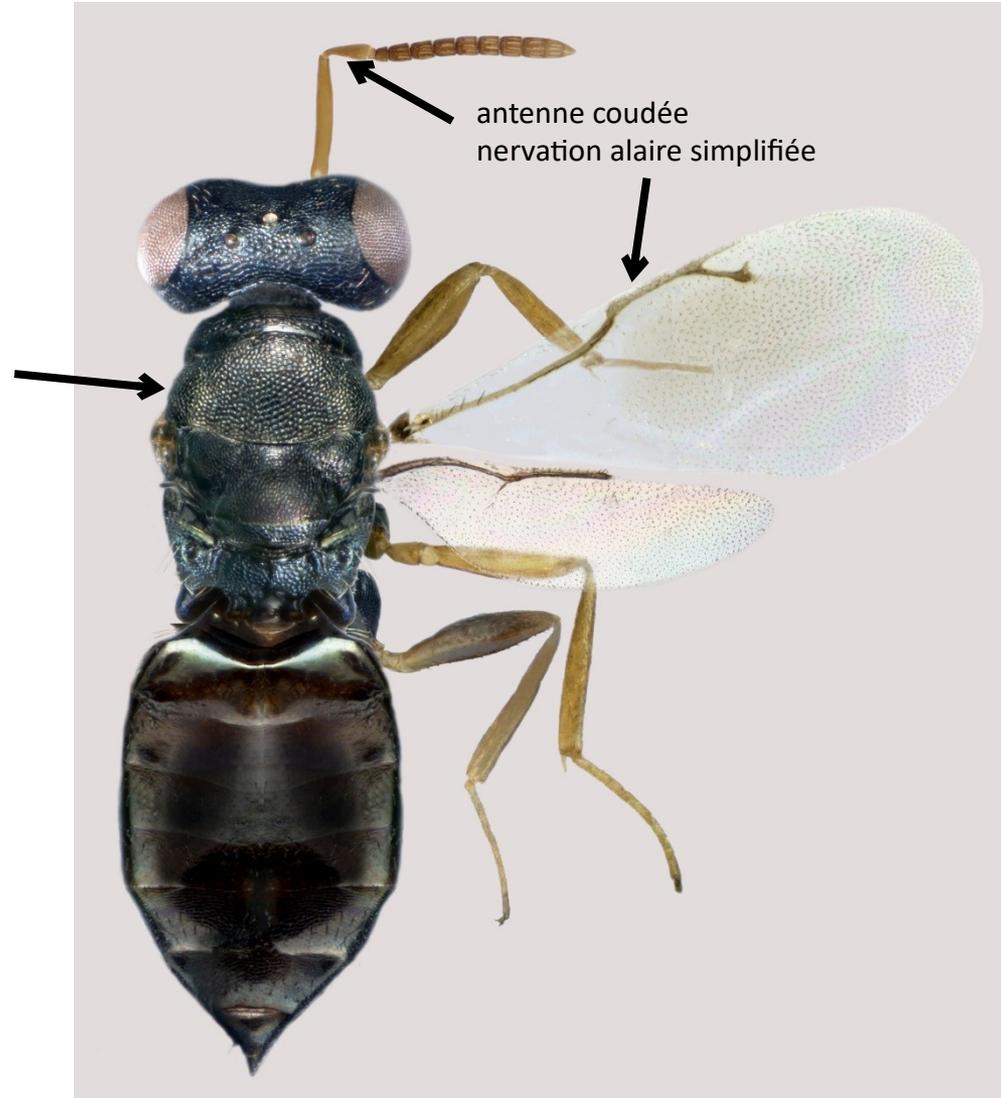


Photo J. Lecomte

- Ils appartiennent à l'ordre des Hyménoptères avec les fourmis, guêpes et abeilles mais surtout appartiennent à un immense groupe à l'intérieur de cet ordre, inconnu du grand public et même de nombre la plupart des entomologistes ;
- Ce groupe renferme pour la plupart des parasitoïdes d'autres insectes ;
- L'étude des chalcidiens souffre de certains handicaps : taille petite à minuscule des individus, diversité ; leur étude systématique est souvent considérée comme un défi ;
- Chalcidiens = diversité : spécifique, biologique (cycle biologique, régime alimentaire) comportementale, etc.
- Le groupe présente une grande importance pour les équilibres biologiques du fait de son rôle dans la limitation des populations d'insectes, y compris des phytophages ;
- Il s'agit du groupe N° 1 dans les programmes de lutte biologique du fait de la spécificité étroite de ces parasitoïdes envers les cibles à détruire ;

# Les Chalcidiens des Asphodèles : Les chalcidiens : un portrait type

corps (souvent)  
avec un éclat  
métallique



# Les Chalcidiens des Asphodèles : Les Asphodèles : classification et caractéristiques

- Classifiées dans la famille des Asphodelaceae (= Xanthorroeeaceae, longtemps dans les Liliaceae), avec notamment les aloès ;
- La famille comprend 40 genres, principalement diversifiés en Afrique du Sud et en Australie
- 3 genres sont présents dans les régions tempérées de l'Ancien Monde
  - *Asphodelus* : Bassin méditerranéen et Moyen Orient
  - *Asphodeline* : Bassin méditerranéen (principalement oriental) et Moyen Orient
  - *Eremurus* : Bassin méditerranéen oriental, Asie centrale, Sibérie
- Caractéristiques botaniques : feuilles radicales, inflorescence en grappe
- Caractéristiques écologiques : populations localisées mais nombreuses



*Asphodelus albus* ssp. *subalpinus*  
(= *delphinensis*)

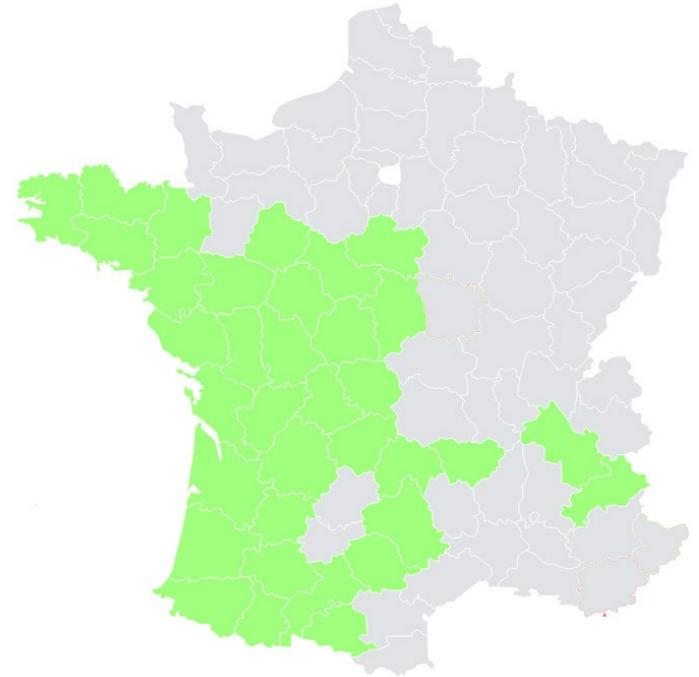


*Asphodeline lutea*

Les Chalcidiens des Asphodèles : Les asphodèles : *Asphodelus albus* ssp. *albus*

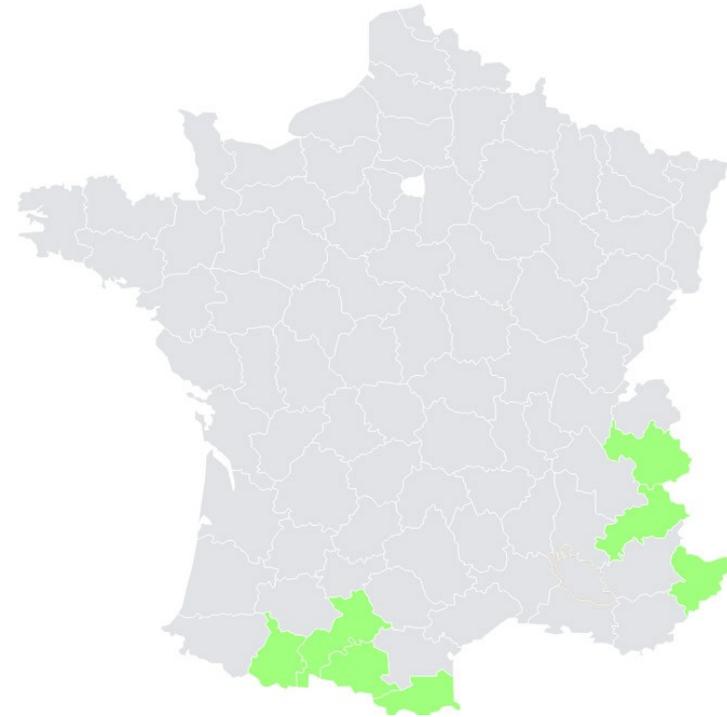


Châtelleraut (Richard Askew)



- asphodèle blanche
- échantillonnée dans le centre et le sud-ouest de la France

# Les Chalcidiens des Asphodèles : Les asphodèles : *Asphodelus albus* ssp. *subalpinus* (= *delphinensis*)



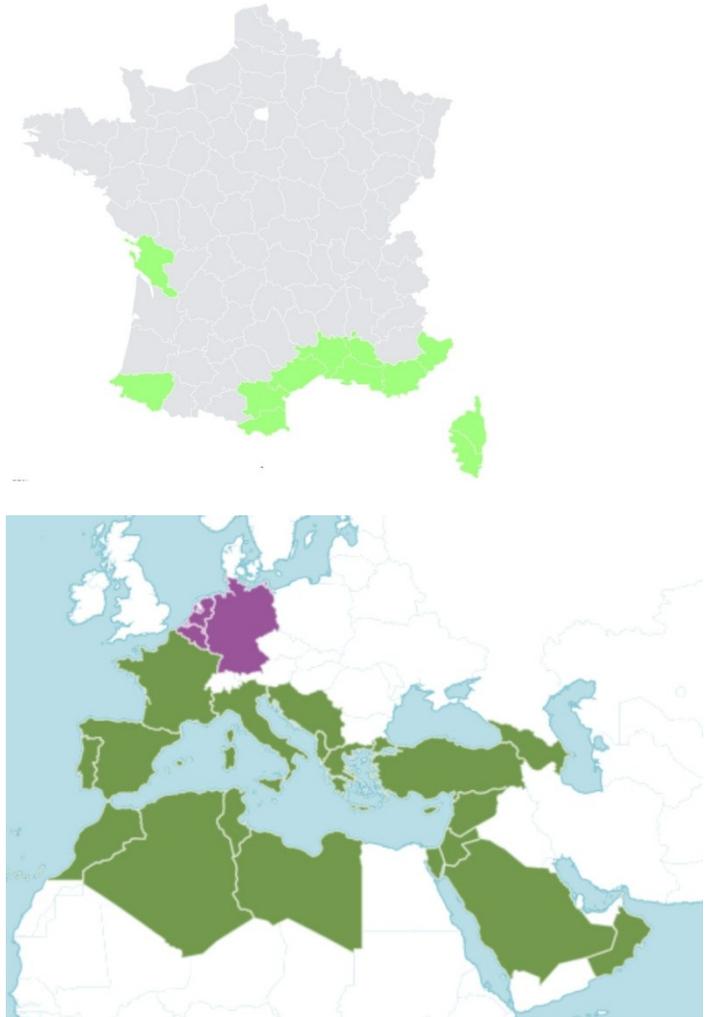
- asphodèle subalpine ou du Dauphiné
- échantillonnée dans les Pyrénées centrales et le PN Mercantour

## Les Chalcidiens des Asphodèles :

## Les asphodèles : *Asphodelus fistulosus*



- Asphodèle fistuleuse
- échantillonnée en Languedoc Roussillon et Catalogne

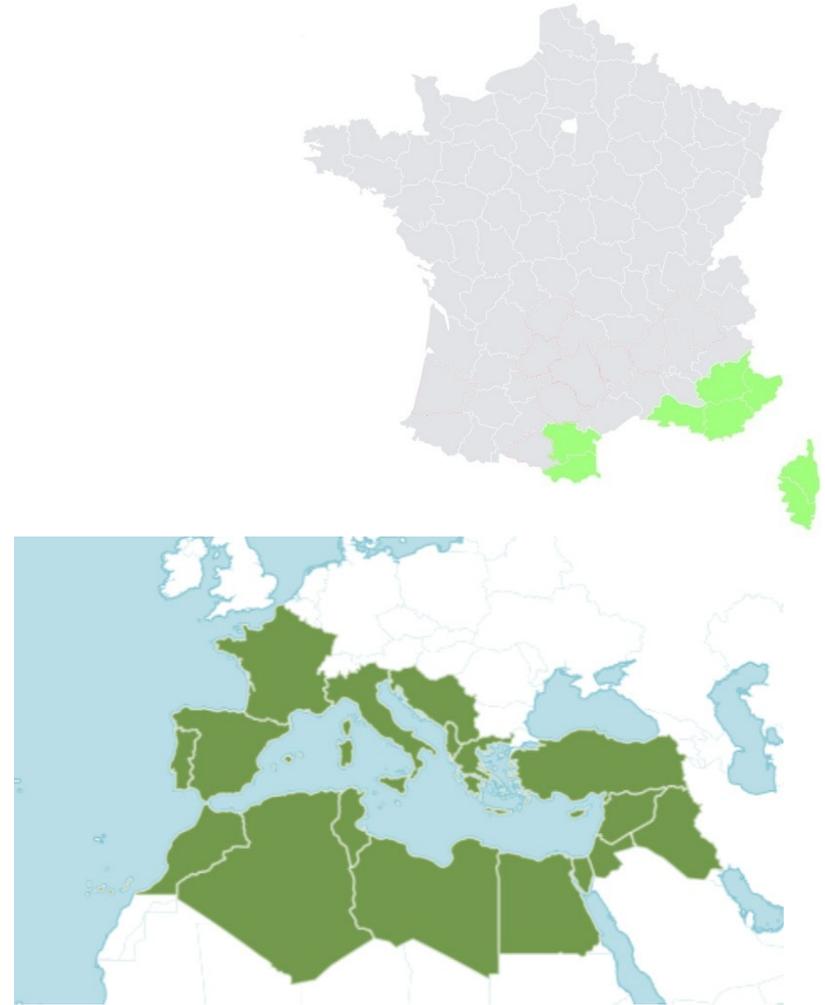


## Les Chalcidiens des Asphodèles :

## Les asphodèles : *Asphodelus ramosus*



- asphodèle ramifiée
- échantillonnée en Languedoc Roussillon, Aragon, Catalogne, Majorque, Corse et Sicile

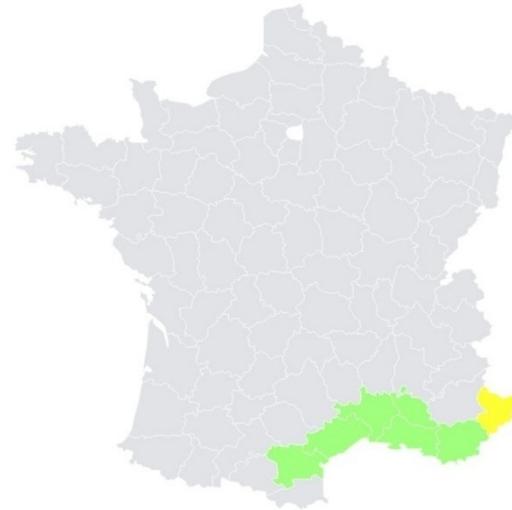


# Les Chalcidiens des Asphodèles :

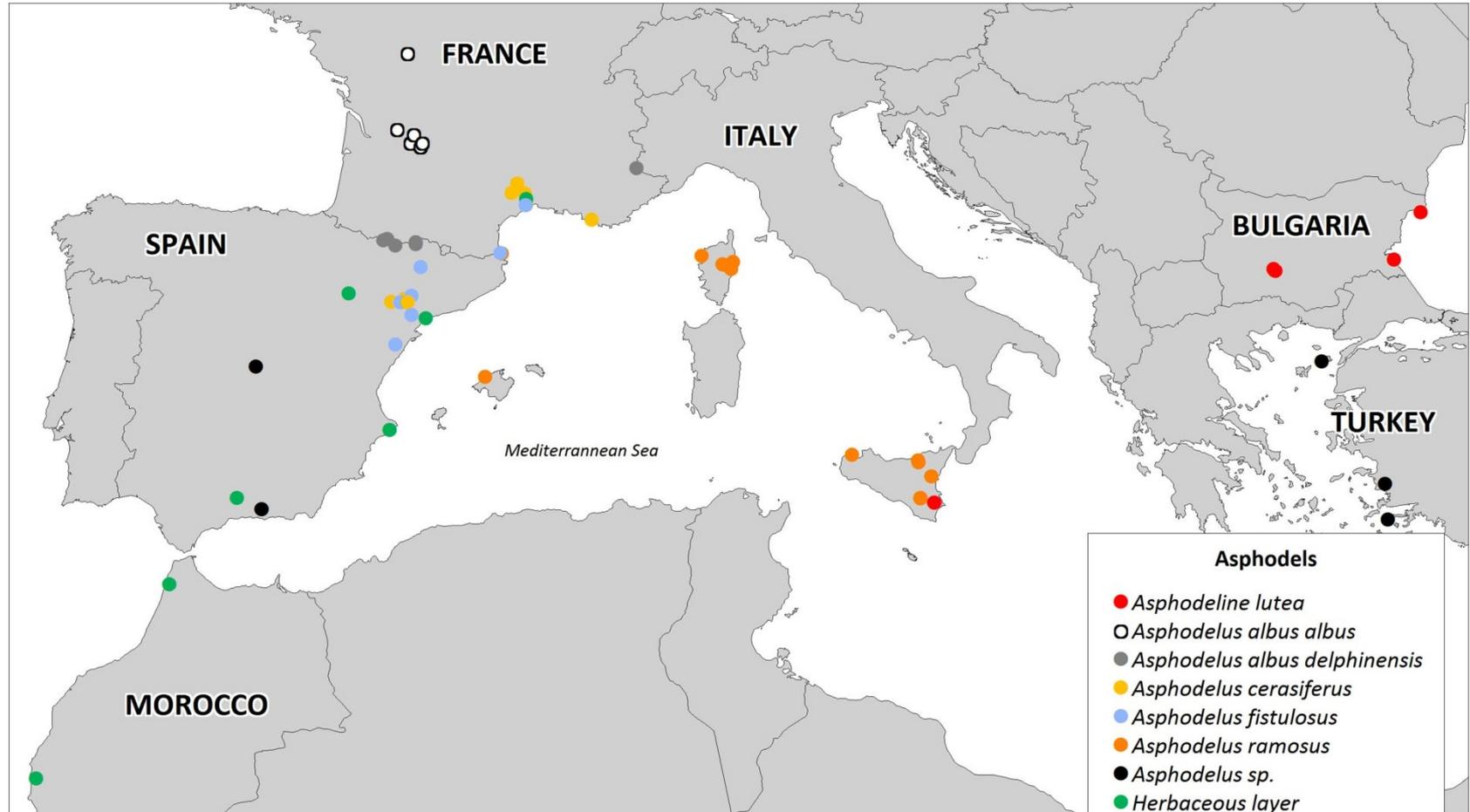


- Asphodèle cerise
- échantillonnée en Languedoc (Larzac),  
Provence, Aragon et Catalogne

# Les asphodèles : *Asphodelus cerasifer* (= *cerasiferus*)

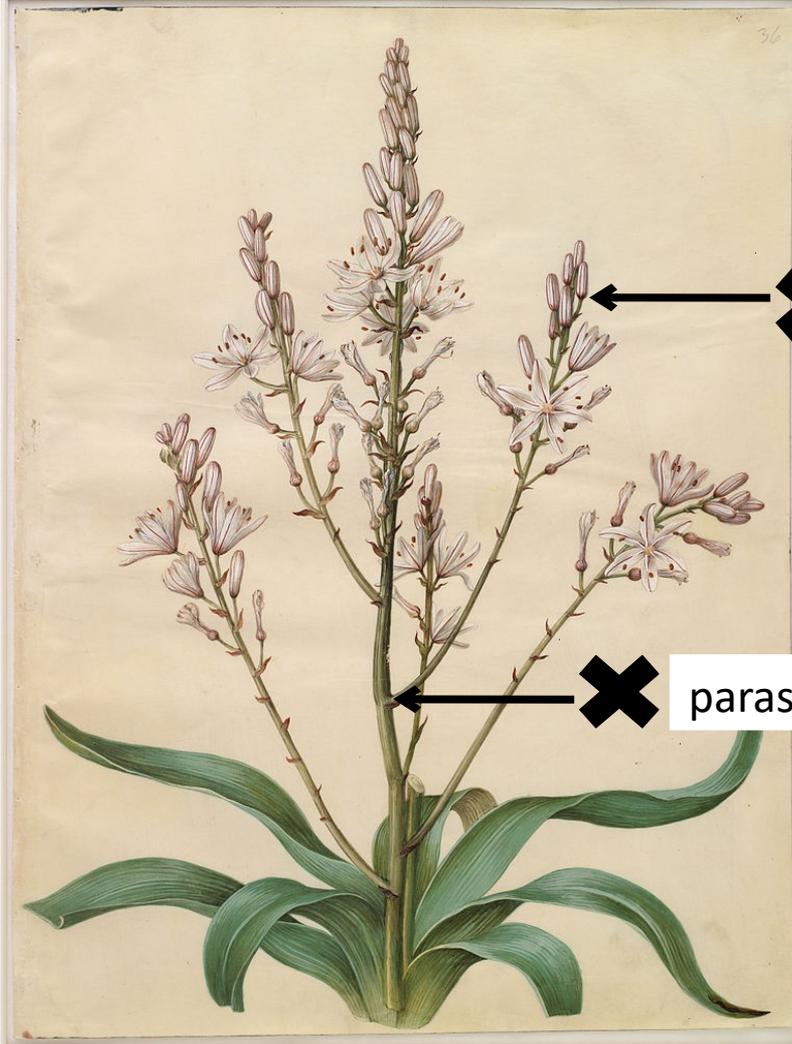


# Les Chalcidiens des Asphodèles : L'échantillonnage



# Les Chalcidiens des Asphodèles :

les communautés exclues



parasitoïde de la tordeuse et du miride  
piqueur-suceur des capsules exclus

parasitoïdes des ravageurs de la tige exclus

# Les Chalcidiens des Asphodèles : observations des chalcidiens et des symptômes



*Bruchophagus lecomtei* :  
ponte sur fruit d'*Asphodelus fistulosus*  
en maturation (Banyuls, fin avril 2012)



Symptômes de sortie des *Bruchophagus*  
sur les capsules en avril 2013

# Les Chalcidiens des Asphodèles : observations des chalcidiens et des symptômes



*Bruchophagus abscedus*:  
ponte sur fruit d'*Asphodelus ramosus*  
en maturation (fin avril 2011)



*Eurytoma asphodeli* :  
ponte sur fruit d'*Asphodelus ramosus*  
infesté par *Bruchophagus* (juin 2011)

Symptômes de sortie des chalcidiens  
sur les capsules en avril 2012



# Les Chalcidiens des Asphodèles : Collectes des spécimens

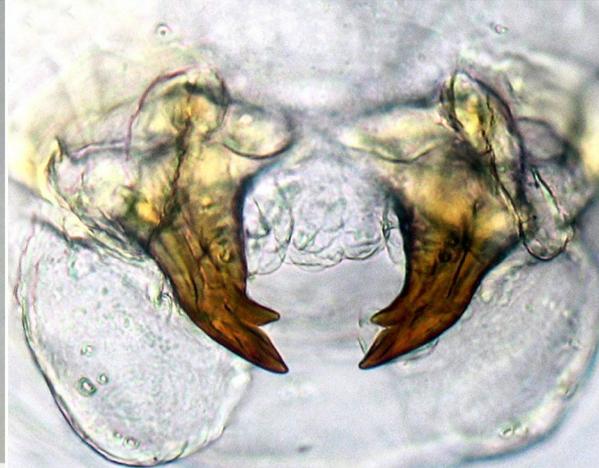
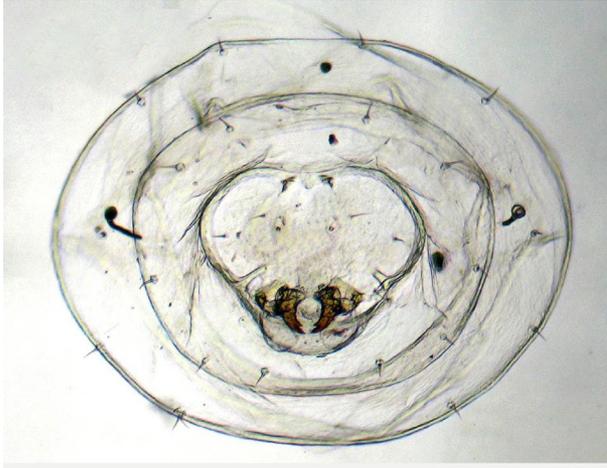


- Récolte de spécimens en oviposition sur capsules d'*Asphodelus ramosus*
- Récolte des capsules d'asphodèles en fin d'été pour mise en élevage et émergences l'année suivante

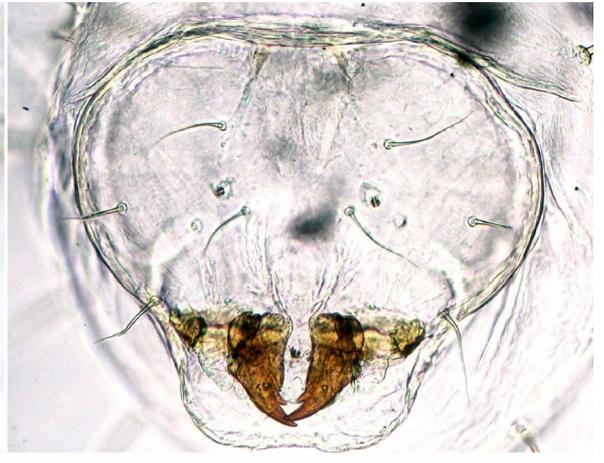
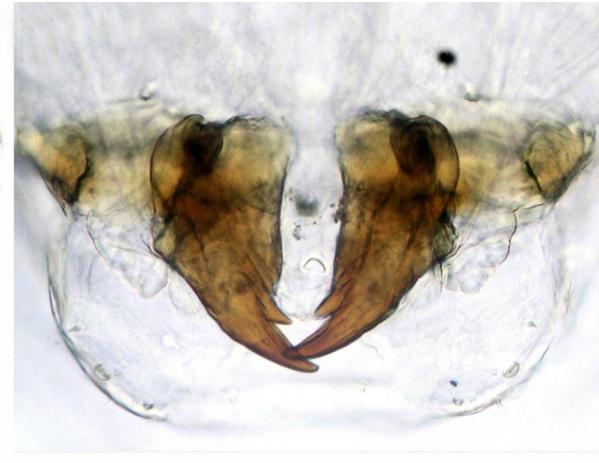


Les Chalcidiens des Asphodèles :

Etablissement des relations trophiques



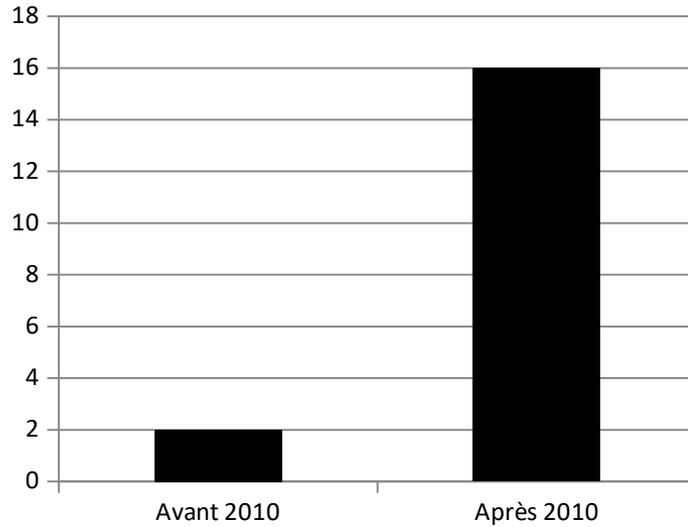
**Larve mature *Bruchophagus abscedus***



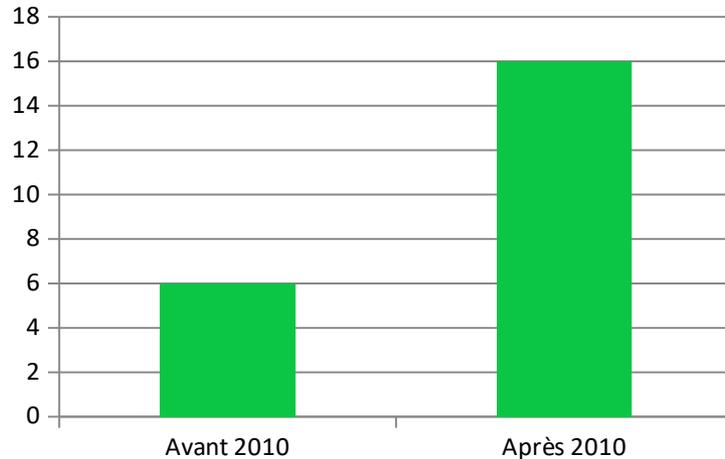
**Larve d'*Eurytoma asphodeli***

# Les Chalcidiens des Asphodèles : caractéristiques des espèces

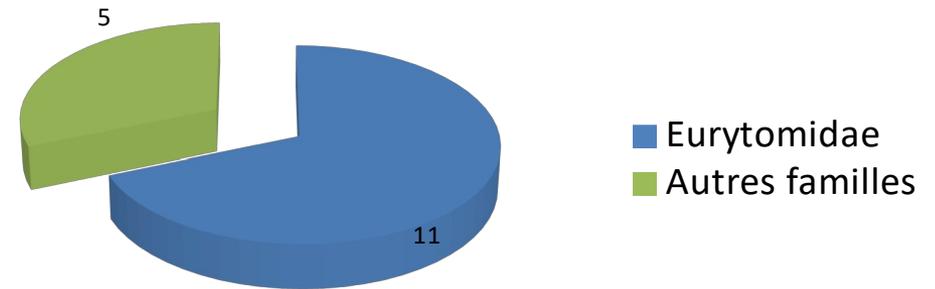
## Chalcidiens connus sur asphodèles



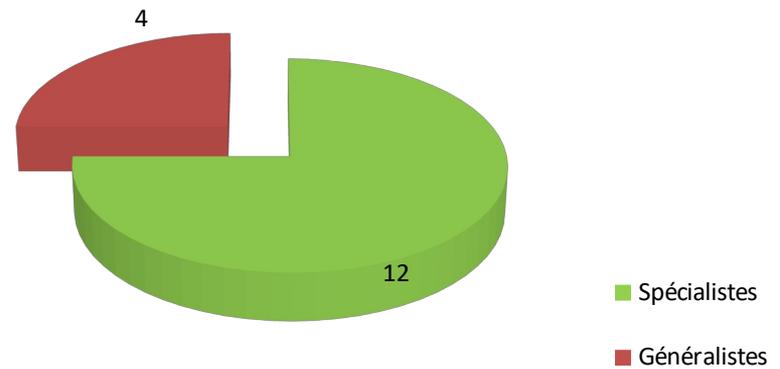
## Nombre d'espèces décrites



## Répartition des espèces suivant la famille

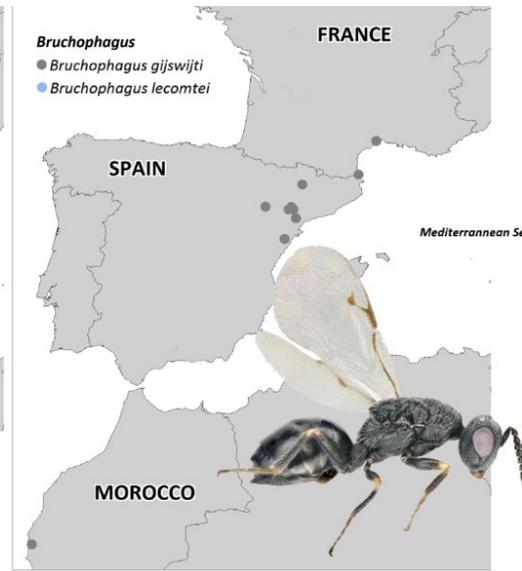
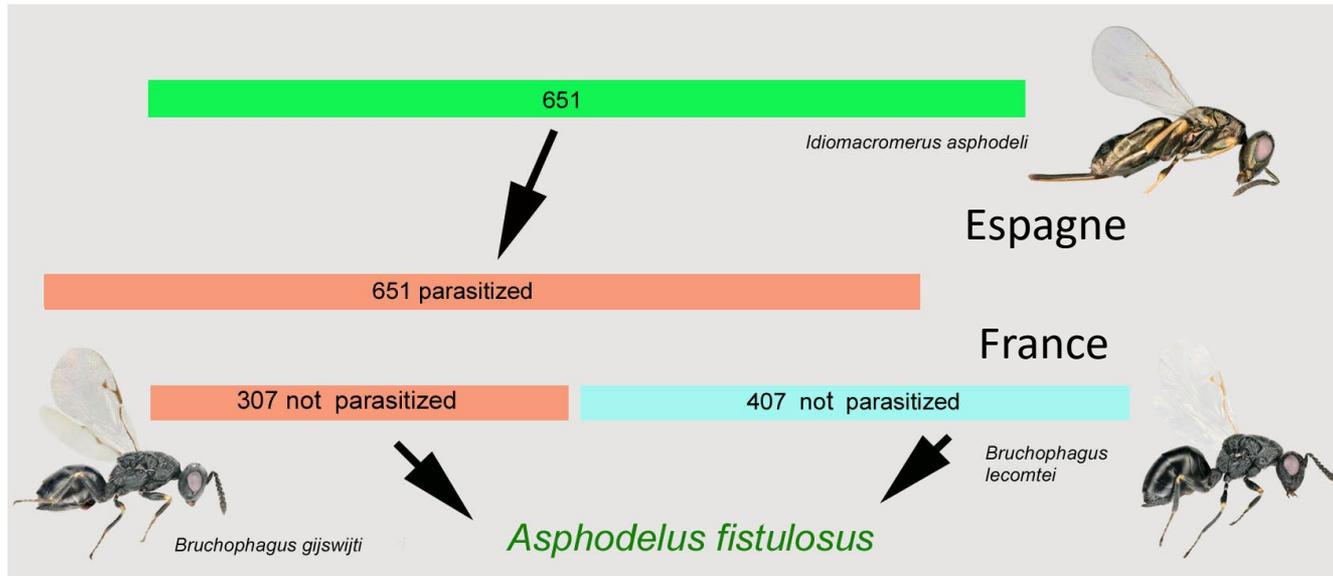


## Répartition des espèces suivant le spectre d'hôtes



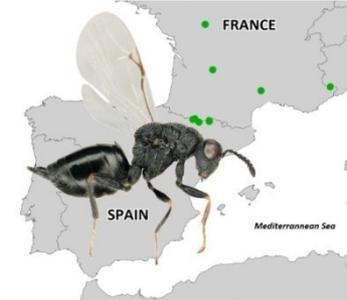
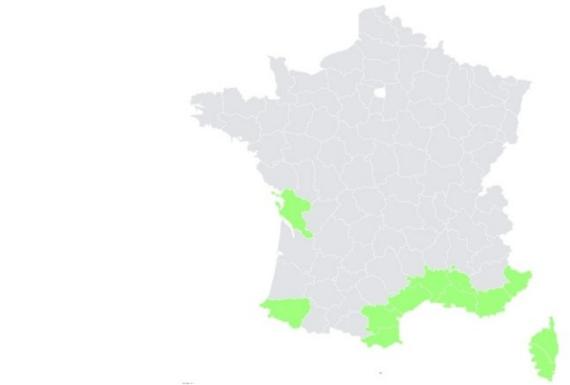
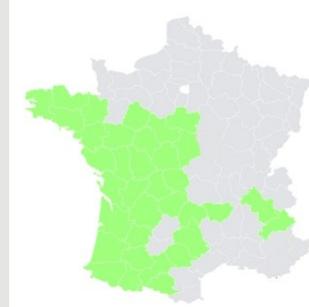
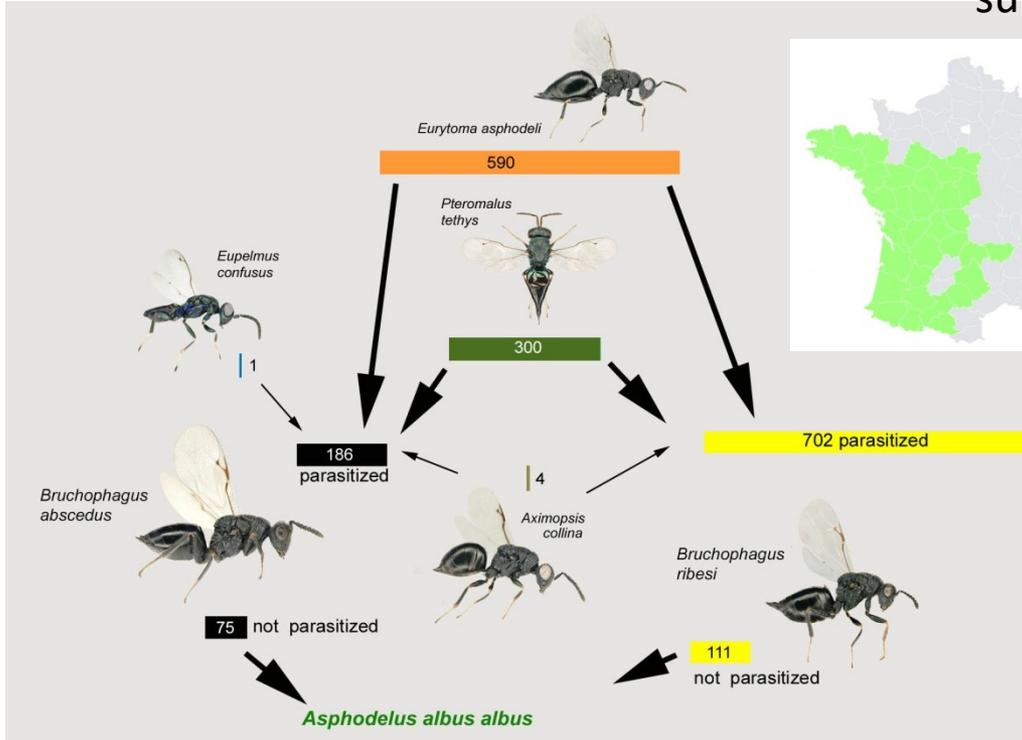
# Les Chalcidiens des Asphodèles :

# Les communautés de chalcidiens : sur *Asphodelus fistulosus*



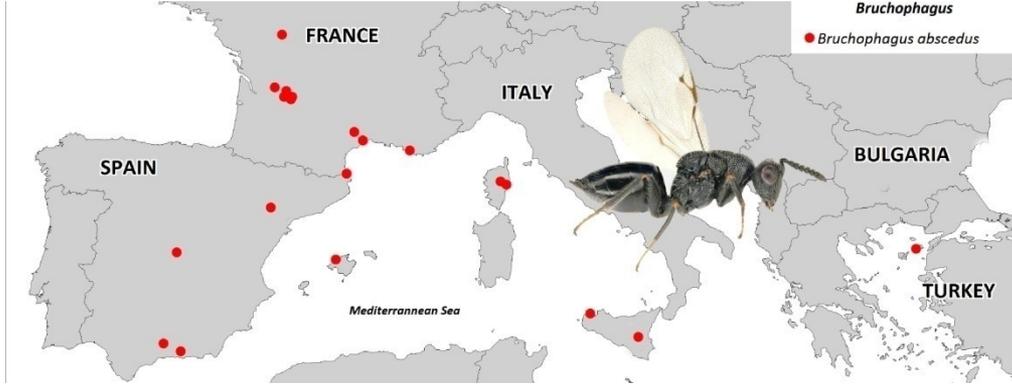
# Les Chalcidiens des Asphodèles :

# Les communautés de chalcidiens : sur *Asphodelus albus albus* & *subalpinus*

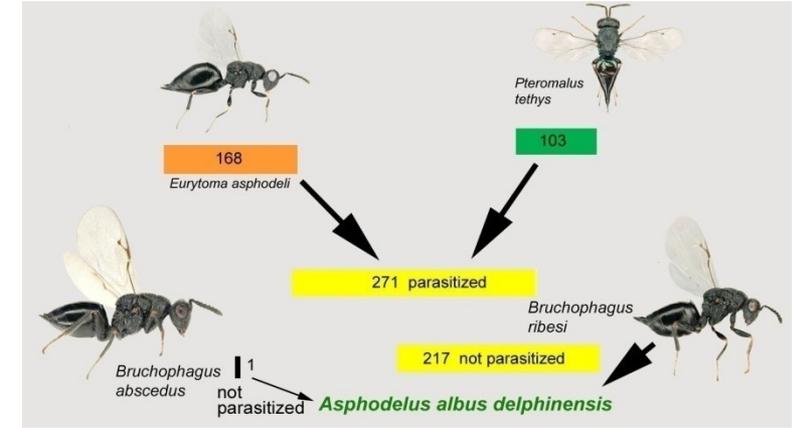


*Asphodelus albus*

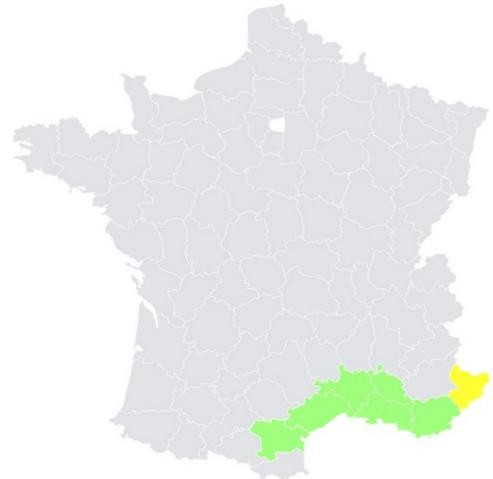
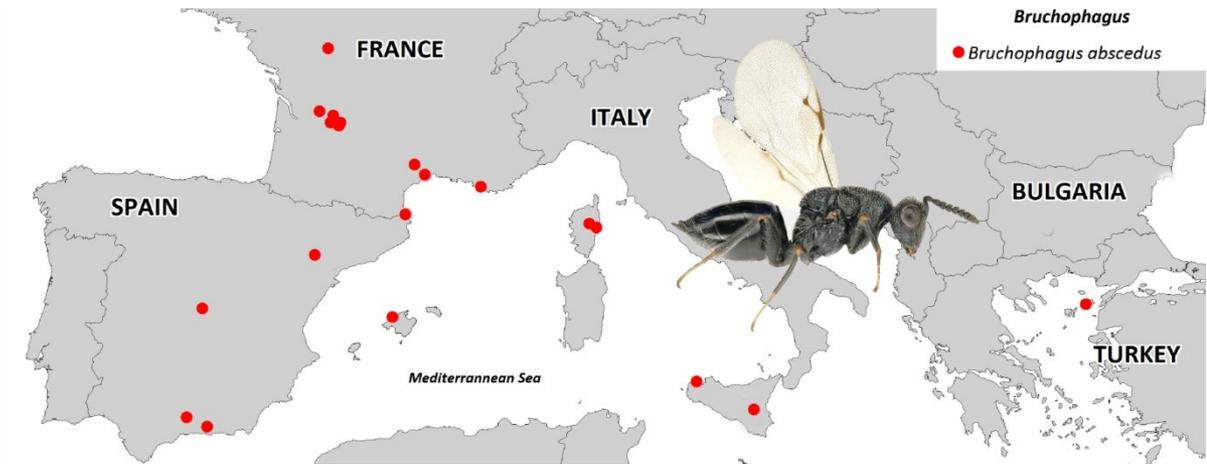
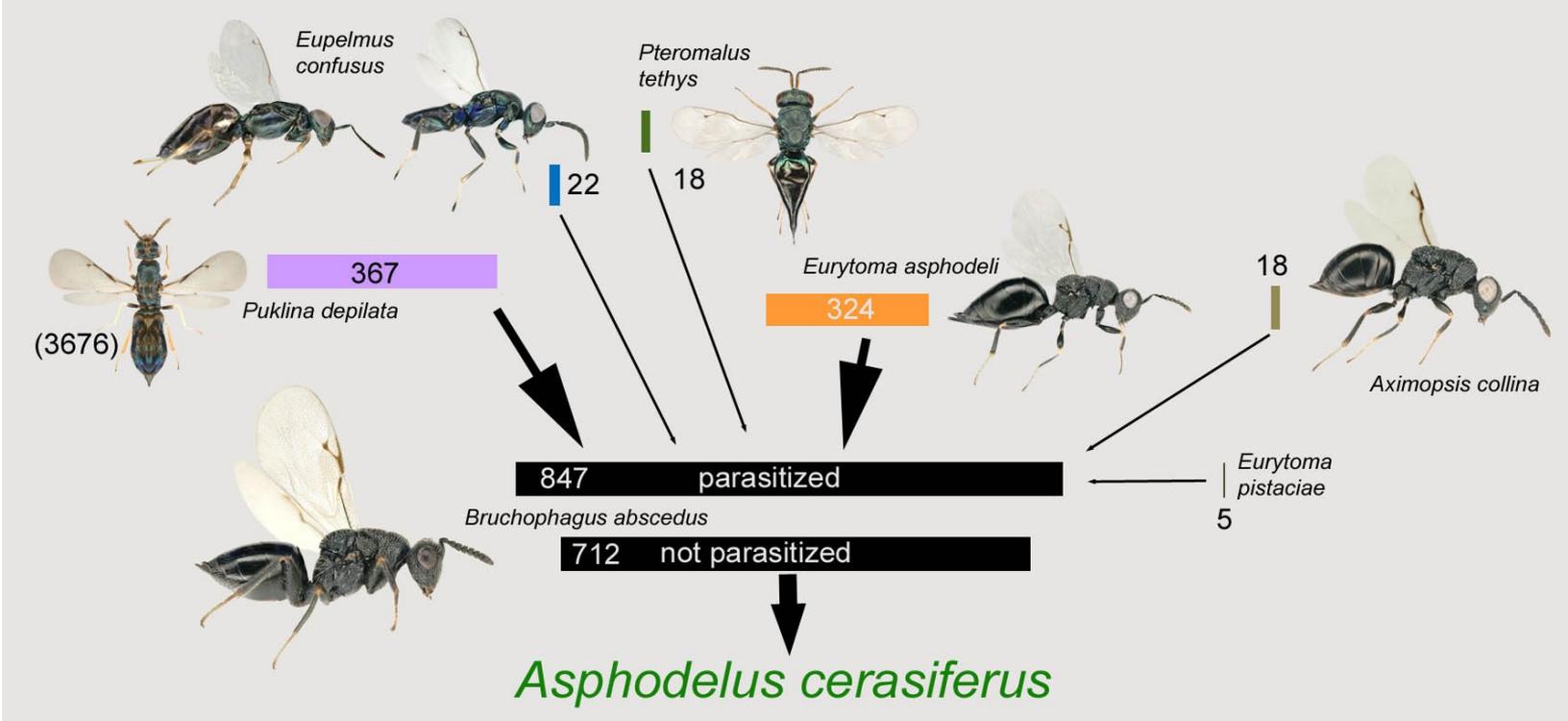
*Bruchophagus ribesi*



*Bruchophagus abscedus*



# Les Chalcidiens des Asphodèles : Les communautés de chalcidiens : sur *Asphodelus cerasiferus*



# Les Chalcidiens des Asphodèles : Les communautés de chalcidiens

Variation des communautés suivant la localité :  
l'exemple du Larzac

Bordure méridionale du Larzac

Plateau du Larzac



*Asphodelus cerasiferus*

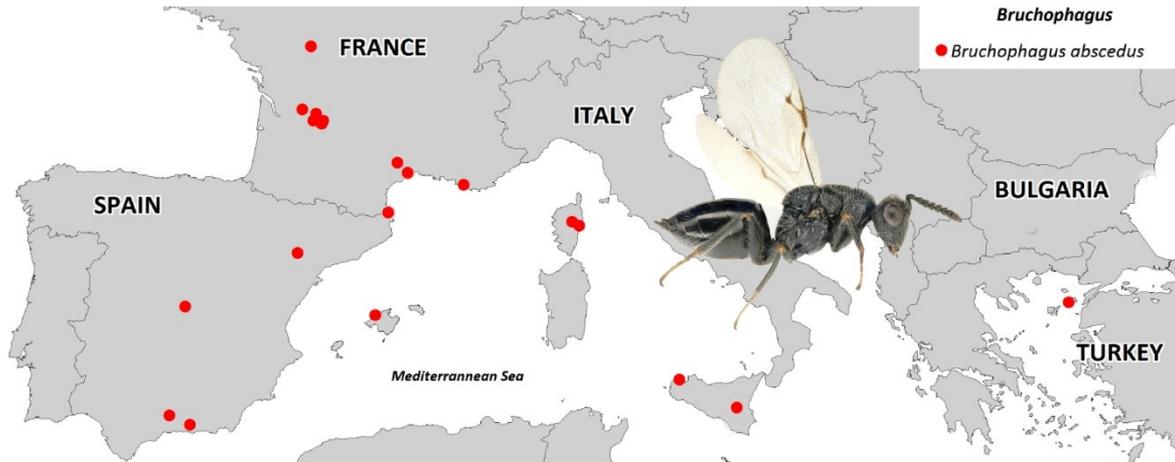


# Les Chalcidiens des Asphodèles :

Les communautés de chalcidiens :  
sur *Asphodelus ramosus*

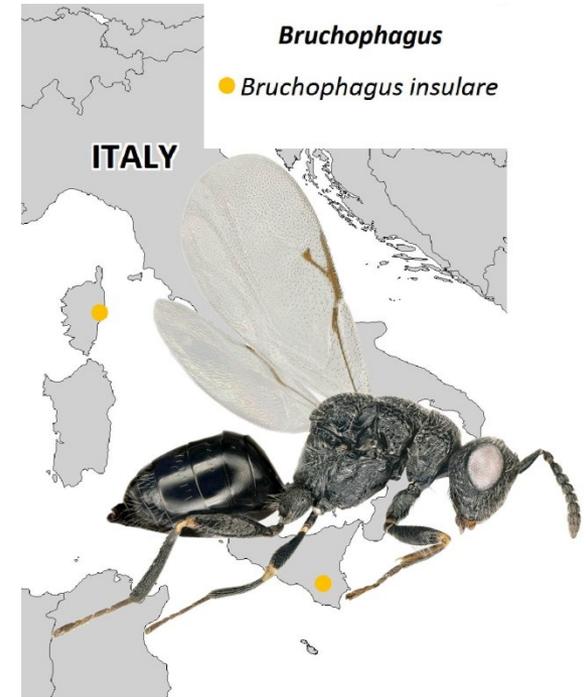


Photo J. Lecomte



*Bruchophagus*

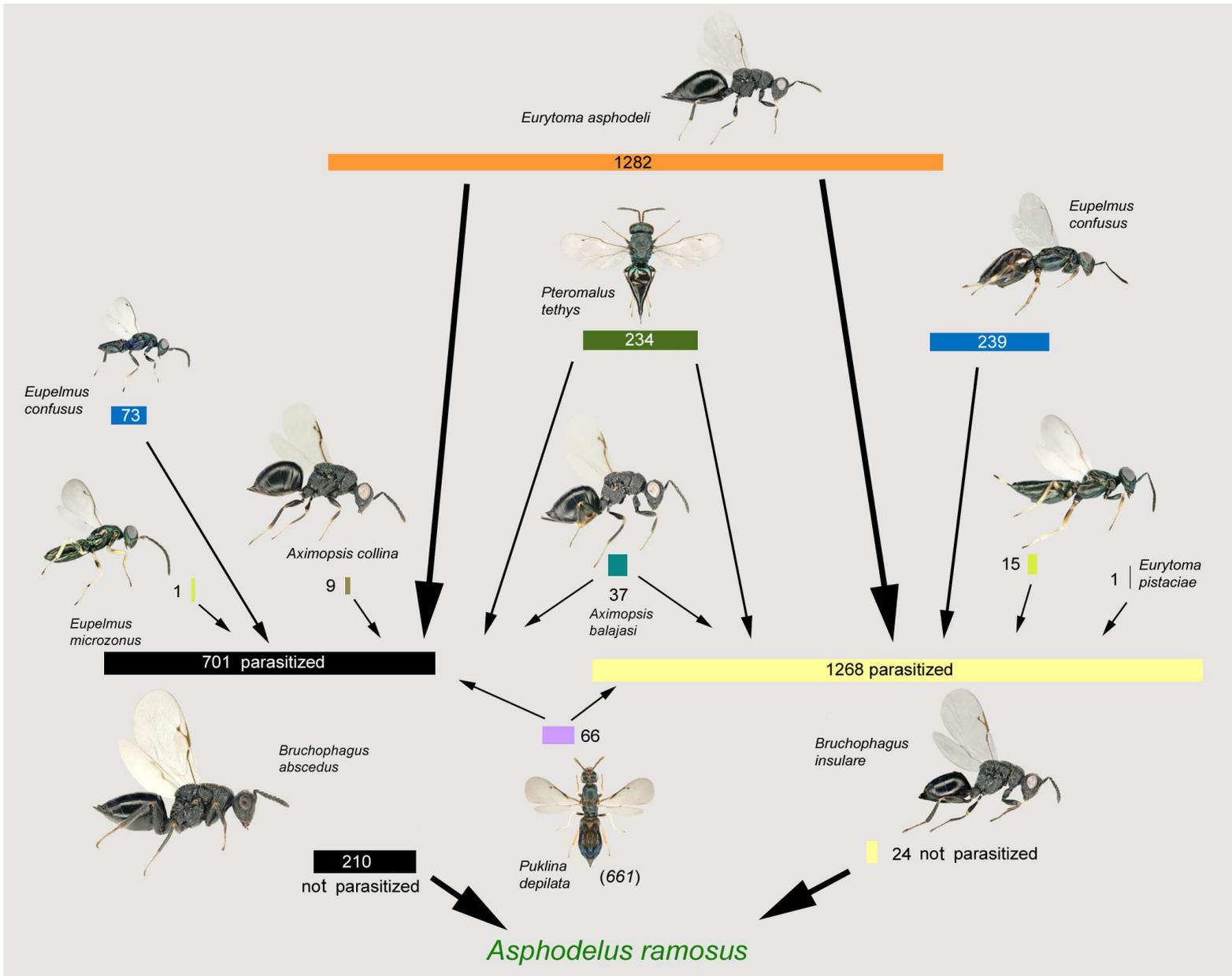
● *Bruchophagus abscedus*



*Bruchophagus*

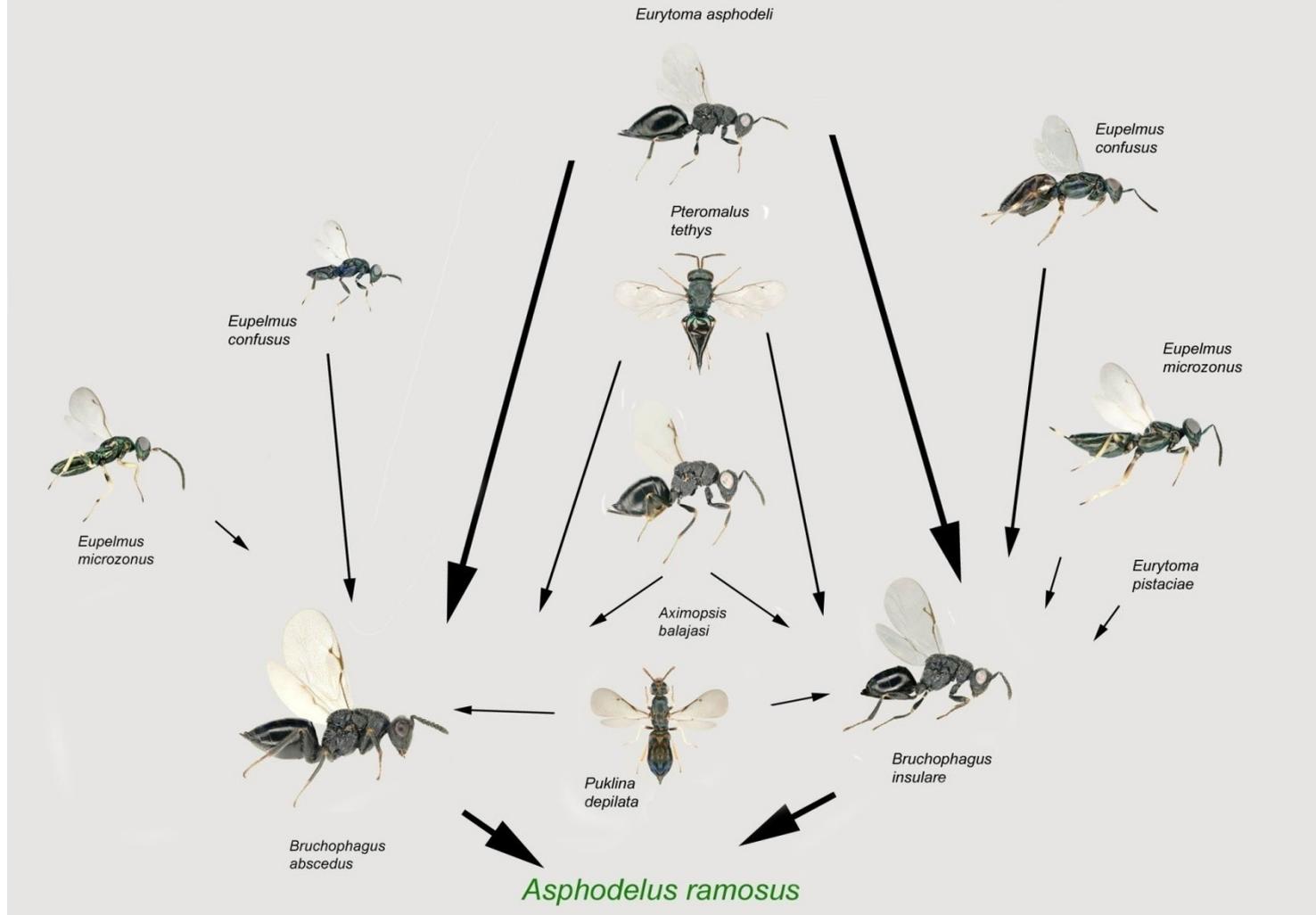
● *Bruchophagus insulare*

# Les Chalcidiens des Asphodèles : Les communautés de chalcidiens : sur *Asphodelus ramosus*

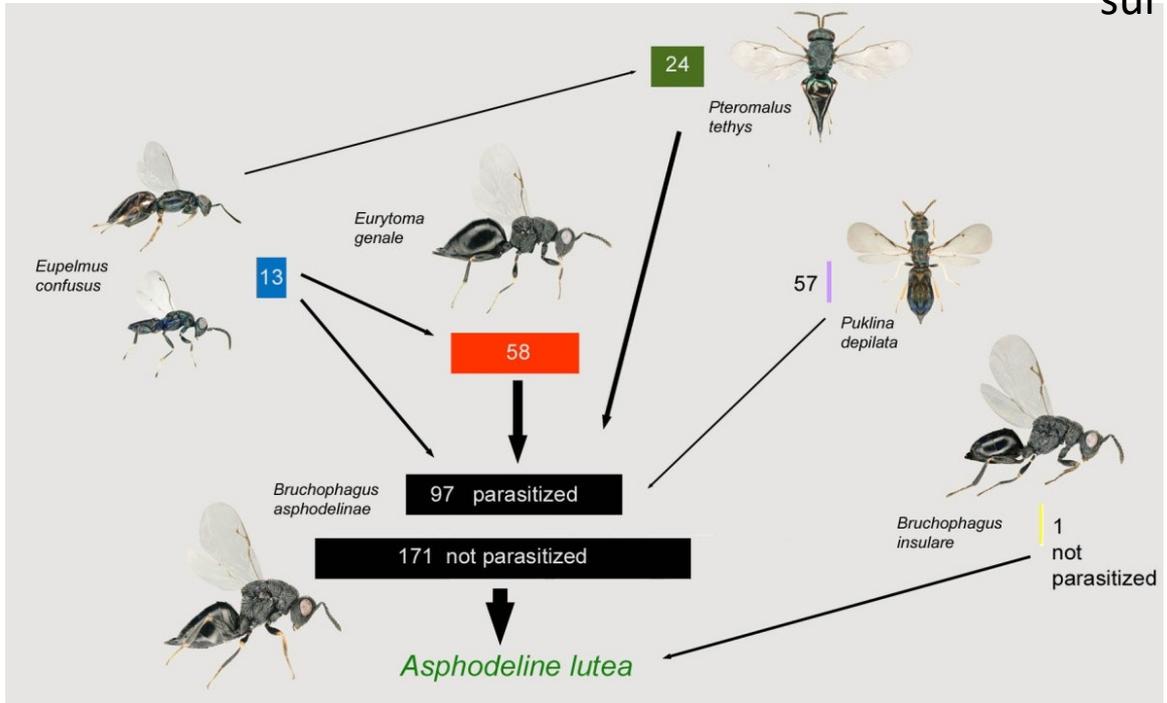


# Les Chalcidiens des Asphodèles : Les communautés de chalcidiens : sur *Asphodelus ramosus*

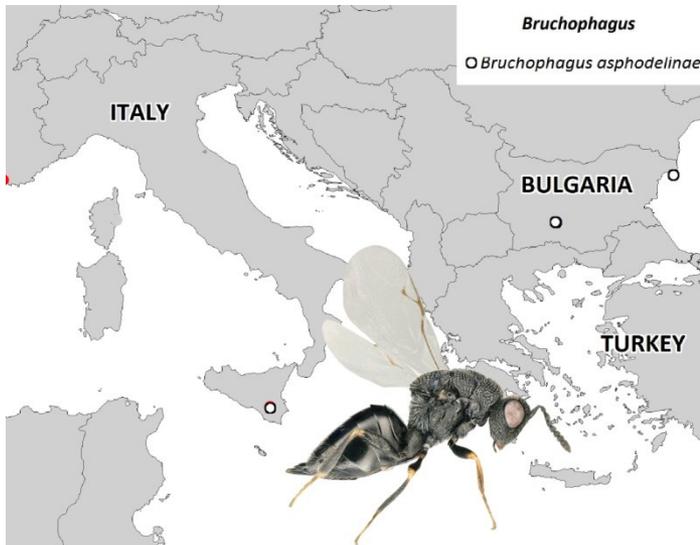
## Communauté de chalcidiens, Sicile, Monte Iblei, juin 2014



# Les Chalcidiens des Asphodèles : Les communautés de chalcidiens sur *Asphodeline lutea*



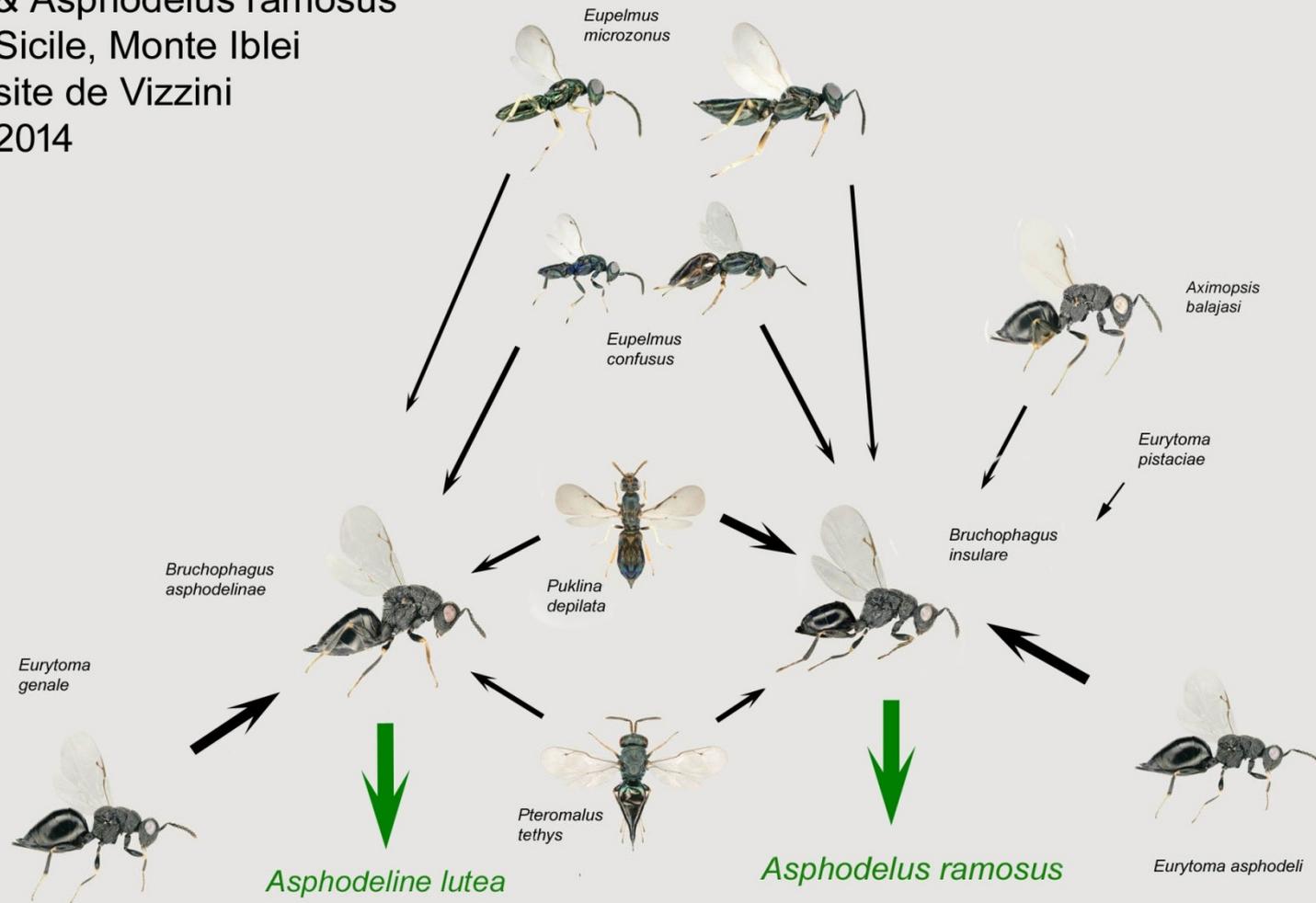
*Asphodeline lutea*



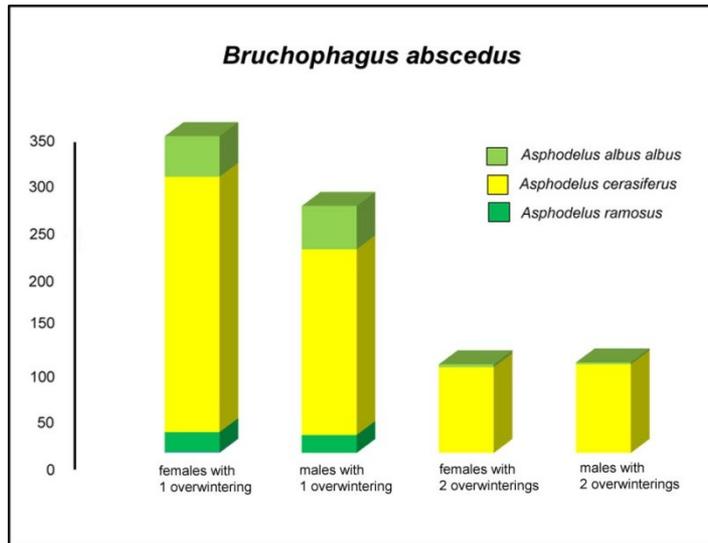
# Les Chalcidiens des Asphodèles :

Variations des communautés suivant le genre d'asphodèle

Communautés de chalcidiens autour de *Asphodeline lutea*  
& *Asphodelus ramosus*  
Sicile, Monte Iblei  
site de Vizzini  
2014

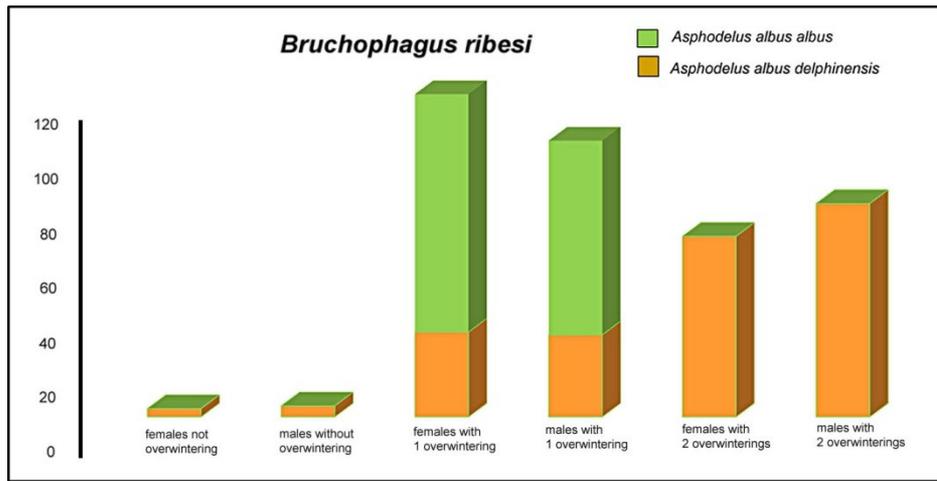


# Les Chalcidiens des Asphodèles : Phénologie des Eurytomidae



- Suivant les conditions bioclimatiques rencontrées, notamment la durée de la période de végétation
- les *Bruchophagus* passent 1 seul ou 2-3 hivers en arrêt de développement

1 hivernage unique intervient majoritairement sur les asphodèles des régions méditerranéennes (*A. ramosus*, *A. cerasifer* & *A. albus albus*)



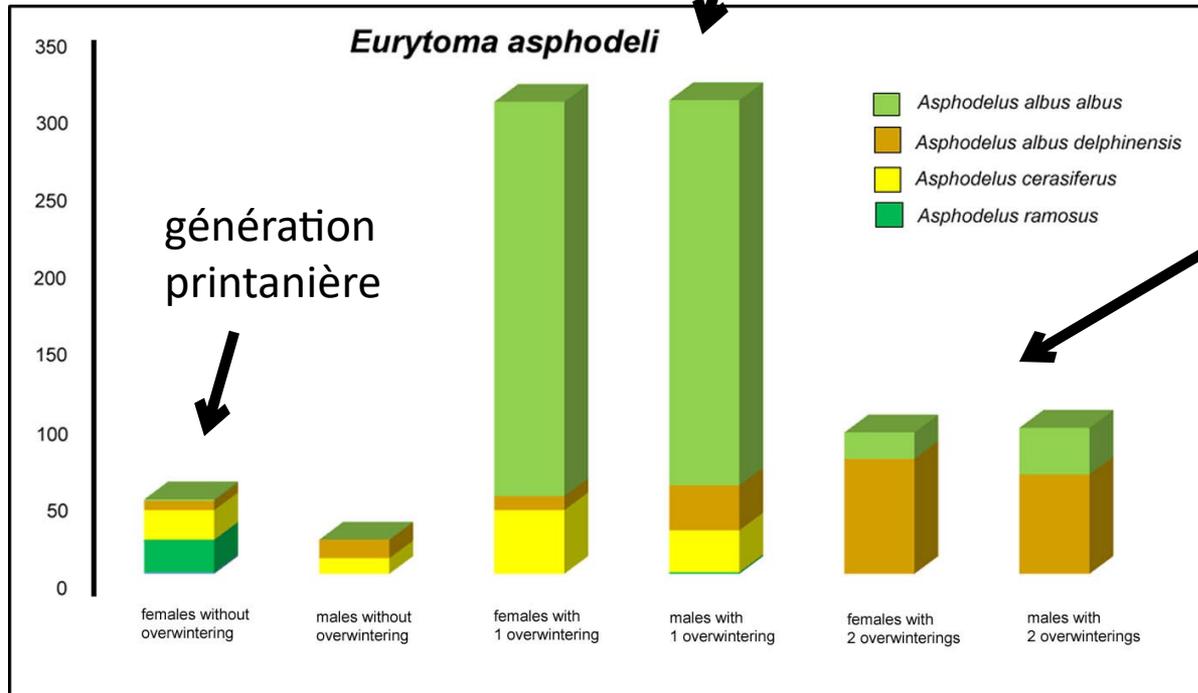
2-3 hivernages constitue la règle générale ou obligatoire pour les *Bruchophagus ribesi* se développant sur *A. albus*, présent dans les régions atlantiques ou montagnardes

# Les Chalcidiens des Asphodèles : Phénologie des Eurytomidae



- L'inflorescence en grappe autorise une relativement longue période de réceptivité de la plante pour la ponte des *Bruchophagus* et de leurs parasitoïdes
- D'où le développement d'une génération printanière supplémentaire chez *Eurytoma asphodeli* sur 3 asphodèles (*A. albus albus*, *A. cerasifer* & *A. ramosus*)

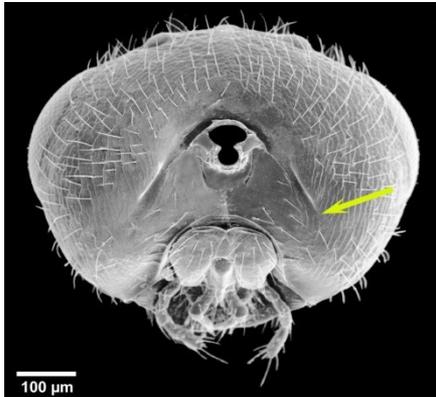
1 seul hivernage en régions méditerranéennes ou atlantiques



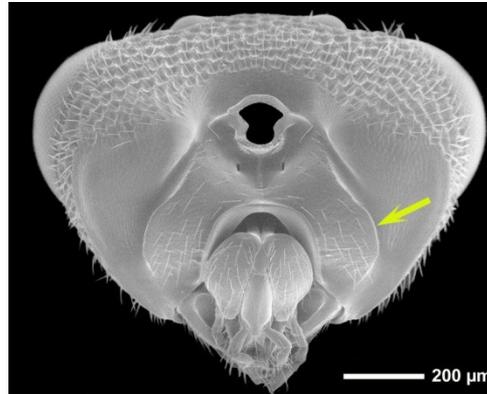
2-3 hivernages en régions montagnardes (Pyrénées & Alpes, sur *A. albus subalpinus*)

# Les Chalcidiens des Asphodèles : La discrimination des Eurytomidae

- Les Eurytomidae, notamment les Eurytominae, constituent un groupe d'apparence uniforme
- L'identification des espèces et même des genres représente un défi
- La taxonomie est confuse avec des opinions divergentes, suivant les auteurs, sur les limites des genres
- Il n'existe pas de travaux taxonomiques fiables permettant d'identifier les espèces
- Des exemples d'espèces cryptiques ont été mentionnées

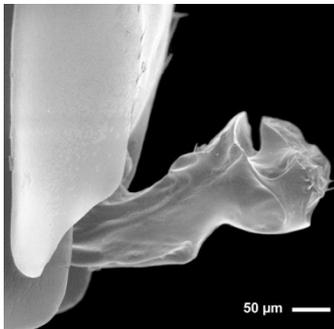


*Bruchophagus*

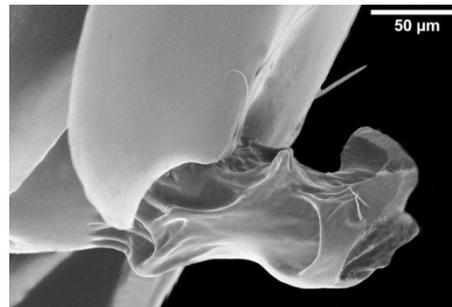


*Eurytoma*

Exemple :  
caractérisation des  
genres *Bruchophagus*  
et *Eurytoma*



*Aximopsis*

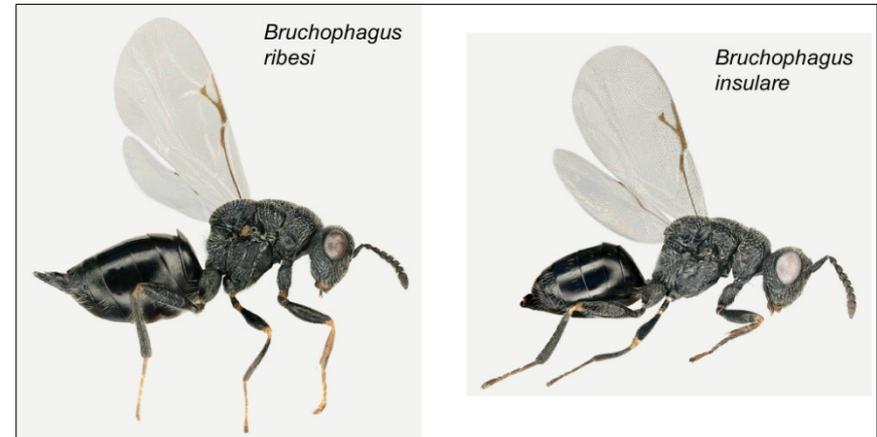
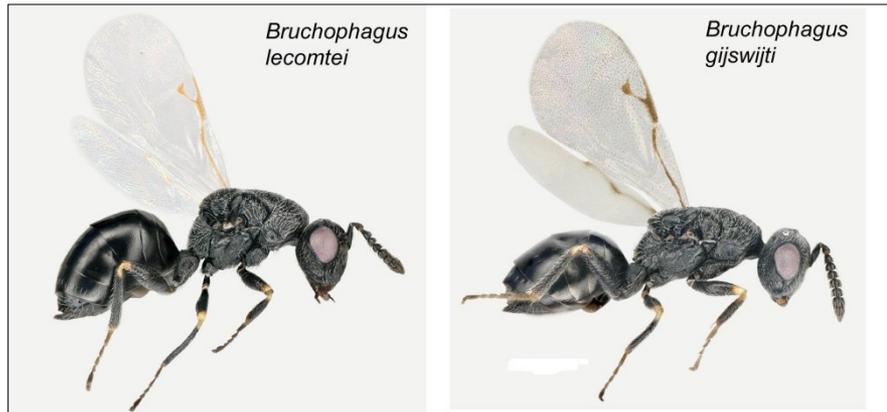


*Bruchophagus* et *Eurytoma*

# Les Chalcidiens des Asphodèles :

## La discrimination des Eurytomidae

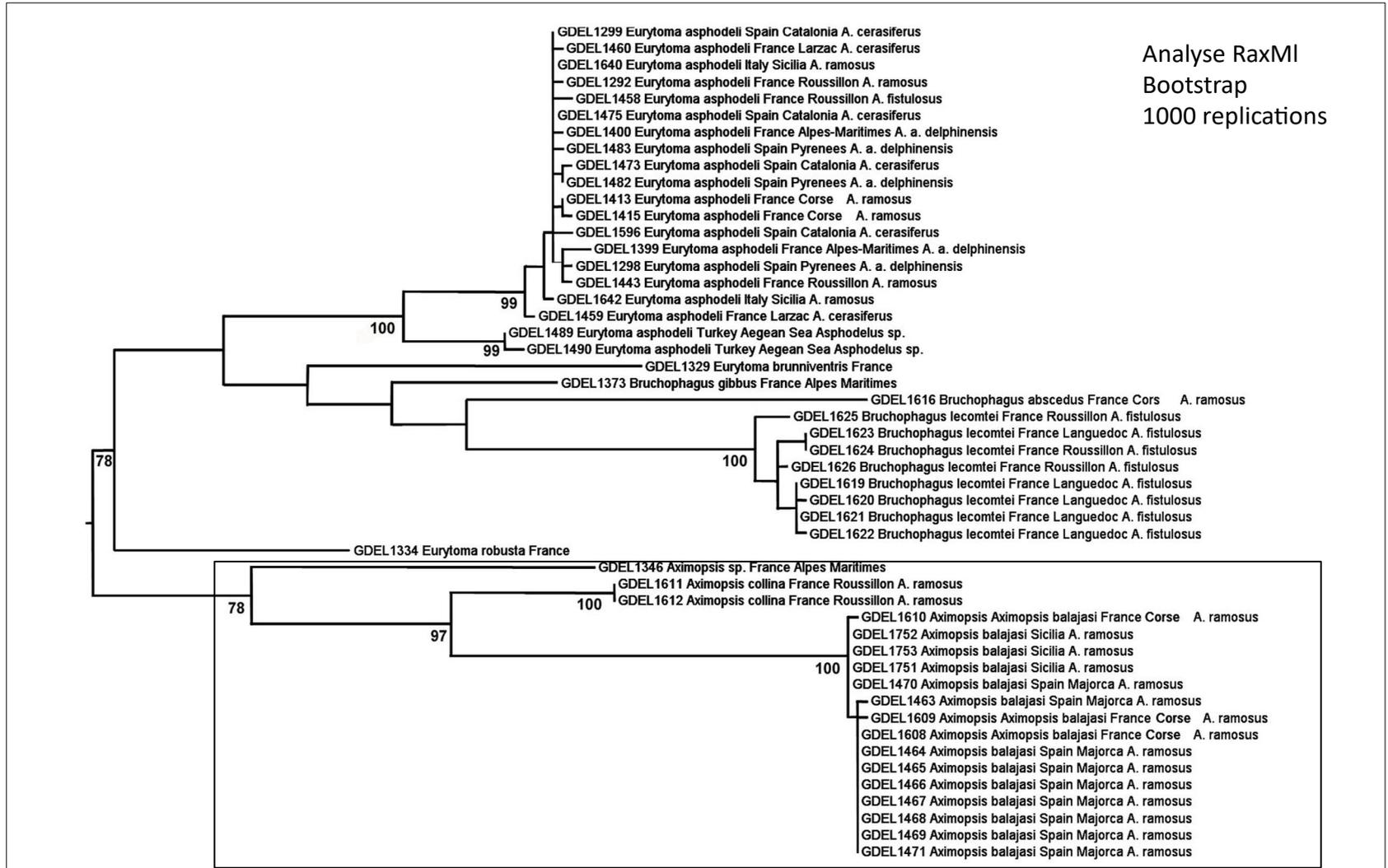
- L'examen morphologique des Eurytomidae des asphodèles a révélé la présence possible de 3 couples d'espèces cryptiques dont le statut apparaît problématique :
- *Bruchophagus gisjwijti* et *B. lecomtei* (distincts morphologiquement mais dont les critères de distinction font débat au sein de l'équipe)
- *Bruchophagus ribesi* et *B. insulare* (quasiment indistincts morphologiquement)
- *Aximopsis collina* et *A. balajasi* (quasiment indistincts morphologiquement)



# Les Chalcidiens des Asphodèles :

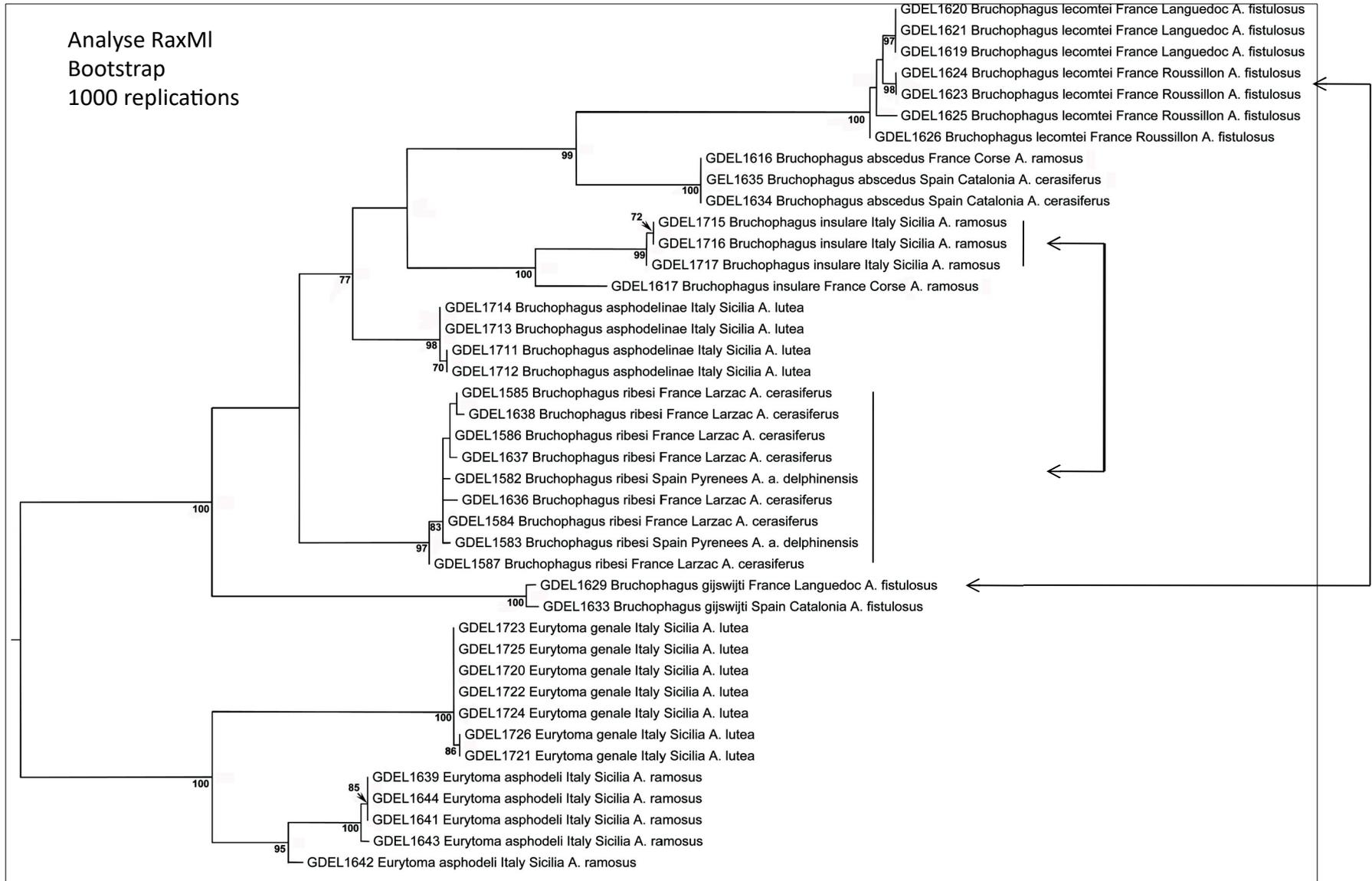
# La discrimination des Eurytomidae

- Utilisation de données moléculaires :
- 3 gènes à savoir 2 gènes mitochondriaux : COI et *cytB* et 1 gène nucléaire : EF1- $\alpha$
- Résultats pour le COI : discrimination des *Aximopsis*



# Les Chalcidiens des Asphodèles : La discrimination des Eurytomidae

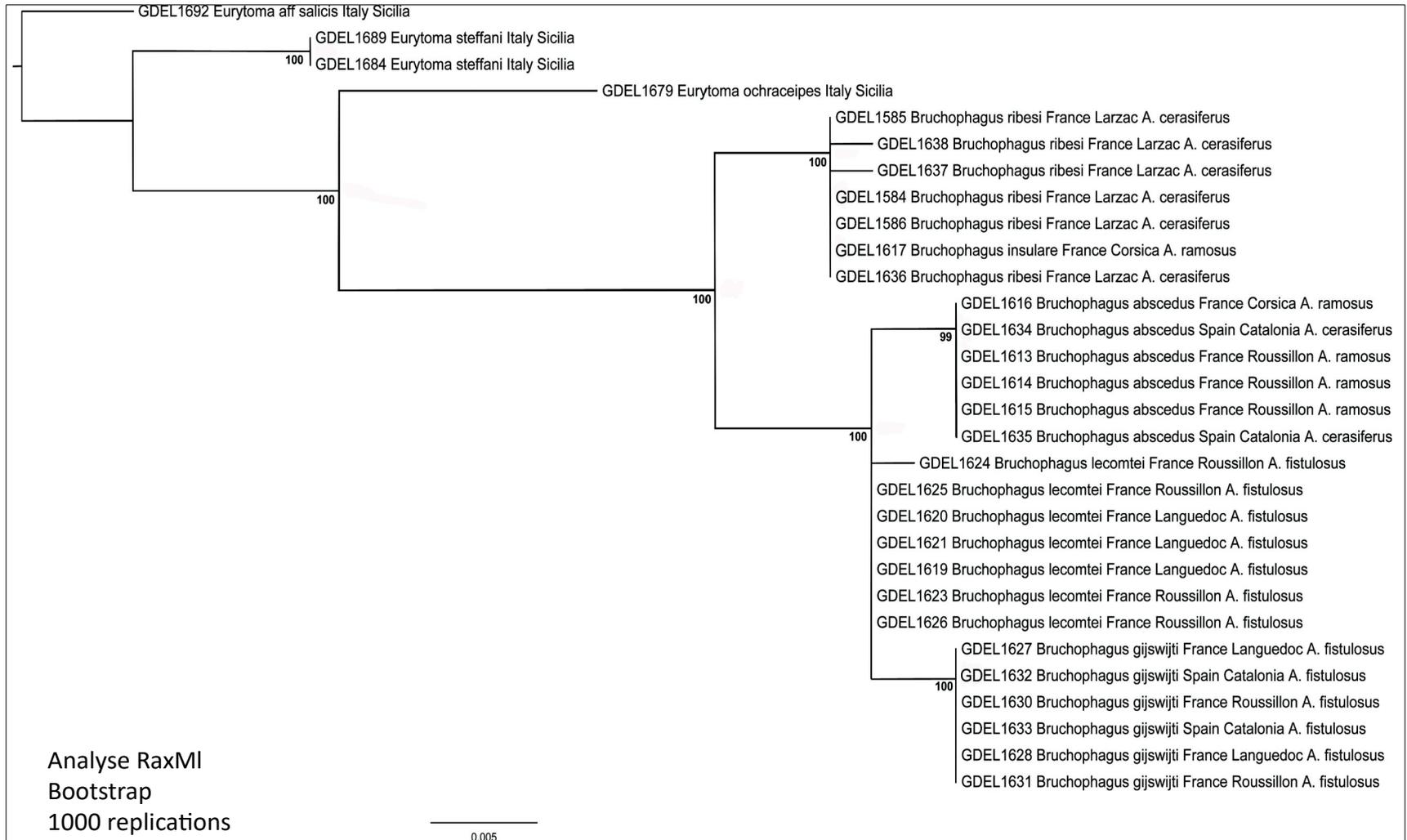
Résultats pour le CytB : discrimination des *Bruchophagus* et *Eurytoma*



# Les Chalcidiens des Asphodèles :

# La discrimination des Eurytomidae

Résultats pour EF1- $\alpha$  : discrimination de *Bruchophagus lecomtei* et *B. gijswijti*



# Les Chalcidiens des Asphodèles : La discrimination des Eurytomidae

Le problème de *Eurytoma asphodeli* :

□ on observe l'existence de plusieurs phénotypes apparemment sous la dépendance de facteurs variés :

- identité de l'asphodèle
- rang de la génération (génération hivernante *versus* printanière)
- localisation géographique (Corse, Gökça Ada Island: Turquie)



phénotype *aestivalis*

phénotype *aestivalis*

- sur *A. cerasifer*
- génération printanière
- Espagne et France méridionale



phénotype *corsicae*

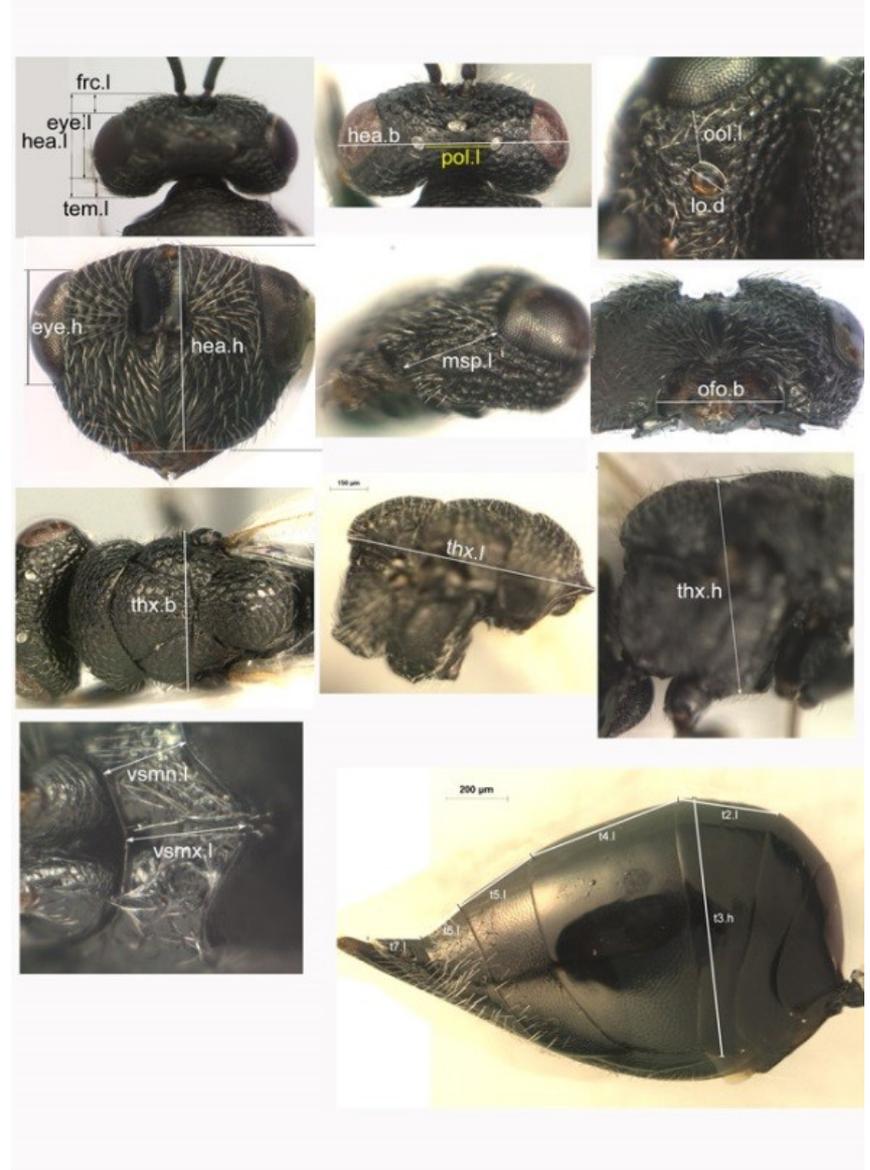
- sur *A. ramosus*
- Corse uniquement

phénotype *Corsicae*

# Les Chalcidiens des Asphodèles :

- Utilisation de données moléculaires : gène mitochondrial COI
- Utilisation de données morphométriques : les spécimens séquencés sont remontés ; 23 variables mesurées sur 119 femelles séquencées
- APC avec utilisation des ratios (Baur & Lauenberger, 2011 : Analysis of ratios in Multivariate Morphometry)

# La discrimination des Eurytomidae



# Les Chalcidiens des Asphodèles :

# La discrimination des Eurytomidae



Résultats moléculaires avec le COI  
70 spécimens d'*E. asphodeli* &  
2 outgroups (Château, 2013)

outgroups

*E. brunnevtris* (groupe *rosae*)

*E. robusta* (groupe *robusta*)

inférence

maximum vraisemblance

avec RaxML

modèle GTR+Γ

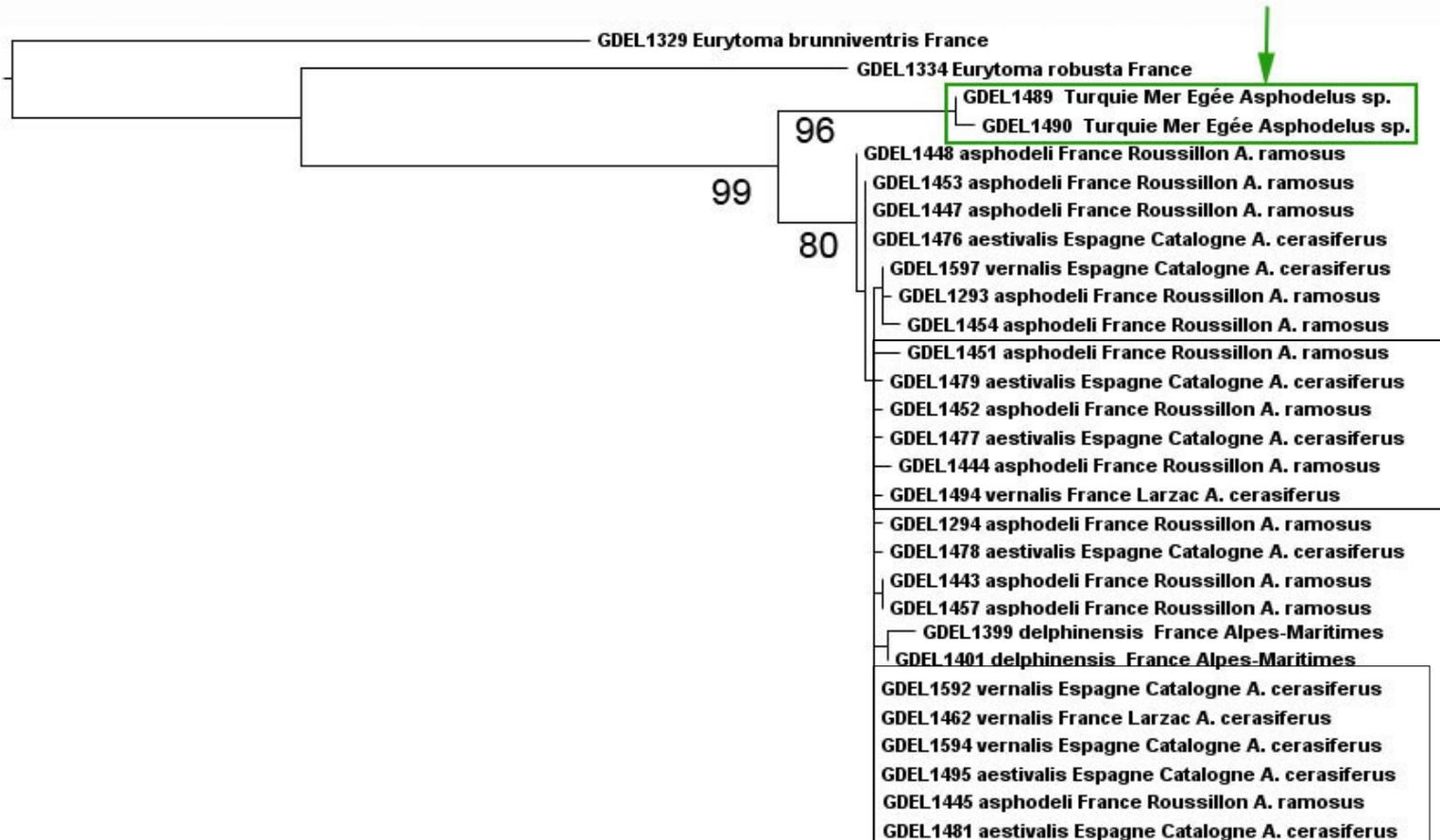
bootstrap = 1000 réplifications

# Les Chalcidiens des Asphodèles :

# La discrimination des Eurytomidae

Résultats moléculaires avec le COI  
70 spécimens d'*E. asphodeli* &  
2 outgroups (Château, 2013)

échantillons Turquie



# Les Chalcidiens des Asphodèles :

# La discrimination des Eurytomidae

Résultats moléculaires avec le COI  
70 spécimens d'*E. asphodeli* &  
2 outgroups (Château, 2013)



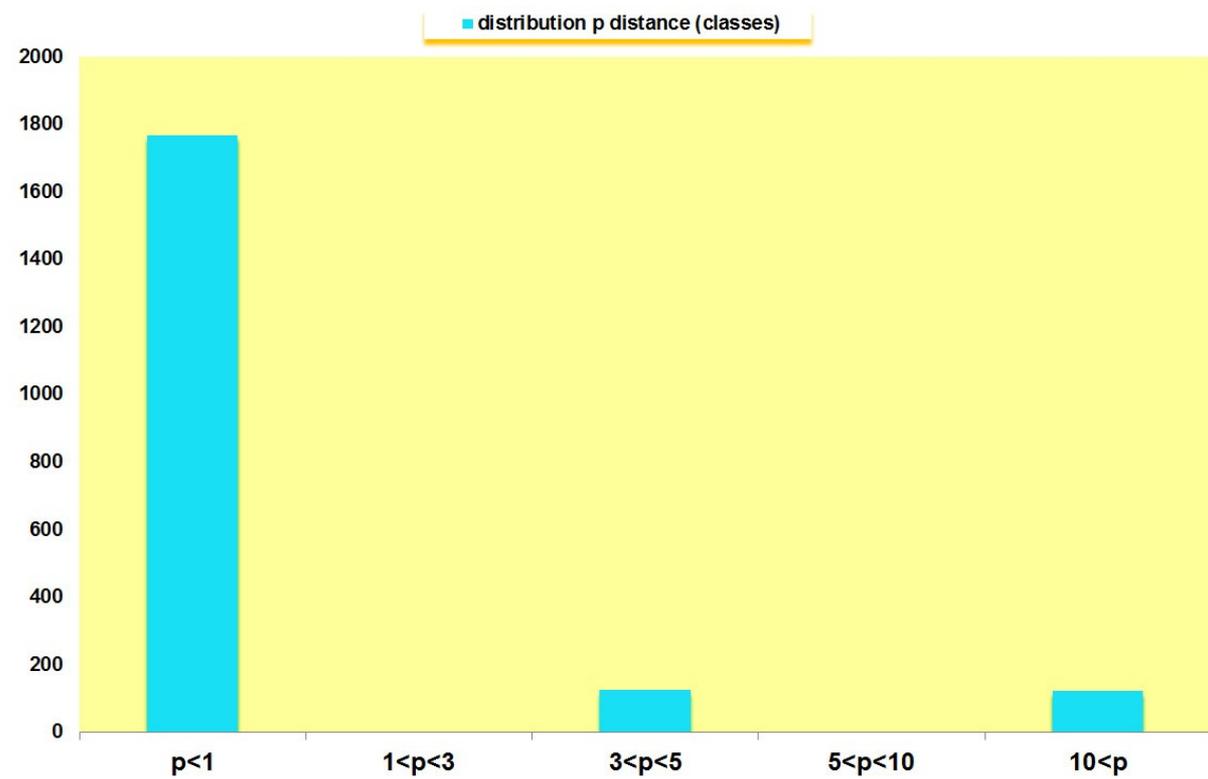
échantillons Corse

# Les Chalcidiens des Asphodèles :

# La discrimination des Eurytomidae

Résultats moléculaires avec le COI 70 : spécimens d'*E. asphodeli* & 2 outgroups (Château, 2013)

Distances patristiques



*Eurytoma  
asphodeli*  
intra ouest  
intra est

*Eurytoma  
asphodeli*  
ouest / est

*Eurytoma  
asphodeli* /  
outgroups

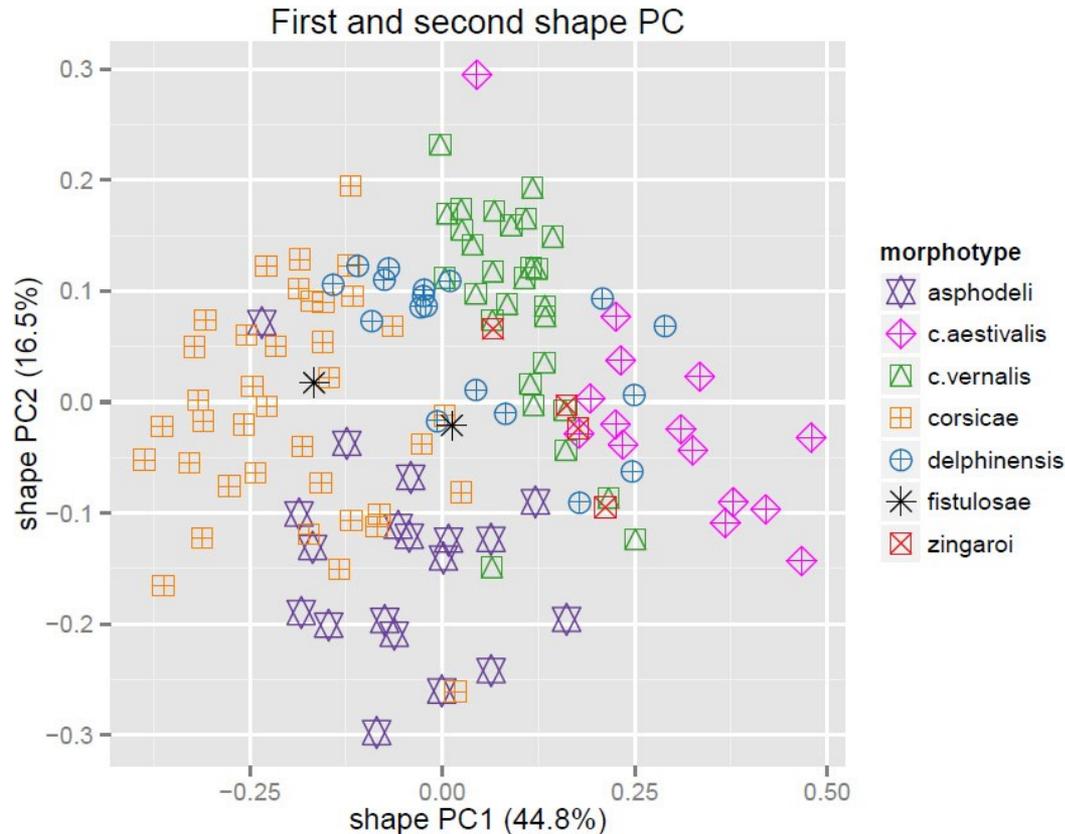
## Résultats moléculaires avec le COI concernant *Eurytoma asphodeli* : conclusions

### ☐ Une seule espèce est présente

- Il existe cependant une structuration au niveau géographique avec une population différenciée dans l'est du Bassin Méditerranéen
- Les morphotypes définis initialement n'ont aucune base génétique
- Les variations phénotypiques ont donc une origine épigénétique
- Les phénotypes retrouvés montrent l'influence déterminante de l'environnement pour la morphologie de l'adulte
- *Eurytoma asphodeli* présente une remarquable plasticité morphologique

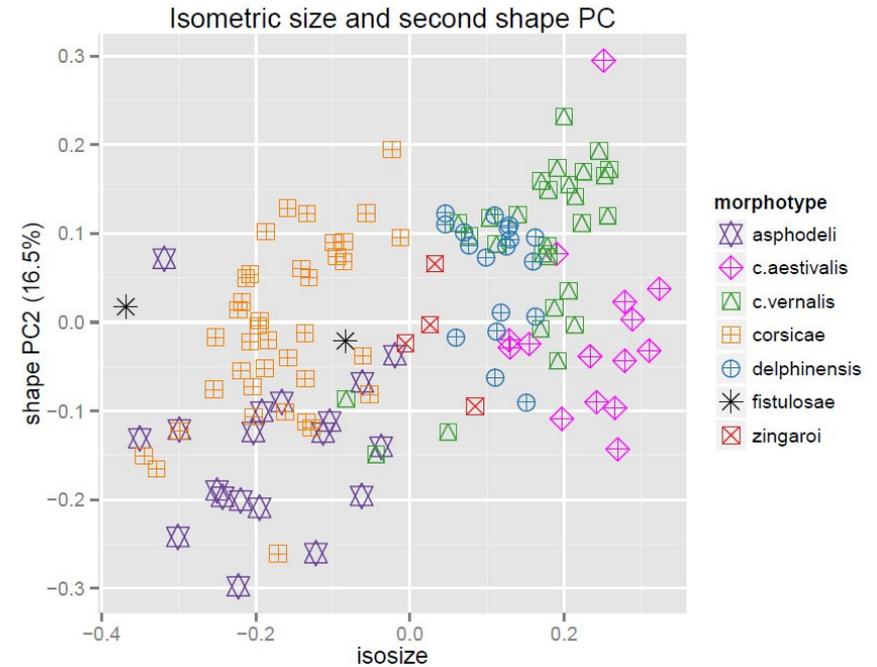
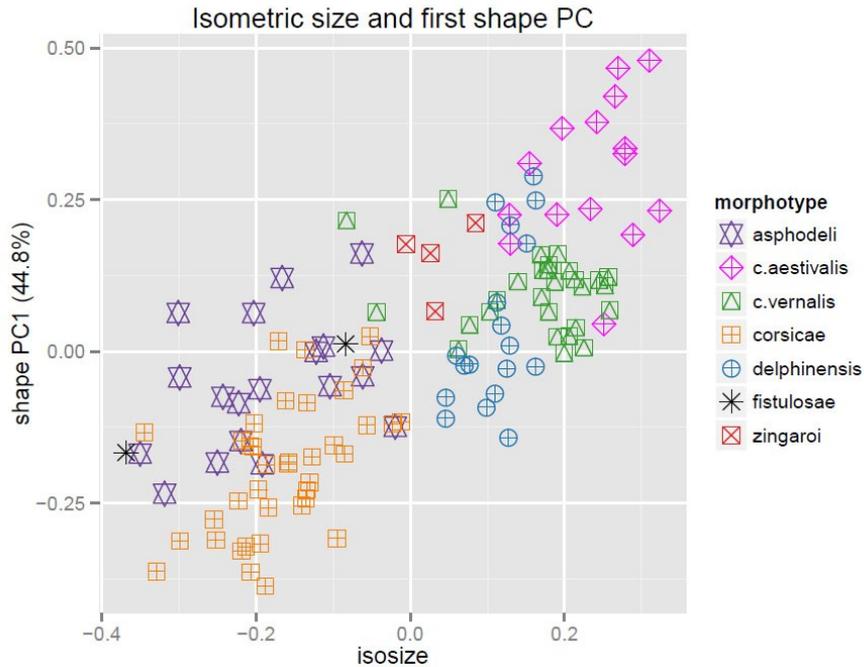


## Résultats de l'analyse morphométrique concernant *Eurytoma asphodeli*



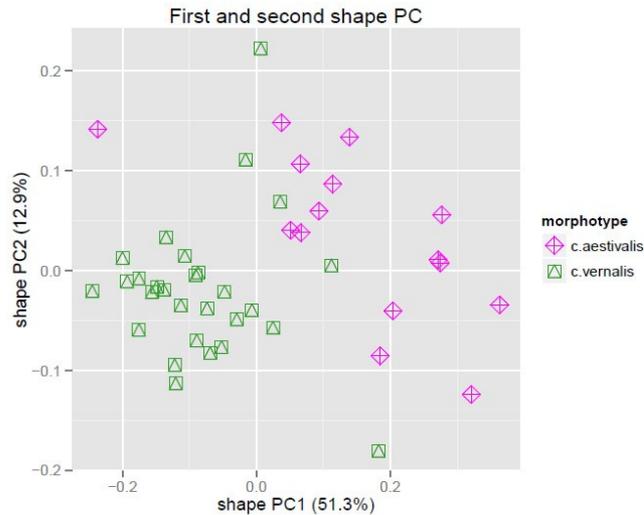
- Aucun des morphes définis initialement n'est individualisé, l'ensemble des spécimens étant regroupés
- On obtient des résultats différents de la première analyse (2012), sans doute sous l'effet d'un échantillonnage plus important (119 *versus* 51 spécimens)

## Résultats de l'analyse morphométrique concernant *Eurytoma asphodeli*

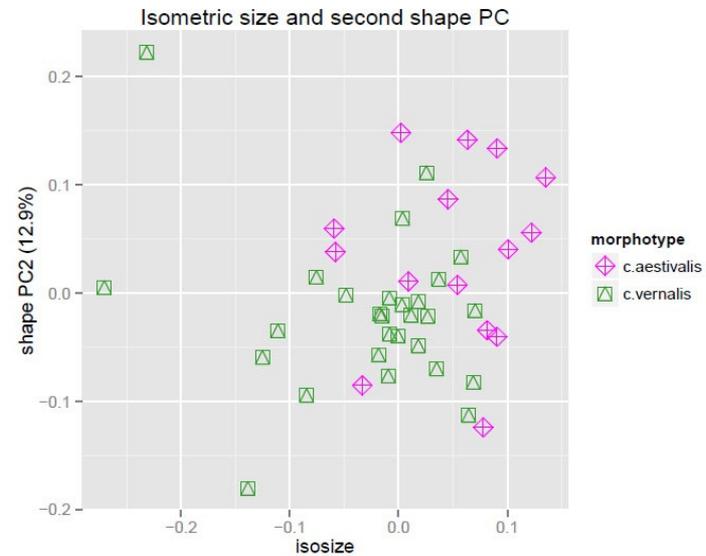
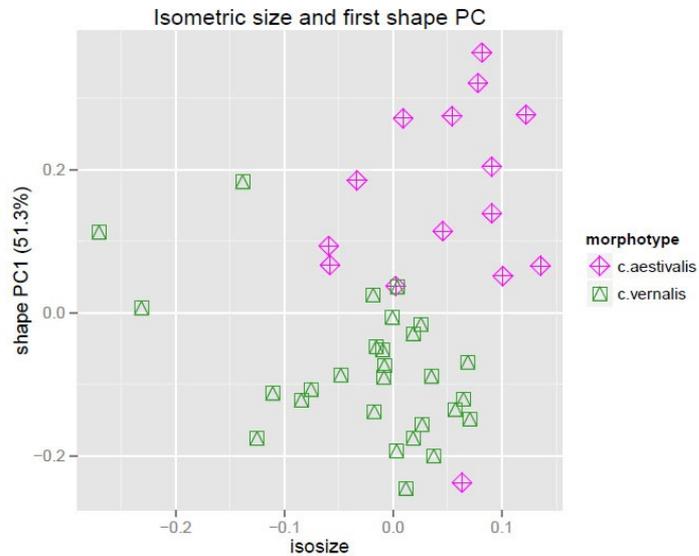


- La 1<sup>ère</sup> composante (PC1) présente une relation linéaire avec la taille (isosize), révélant un fort effet de l'allométrie
- La même relation est observée avec la PC2, mais lâche

## Résultats de l'analyse morphométrique concernant *Eurytoma asphodeli*



Effet du rang de la génération  
(printanière *versus* hivernale)

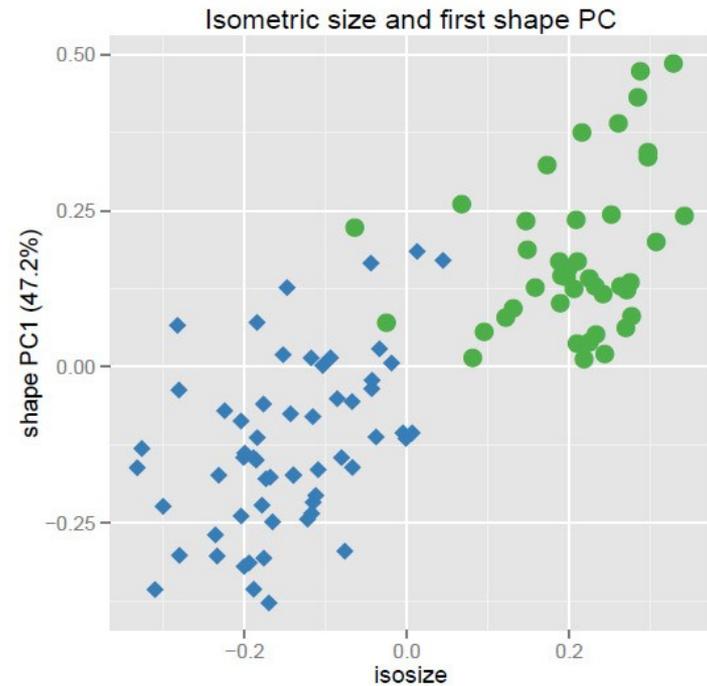
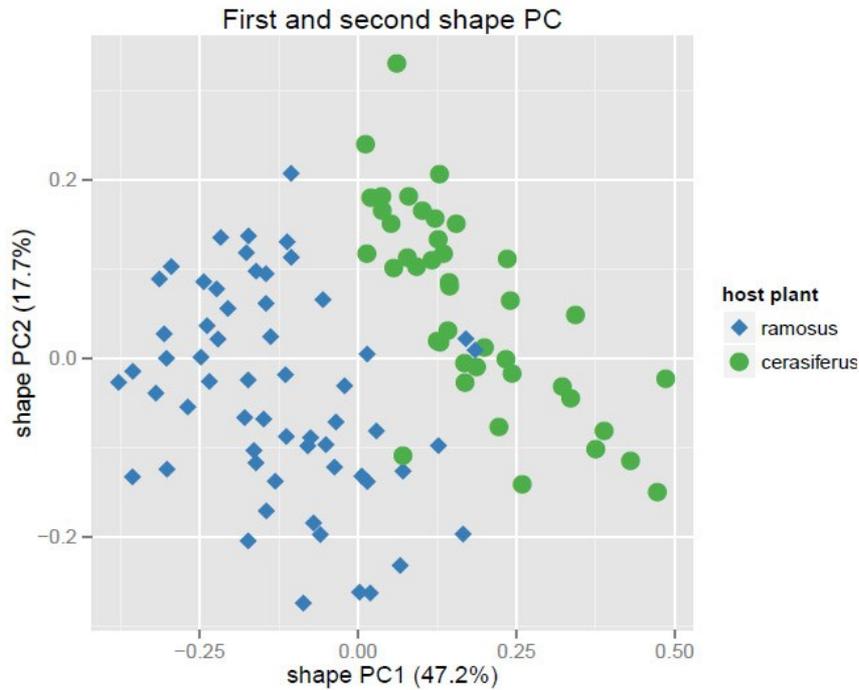


# Les Chalcidiens des Asphodèles :

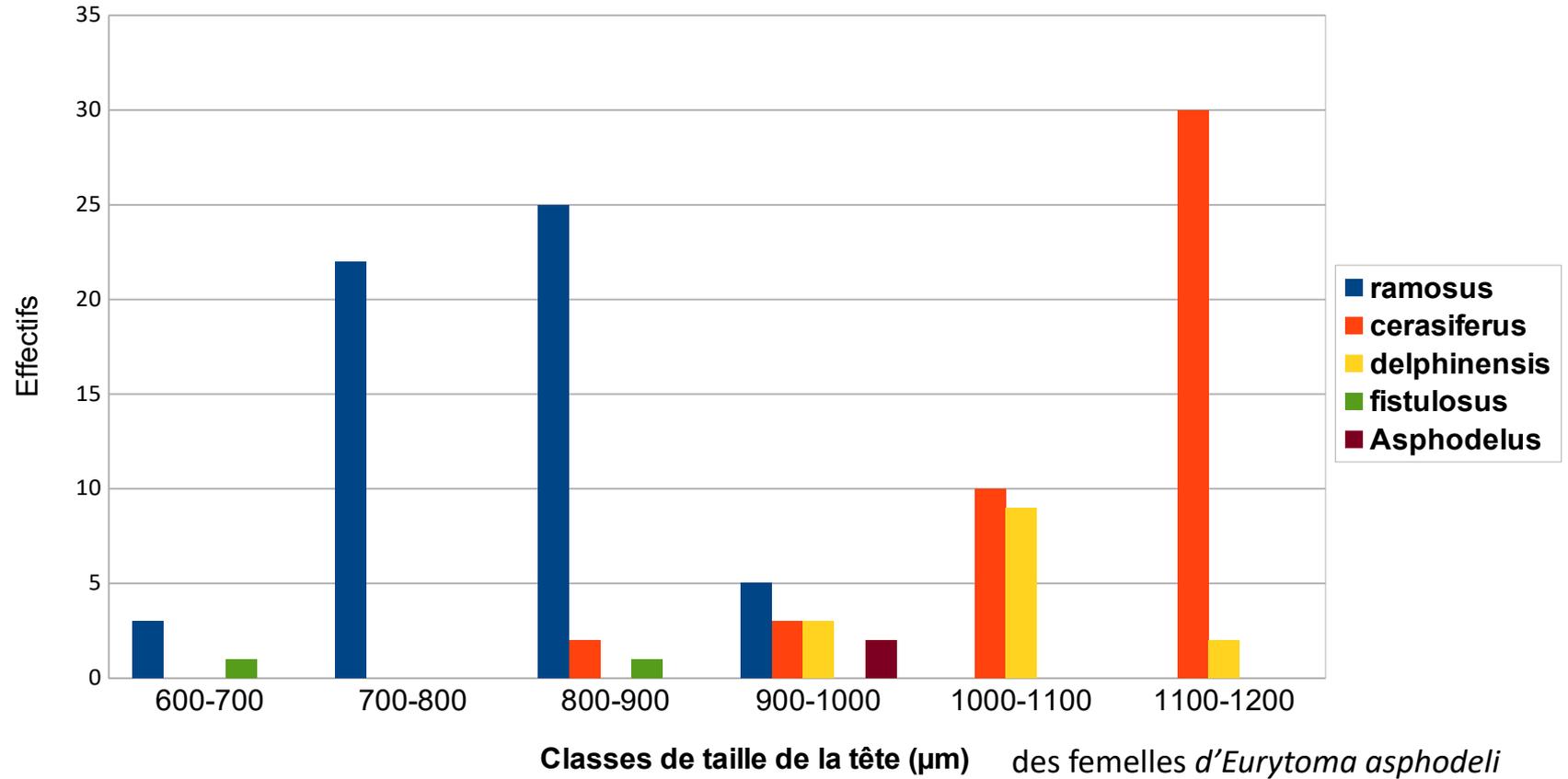
# La discrimination des Eurytomidae

Résultats de l'analyse morphométrique concernant *Eurytoma asphodeli*

Effet de l'espèce d'asphodèle : *A. ramosus* versus *A. cerasiferus*



Résultats de l'analyse morphométrique concernant *Eurytoma asphodeli*



# Les Chalcidiens des Asphodèles :

## La discrimination des Eurytomidae

- La plasticité morphologique chez *Eurytoma asphodeli* est en grande partie liée à la taille des individus :
- soit directement (tailles extrêmes dans un rapport de 1 à 2) ;
- soit indirectement via l'allométrie induite ;
- Le rang de la génération (printanière *versus* hivernale) a cependant un effet sur la forme ;
- L'effet de l'asphodèle sur la taille des *Eurytoma* provient lui-même de la variation de taille des capsules suivant les espèces car, en fin de développement, les eurytomides (*Bruchophagus* ou *Eurytoma*) occupent la totalité du volume interne des capsules ; leur taille est directement dépendante de celle-ci ;
- L'analyse morphométrique est en accord avec les résultats moléculaires ;
- Elle permet de surcroît de déterminer l'origine des facteurs épigénétique qui vont influencer la morphologie ;



# Les Chalcidiens des Asphodèles : Références

Exploring insect biodiversity: the parasitic Hymenoptera (Chalcidoidea and a few other Parasitica) associated with seeds of asphodels (Xanthorrhoeaceae), with the description of nine new species (Eurytomidae, Torymidae)

G. Delvare, A. Ribes Escolà, A. M. Stojanova, L. Benoit, J. Lecomte et R. R. Askew

Merci de votre attention

