

Faculté des Sciences - Université de Mons
Laboratoire de Zoologie

**Les abeilles aux longues antennes (Apidae,
Apinae, Eucerini) : Conservation, écologie et
distribution en Europe**

Mémoire de fin d'étude présenté par **Joffrey Thulier**

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Biologie des
Organismes et Écologie à finalité approfondie

Promoteur
Denis Michez

Co-promoteur
Guillaume Ghisbain

Année académique 2023 - 2024

Faculté des Sciences - Université de Mons
Laboratoire de Zoologie

**Les abeilles aux longues antennes (Apidae,
Apinae, Eucerini) : Conservation, écologie et
distribution en Europe**

Mémoire de fin d'étude présenté par **Joffrey Thulier**

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Biologie des
Organismes et Écologie à finalité approfondie

Promoteur
Denis Michez

Co-promoteur
Guillaume Ghisbain

Année académique 2023-2024

L'auteur, THULIER JOFFREY, atteste avoir respecté les règles éthiques en vigueur, y compris la charte de l'Université relative à l'utilisation de l'Intelligence Artificielle.

Remerciements

Je voudrais remercier en premier lieu le professeur Denis Michez de m'avoir permis d'intégrer son laboratoire. Également de m'avoir permis de participer à divers projets européens comme la liste rouge des Eucerini qui sont de formidable possibilité. Je tenais à le remercier de m'avoir permis de faire différentes missions pour collecter des spécimens qui m'ont offert de formidables souvenirs. Enfin, je tenais également à le remercier pour sa grande disponibilité, ses conseils avisés et sa gentillesse tout au long de cette année.

Ensuite, je voudrais remercier mon co-promoteur Guillaume Ghisbain avec qui ça a été un plaisir de travailler. Il m'a énormément apporté lors de ce mémoire grâce à sa grande disponibilité, ses conseils, les différentes discussions et son enthousiasme.

Je voudrais également remercier Dimitri Evrard, technicien du laboratoire de zoologie, d'avoir toujours excellemment répondu à nos besoins, pour l'aide apportée durant différentes tâches comme la collection de références ainsi que sa bonne humeur.

Je voudrais remercier Stephan Risch, spécialiste de référence des Eucerini d'Europe, pour sa disponibilité lors de la confection de la liste rouge. Ainsi que d'avoir apporté de nouvelles informations sur les espèces d'Eucerini, d'avoir corrigé les cartes et les fiches SIS.

Je voudrais remercier Achik Dorchin, spécialiste des Eucerini au laboratoire de zoologie, d'avoir identifié les individus que j'ai pu collecter et d'avoir été très disponible pour répondre à toutes mes interrogations concernant les Eucerini.

Je voudrais également remercier tous les taxonomistes qui m'ont aidé lors de la réalisation de la liste rouge.

Je voudrais remercier Ahlam Sentil pour sa gentillesse et sa grande disponibilité lors de la mesure de traits et de leur compilation.

Je voudrais remercier Jordan Benrezkallah et Natasha De Mannicor pour la réalisation des cartes de distribution.

Je voudrais remercier les autres doctorants et post doctorants du laboratoire de zoologie (W. Fiordaliso, S. Flaminio, A. Gekiere, M. Gerard, R. Le Divelec, K. Przybyla, S. Reverte P. Rosa, R. Santerre, C. Tourbez, T. Wood, *etc*) de m'avoir intégré dans ce formidable laboratoire.

Je voudrais remercier Pierre Rasmont pour ses cours passionnants qui m'ont poussé vers le laboratoire de zoologie et ses discussions passionnantes au sein de ce laboratoire.

Je voudrais remercier particulièrement tous les mémorants et stagiaires avec qui j'ai passé de très bons moments et qui ont rendu cette année formidable (Adrien, Amélie, Arthur, Audrey, Bastien, Charlotte, Dylan, Luca, Mélia, Rémi, Sarah, Shawn, Thierry, *etc*).

Enfin, je voudrais remercier mes amis et particulièrement Claudia, Elise, Jeanne, Laurane, Macha, Margot, Perrine, Sarah et Vittorio; ainsi que ma famille et ma magnifique filleule Liliana de m'avoir soutenu lors des bons comme des mauvais moments. Sans eux, je ne serais pas arrivé jusqu'ici et passé d'aussi bons moments.

Résumé

Nous vivons actuellement dans une période de déclin de la biodiversité principalement dû aux activités humaines. Malgré leur importance écologique et économique grâce à la pollinisation, les abeilles ne font malheureusement pas exception à ce déclin. Le déclin des populations d'abeilles est dû à différentes menaces anthropiques telles que la destruction et la fragmentation des habitats, le changement climatique, les xénobiotiques, les pollinisateurs domestiques et les espèces exotiques. Des plans d'action pour la conservation des espèces d'abeilles sont nécessaires. Malheureusement, la méconnaissance de ses abeilles ne permet pas la bonne mise en place de ses plans d'action. Une tribu d'abeilles particulièrement peu connue est celle des Eucerini. En effet, plus de 76 % des Eucerini d'Europe ont été catégorisées comme données insuffisantes (DD) dans la liste rouge des abeilles européennes de 2014. De plus, la taxonomie de la tribu des Eucerini est rendue difficile par la forte ressemblance morphologique entre les espèces. Ce travail de fin d'études s'inscrit dans plusieurs projets européens (ORBIT, SAFEGUARD) afin de mettre à jour la liste rouge des Eucerini d'Europe en 2024 et de déterminer les menaces pesant sur cette tribu. Ensuite, différents traits écologiques (lectisme et phénologie), géographiques (STI, SCI, EOO, AOO) et morphologiques (taille, pilosité) ont été collectés. Dans un premier temps, ces traits ont été mis en lien avec la taxonomie afin de différencier les genres et sous-genres des Eucerini. Ensuite, ces traits ont été mis en lien avec les statuts de conservation afin de déterminer les caractéristiques des espèces menacées.

La liste rouge européenne des Eucerini de 2024 a permis une grande amélioration des connaissances sur les espèces de cette tribu, seulement 3,6 % des espèces d'Eucerini ont été classées données insuffisantes dans cette liste rouge. La liste rouge des Eucerini a également permis de démontrer la bonne pérennité des Eucerini en Europe avec 81,8 % des espèces catégorisées comme préoccupation mineure (LC). Les traits écologiques et morphologiques permettent de mettre en évidence une différence de phénologie et de taille entre les genres. Le genre *Eucera* est plus grand et présente une phénologie plus précoce que le genre *Tetralonia*. Au niveau des sous-genres, la taille montre une différence significative. Le sous-genre *Eucera sensu stricto* est plus petit que les sous-genres *Cubitalia* et *Synhalonia*. Enfin, les traits géographiques et morphologiques ont permis de dégager une tendance des caractéristiques des espèces menacées ou qui pourrait l'être prochainement. Ces espèces ont tendance à être de plus grande taille, avoir une plus petite aire de répartition et être présentes dans des habitats avec un indice de continentalité plus grand. Ce mémoire a donc permis de mieux comprendre la taxonomie des Eucerini et les menaces qui pèsent sur elles afin de pouvoir mieux les conserver.

Abstract

We are currently living in a period of declining biodiversity, mainly due to human activity. Despite their ecological and economic importance through pollination, bees are unfortunately no exception to this decline. The decline in bee populations is due to various anthropogenic threats such as habitat destruction and fragmentation, climate change, xenobiotics, domestic pollinators and exotic species. Action plans for the conservation of bee species are needed. Unfortunately, a lack of knowledge about bees means that these action plans cannot be properly implemented. One particularly little-known bee tribe is the Eucerini. Indeed, more than 76% of Europe's Eucerini were categorized as Data Deficient (DD) in the 2014 Red List of European Bees. The taxonomy of the Eucerini tribe is made difficult by the strong morphological resemblance between species. This end-of-study work is part of several European projects (ORBIT, SAFEGUARD) aimed at updating the red list of European Eucerini in 2024 and determining the threats to this tribe. Then, various ecological (lectism and phenology), geographic (STI, SCI, EOO, AOO) and morphological (size, hairiness) traits were then collected. First, these traits were linked to taxonomy in order to differentiate the genera and subgenera of the Eucerini. Secondly, these traits were linked to conservation status in order to determine the characteristics of endangered species.

The 2024 European Red List of Eucerini has greatly improved our knowledge of the species in this tribe, with only 3.6% of Eucerini species classified as Data Deficient in this Red List. The Red List of Eucerini also demonstrates the long-term survival of Eucerini in Europe, with 81.8% of species categorized as being of minor concern (LC). Ecological and morphological traits reveal differences in phenology and size between genera. The *Eucera* genus is larger and has an earlier phenology than the *Tetralonia* genus. At the subgenus level, only size shows a difference. The *Eucera* subgenus is smaller than the *Cubitalia* and *Synhalonia* subgenus. Finally, the geographical and morphological features have enabled us to identify a trend in the characteristics of species that are threatened or could become so in the near future. These species tend to be larger, have smaller ranges and occur in habitats with a higher continental index. This dissertation has therefore helped us to better understand the taxonomy of the Eucerini and the threats they face, so that we can better conserve them.

Abréviations

AOO : Area of occupancy / aire d'occupation

°C : degré celsius

EOO : Extent of occurrence / étendue de l'occurrence

ITD : inter-tegular distance / distance inter-tégulaire

IUCN : International Union for Conservation of Nature / Union internationale pour la conservation de la nature.

Statuts de conservation :

- **CR** : Critically Endangered / En danger critique
- **DD** : Data Deficient / Données insuffisantes
- **EN** : Endangered / En danger
- **LC** : Least Concern / Préoccupation mineure
- **NA** : Non Applicable / Non applicable
- **NE** : Not Evaluated / Non évalué
- **NT** : Near Threatened / Quasi-menacé
- **VU** : Vulnerable / Vulnérable

km : kilomètre

km² : kilomètre carré

mL : millilitre

mm : millimètre

mm² : millimètre carré

SCI : Species continentality index / indice de continentalité spécifique

SIS : Species information service / Service d'information sur les espèces (plateforme de l'IUCN)

STI : Species temperature index / indice de température spécifique

THS : Thermal heat stress / stress thermique

UTM : Universal Transverse Mercator / Transverse universelle de Mercator

Table des matières

Remerciements

Résumé

Abstract

Abréviations

I. Introduction	1
1. Biologie de la conservation	1
2. Abeilles	2
a) Apparition et diversité des abeilles	2
b) Cycle de vie	3
c) Importance écologique et économique	4
d) Menaces	4
e) Caractéristiques des abeilles menacées	7
3. La tribu Eucerini Latreille, 1802	9
a) Généralités	9
b) Taxonomie	10
c) Ecologie	12
II. Objectifs et questions biologiques	15
III. Matériel et méthode	17
1. Mise à jour de la Liste rouge européenne des Eucerini	17
a) Réalisation de cartes	17
b) Actualisation des fiches d'information spécifiques de la liste rouge	19
c) Évaluation des catégories IUCN de la liste rouge des Eucerini d'Europe	19
2. Collecte de traits éco-géo-morphologiques	21
a) Traits écologiques	21
b) Traits géographiques	21
c) Traits morphologiques	22
d) Trait physiologique	25
3. Statistiques	26
a) Caractéristiques des taxons européens d'Eucerini	27
b) Caractéristiques des Eucerini menacées en Europe	27
c) Variation des traits éco-géo-morphologiques chez les Eucerini européennes ...	27
IV. Résultats	29
1. Mise à jour de la liste rouge européenne des Eucerini	29
2. Mesures de traits éco-géo-morphologiques	31

a) Traits écologiques.....	31
b) Traits géographiques	32
c) Traits morphologiques	32
3. caractéristiques des taxons européens d'Eucerini	34
a) Caractéristiques des genres européens d'Eucerini	34
b) Caractéristiques des <i>sous-genres</i> européens d' <i>Eucera</i>	36
4. Caractéristiques des Eucerini menacées en Europe	36
5. Variations des traits éco-géo-morphologiques chez les Eucerini européennes	37
V. Discussion	41
1. Statut de conservation des Eucerini européennes.....	41
2. Mesures des traits éco-géo-morphologiques	44
a) Traits écologiques.....	44
b) Traits géographiques	45
c) Traits morphologiques	45
3. Caractéristiques des taxons européens d'Eucerini	46
a) Caractéristiques des genres européens d'Eucerini	46
b) Caractéristiques des sous-genres européens d' <i>Eucera</i>	48
4. Caractéristiques des Eucerini menacée en Europe	48
a) Indice de continentalité (STI)	48
b) Étendue d'occurrence (EOO)	49
c) Taille	50
d) Traits non significatifs.....	50
5. Stress thermique (THS).....	52
6. Critiques et perspectives	53
a) Liste rouge	53
b) Traits géographiques, morphologiques et physiologiques.....	54
c) Conservation.....	55
VI. Conclusion	57
VII. Bibliographie.....	59
VIII. Annexes	73

I. Introduction

1. Biologie de la conservation

Nous vivons actuellement dans une période de déclin critique de la vie sauvage. Cette régression est d'une telle ampleur qu'une partie de la communauté scientifique qualifie la situation écologique actuelle de sixième extinction de masse (Boulanger *et al.*, 2020 ; Godet *et al.*, 2023). Cette crise de la biodiversité est principalement due à l'activité humaine qui modifie les écosystèmes, à tel point qu'une nouvelle période géologique a été décrite : l'Anthropocène (Federau, 2017 ; Magny, 2021) même si celle-ci reste controversée (Quenet, 2017 ; Fressoz, 2020). Face à ce constat alarmant, plusieurs nouvelles disciplines scientifiques ont vu le jour depuis les années 1960 afin de préserver les habitats naturels (Mathevet & Poulin, 2006). L'une d'entre elles, la biologie de la conservation, est une science multidisciplinaire et intégrée répondant aux problématiques de préservation des espèces et des écosystèmes (Primack *et al.*, 2012).

En réponse au déclin de la biodiversité, les listes rouges de l'IUCN (International Union for Conservation of Nature) constituent l'un des outils principaux pour la conservation des espèces sauvages. Elles regroupent toutes les informations connues sur l'écologie, la distribution, les menaces et la conservation des espèces et les classent dans différentes catégories selon le risque d'extinction qui pèse sur elles en fonction de différents critères. Ces derniers incluent l'aire de répartition, la dynamique des populations et les menaces. Ces critères doivent être non-ambigus tout en étant flexibles pour pallier à d'éventuelles incertitudes associées aux évaluations de risques (Butchart *et al.*, 2007 ; Schmidt *et al.*, 2023). Les listes rouges ne prennent en compte que les populations d'espèces sauvages. Les espèces erratiques ou se reproduisant occasionnellement sans populations stables sur le territoire évalué par une liste rouge ne sont pas éligibles à l'évaluation et sont classées dans la catégorie "non applicable" (NA) (Gärdenfors *et al.*, 2001). Les informations comprises dans les listes rouges permettent de mettre en place des programmes visant à leur conservation et/ou à leur rétablissement, qu'elles soient menacées ou non. Les premières listes rouges se sont portées sur des animaux bien connus du grand public, principalement les grands mammifères et les oiseaux. Actuellement, les listes rouges classifient une grande partie des clades, indépendamment de l'intérêt que leur porte les non-scientifiques. Toutefois, un biais persiste en raison du manque de connaissances sur les espèces peu étudiées (Rodrigues *et al.*, 2006). Parmi les groupes qui demandent une attention particulière pour les

listes rouges, notamment en Europe, se trouve celui des abeilles sauvages. En effet, 9,2 % des abeilles ont été classées comme menacées ou quasi menacées dans la première liste rouge européenne des abeilles (Nieto *et al.*, 2014). Malgré l'importance écologique indéniable de ces pollinisateurs dans les écosystèmes naturels et agricoles, le manque de connaissances sur les abeilles sauvages compromet leur conservation : 56,7 % d'entre elles sont aujourd'hui classées comme données insuffisantes (DD) dans cette même liste rouge (Nieto *et al.*, 2014).

2. Abeilles

a) Apparition et diversité des abeilles

Les abeilles sont des insectes dont l'origine remonte au Crétacé, entre - 100 et -120 millions d'années. Les abeilles et les Angiospermes ont coévolué, ce qui a permis une radiation globale de ces deux clades (Cardinal & Danforth, 2013 ; Dorchin *et al.*, 2021). D'un point de vue phylogénétique, les abeilles dérivent de guêpes carnivores mais se sont différenciées d'un point de vue comportemental et anatomique en adoptant une alimentation végétarienne et en développant une morphologie adaptée à la collecte de ressources florales (Danforth, 2007).

Les abeilles constituent aujourd'hui un clade d'hyménoptères très diversifié. Plus de 20 000 espèces ont été décrites à l'échelle mondiale, soit trois fois plus que les mammifères (6 500 espèces) et deux fois plus que les oiseaux (environ 10 000 espèces) (Haffner, 2020 ; Callaghan *et al.*, 2021). À l'échelle européenne, plus de 2 000 espèces d'abeilles classées en 6 familles (Andrenidae, Apidae, Colletidae, Halictidae, Melittidae, Megachilidae) (Figure 1) (Ghisbain, Rosa *et al.*, 2023).

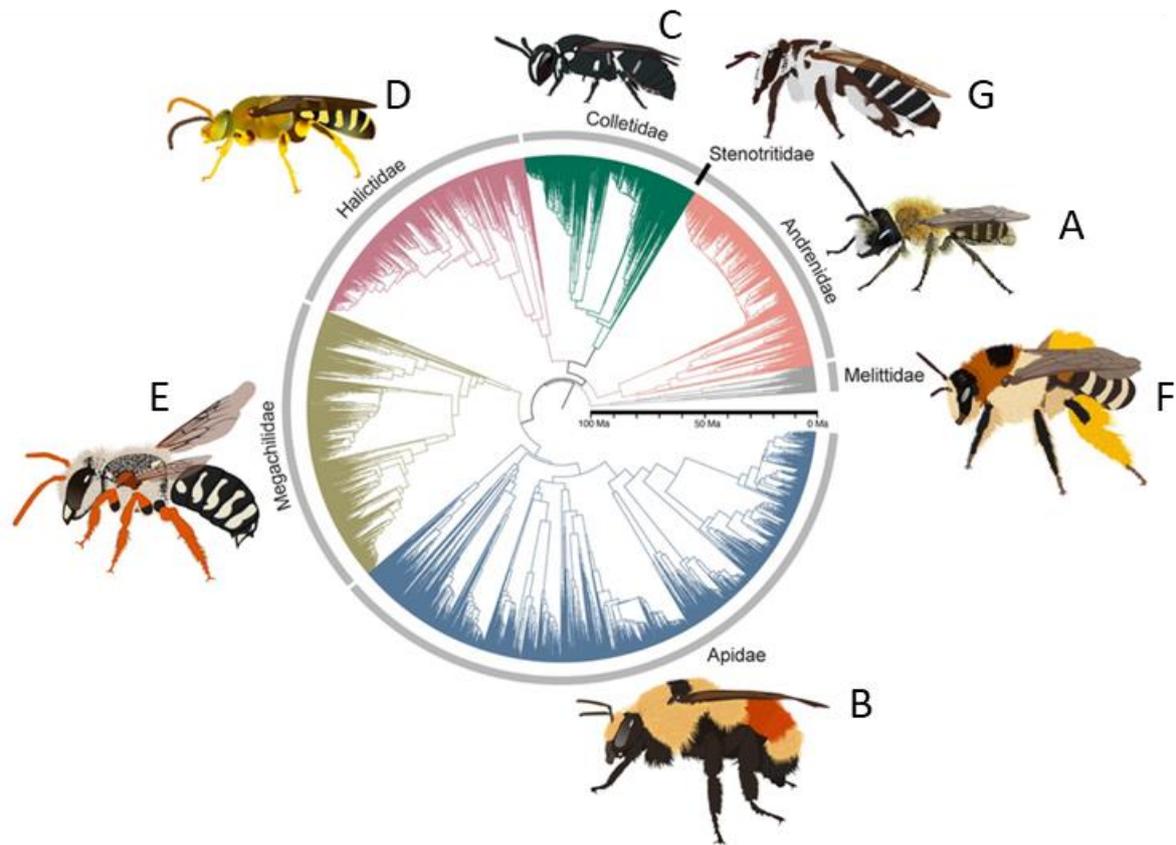


Figure 1 : Super matrice de la phylogénie des abeilles. Les représentants des familles sont *Andrena fulva* Warncke, 1974 pour les Andrenidae (A), *Bombus huntii* Greene, 1860 pour les Apidae (B), *Hylaeus affinis* (Smith, 1853) pour les Colletidae (C), *Agapostemon texanus* Cresson, 1872 pour les Halictidae (D), *Anthidium chilense* Spinola, 1851 pour les Megachilidae (E), *Dasygaster hirtipes* (Fabricius, 1793) pour les Melittidae (F) et *Ctenocolletes nigricans* Houston, 1985 pour les Stenotritidae (famille australienne) (G). Figure provenant de *Henríquez-Piskulich et al. (2024)*.

b) Cycle de vie

Les abeilles sauvages sont majoritairement solitaires et terricoles (Michez *et al.*, 2019). Les femelles creusent généralement leurs nids à la verticale dans un sol plat et pondent leurs œufs dans chaque cellule du nid. Les œufs fécondés (diploïdes) se développent en femelles, tandis que les œufs non fécondés (haploïdes) se développent en mâles. Ce sont les mâles qui sont pondus en dernier : ils sont ainsi plus proches de la sortie et émergent par conséquent avant les femelles (Michener, 2007 ; Michez *et al.*, 2019). La larve issue de l'œuf se nourrit de pain de pollen (mélange de pollen et de nectar) préalablement préparé par la femelle génitrice. Les larves diploïdes reçoivent souvent plus de ressources alimentaires, rendant les femelles généralement plus grosses que les mâles (Chauzat *et al.*, 2006). Dans la plupart des cas, la larve construit un cocon de soie qui l'entoure pendant sa transformation en puppe – l'équivalent de la chrysalide chez les papillons. C'est cette puppe qui rentre en diapause durant la mauvaise saison avant

d'émerger à la bonne saison, selon la phénologie de l'espèce (Michener, 2007 ; Michez *et al.*, 2019). Une fois l'adulte émergé, celui-ci peut se reproduire, initiant ainsi un nouveau cycle de vie (Michener, 2007).

c) Importance écologique et économique

Les abeilles sont des insectes critiques pour le fonctionnement des écosystèmes et pour les sociétés humaines au travers de la pollinisation des plantes à fleurs (Michener, 2007). La pollinisation consiste au transport, par un agent ou un vecteur, du pollen venant des anthères d'une fleur vers le stigmate d'une autre fleur de la même espèce (Ollerton, 2021). On estime actuellement que plus de 75 % de la flore sauvage des régions tempérées dépend de la pollinisation animale, et principalement celle effectuée par les abeilles (Ollerton *et al.*, 2011).

Les abeilles sont également des pollinisateurs essentiels des plantes cultivées par l'homme. Elles sont impliquées dans la pollinisation de 60 à 70 % des Angiospermes et par conséquent dans la production de fruits et de graines. La pollinisation de ces plantes augmente le rendement et la qualité des récoltes : les fruits sont par exemple plus gros et présentent moins de déformations s'il y a eu pollinisation (Kwapong *et al.*, 2010 ; Klatt *et al.*, 2014 ; Khalifa *et al.*, 2021). La valeur économique de la pollinisation dans le monde est estimée à plus de 150 milliards d'euros pour l'année 2005, représentant environ 10 % de la valeur mondiale des cultures destinées à l'homme. De plus, les pollinisateurs, principalement les abeilles, sont nécessaires à la reproduction de plus de 85 % des plantes cultivées en Europe (Gallai *et al.*, 2009).

Chez les abeilles, les principaux pollinisateurs de plantes à fleurs sont les femelles des espèces non parasites. Ces femelles ont tendance à présenter plus de poils que les espèces parasites et visitent davantage de fleurs pour se nourrir et nourrir leurs larves. Une partie du pollen collecté est stocké au niveau de structures morphologiques spécialisées (scopa ou corbeille) pour être ensuite libéré pour nourrir les larves. Une autre partie du pollen reste accidentellement collée sur le corps de l'abeille, et c'est ce pollen qui reste disponible à la pollinisation (Ne'eman *et al.*, 2006 ; Michener, 2007, Roswell *et al.*, 2019).

d) Menaces

Malgré l'importance écologique et économique des abeilles, différents facteurs provoquent le déclin de leurs populations dans de nombreuses régions du monde (Lima *et al.*, 2022). Les pressions principales sous-jacentes au déclin des abeilles sauvages sont les suivantes:

- 1) La **destruction et la fragmentation des habitats**, largement dues à l'agriculture intensive et à l'urbanisation (Thompson & Ronce, 2010 ; Scanes, 2018). L'agriculture intensive s'est largement développée après la Seconde Guerre mondiale avec l'arrivée des engrais et pesticides ainsi que le développement d'une pratique agricole : la monoculture. Ces changements de pratique ont eu pour conséquence une augmentation de la production agricole tout en diminuant les prix (Dorneanu, 2017). En revanche, l'agriculture intensive a rapidement mené à une réduction drastique de la qualité et de la quantité d'habitats disponibles à la vie sauvage, et entre autres à la diminution de la diversité florale et des ressources florales disponibles pour les abeilles (Decourtye *et al.*, 2010 ; Rollin *et al.*, 2013). Une autre pratique agricole mettant en danger les habitats est le surpâturage. La végétation est directement impactée par le broutage et le piétinement des herbivores. La composition végétale peut être influencée, les plantes peu ou pas sélectionnées par les herbivores deviendront plus riches au détriment des plantes les plus consommées. De plus, le surpâturage peut également éroder les sols, réduisant leur fertilité (Mysterud, 2006 ; Sartorello *et al.*, 2020). L'urbanisation, quant à elle, réduit l'espace disponible pour la vie sauvage en créant de vastes zones de sol imperméable, plus de 80 % des centres-villes aux États-Unis sont couverts de trottoirs et de bâtiments (McKinney, 2008). Cette réduction de l'espace provoque la diminution du nombre de sites de nidification potentiels et de ressources alimentaires disponibles pour les abeilles (Rollin, 2013 ; Buchholz *et al.*, 2020).
- 2) Le **changement climatique** se manifeste par une augmentation des températures globales (Jactel *et al.*, 2019). Les températures mondiales de surface entre 2001 et 2020 étaient plus élevées de 1,1°C comparé à celles entre 1850 et 1900 (Kocsis *et al.*, 2024). Ces augmentations de température provoquent des changements phénologiques des plantes hôtes aux abeilles, des perturbations dans le comportement des abeilles et des altérations des aires de répartition des différentes espèces (Soroye *et al.*, 2020 ; Yang *et al.*, 2021 ; Kougioumoutzis *et al.*, 2020 ; Walters *et al.*, 2022). Le changement climatique se manifeste également par l'augmentation de la fréquence, de la durée et de l'intensité de phénomènes climatiques tels que les sécheresses, les vagues de chaleur, les incendies et les inondations (Jactel *et al.*, 2019 ; Constans-Lesne, 2024). Une étude récente suggère que les vagues de chaleur devraient être deux fois plus fréquentes dans les prochaines années en Europe centrale (Lhotka *et al.*, 2018). Ces vagues de chaleur provoquent des modifications physiologiques et comportementales pouvant mener soit à la mort d'une abeille, soit à des effets sublétaux – c'est à dire qui n'induisent pas la mort directement (Foucart, 2019) – qui sont pour l'heure encore peu explorés (Martinet *et al.*, 2021a).

- 3) Les **xénobiotiques**, définis comme des molécules non produites par un organisme mais pouvant se trouver dans celui-ci, constituent également un exemple de menace grandissante pour les abeilles. Ils comprennent les plastiques, pesticides, métaux lourds, entre autres composés potentiellement délétères pour la physiologie des organismes sauvages (Jamin, 2022). Ceux-ci peuvent avoir des effets létaux, mais aussi sublétaux. Les impacts néfastes des xénobiotiques incluent des problèmes de développement et d'alimentation larvaires, des dégâts sur le système nerveux (avec des impacts potentiels sur la locomotion, la recherche de nourriture ou encore la mémoire), ou encore une diminution de l'efficacité du système immunitaire. Ces effets peuvent cependant varier en fonction de l'écologie de l'espèce ou même du sexe de l'individu (Sgolastra *et al.*, 2020 ; Anderson & Harmon-Threatt, 2021 ; Iwasaki & Hogendoorn, 2021).
- 4) Les **pollinisateurs domestiques** constituent une autre menace de taille : ils transmettent leurs pathogènes par *spillover*, c'est-à-dire par effet de débordement sur les organismes sauvages (Colla *et al.*, 2006 ; Clark *et al.*, 2018). Les pollinisateurs domestiques induisent également une pression de compétition alimentaire. *Apis mellifera*, l'abeille domestique, est par exemple utilisée au travers du globe pour la pollinisation des cultures et la confection de miel. Le nombre de ruches d'abeilles domestiques a augmenté de façon exponentielle au cours de ces dernières années, principalement en Méditerranée où certaines communautés d'abeilles sauvages sont progressivement remplacées par *A. mellifera* (Paini, 2004 ; Lázaro *et al.*, 2021). *Bombus terrestris* est une autre abeille domestiquée et élevée à grande échelle pour l'agriculture, posant des dangers équivalents pour les abeilles sauvages que l'abeille mellifère.
- 5) En plus des espèces domestiques, les **espèces exotiques** constituent une cause de déclin des abeilles. Ils peuvent augmenter les pressions liées à la compétition interspécifique ou la prédation, altérer les réseaux de pollinisation et diffuser des agents pathogènes (Da Silva *et al.*, 2021). La compétition interspécifique peut s'exercer sur les ressources florales et les sites de nidification. Par exemple, aux États-Unis, la Mégachile géante *Megachile sculpturalis* Smith, 1853 a été observée chassant l'abeille charpentière *Xylocopa virginica* (Linnaeus, 1771) de son nid avant de le vider (Le Féon *et al.*, 2021). Les plantes exotiques, parfois invasives, peuvent également impacter les communautés d'abeilles en diminuant l'abondance et la diversité des plantes locales. Les plantes invasives peuvent se montrer plus attractives pour les abeilles que les plantes indigènes, entraînant des modifications des communautés végétales et des réseaux de pollinisation (Stout & Morales, 2009).

Ces différentes menaces n'agissent pas de manière indépendante sur les abeilles, l'impact d'une menace pouvant amplifier celles d'une autre. L'urbanisation, par exemple, augmente les

températures locales en créant des îlots de chaleur, ces îlots de chaleur sont notamment créés par l'absorption des rayonnements solaires par les matériaux artificiels (Mirzaei, 2015 ; Chapman *et al.*, 2017). L'urbanisation favorise également les espèces invasives : alors que de plus en plus d'hôtels à insectes sont construits dans les villes, ils facilitent l'expansion d'abeilles invasives dont notamment la Mégachile géante *M. sculpturalis* (Geslin *et al.*, 2020 ; Ghisbain *et al.*, 2021a). Le changement climatique peut favoriser certaines espèces exotiques qui ont une tolérance thermique plus élevée, une plus grande résistance au froid, à la dessiccation ou au manque de nourriture (Da Silva *et al.*, 2021). Les températures plus élevées, quant à elles, augmentent la sensibilité des abeilles aux xénobiotiques. En effet, les hivers plus doux provoquent une perte de poids chez les abeilles, avec une consommation de lipides plus rapide. Or les corps adipeux jouent un rôle dans la détoxification de ces polluants (Albacete *et al.*, 2023).

Certaines espèces peuvent également répondre positivement aux menaces citées plus haut. C'est le cas notamment de certaines espèces en expansion. L'expansion de ces espèces peut s'expliquer par différents processus. Le changement climatique peut être bénéfique pour plusieurs espèces notamment car les hivers sont plus doux (Ghisbain *et al.*, 2021a). C'est également le cas de l'urbanisation qui ouvre les habitats et crée de nouvelles possibilités de nidifications (Neel *et al.*, 2012 ; Ghisbain *et al.*, 2021a). Les transports humains peuvent également faciliter l'expansion de certaines espèces (Aizen *et al.*, 2020 ; Ghisbain *et al.*, 2021a).

e) Caractéristiques des abeilles menacées

Toutes les espèces ne sont pas sensibles de la même manière face aux différentes menaces anthropiques. Des facteurs écologiques, géographiques ou morphologiques peuvent affecter la sensibilité des espèces aux différentes pressions auxquelles elles font face. En voici une liste représentative mais non-exhaustive :

- 1) Le **lectisme**, défini comme la faculté des abeilles à utiliser les ressources florales (Flamion, 2021), est un des facteurs pouvant influencer la résistance des abeilles aux menaces. Les abeilles oligolectique, spécialisées sur la récolte du pollen d'un groupe de plantes, sont plus sensibles à la diminution de ressources que les abeilles polylectiques, aussi appelées 'généralistes' dans leurs choix floraux. Les abeilles oligolectiques sont limitées dans leurs choix floraux et peuvent ne pas trouver d'alternative en cas de manque de nourriture ; elles sont par conséquent plus fragiles à l'altération des habitats. Les abeilles oligolectiques sont également plus sensibles à l'expansion des espèces invasives, principalement celles sur lesquelles les abeilles spécialisées ne peuvent pas se nourrir (Greenleaf *et al.*, 2007 ; Stout & Morales 2009 ; Williams *et al.*, 2010).

- 2) Le **type de nidification** impacte directement la sensibilité des abeilles aux différentes menaces. Les nids des espèces terricoles, construits dans le sol, protègent les œufs et les juvéniles de certains phénomènes climatiques extrêmes tels que des incendies et des ouragans (Harmon-Threatt, 2020). À l'inverse, les espèces terricoles sont plus affectées par le labourage alors que les espèces nichant hors du sol sont plus impactées par les techniques de défrichage (Williams *et al.*, 2010).
- 3) La **socialité** impacte également la sensibilité des abeilles aux différentes menaces. Les espèces sociales sont plus sensibles à certaines techniques agricoles comme le labourage que les abeilles solitaires. Les abeilles sociales sont plus sensibles aux pesticides que les espèces solitaires à cause de la bioaccumulation (Winfree *et al.* 2009 ; Williams *et al.*, 2010). Les abeilles sociales sont également plus compétitives au niveau alimentaire que les abeilles solitaires. La communication entre des abeilles d'un même nid améliore l'efficacité de la recherche de nourriture (Kendall *et al.*, 2022).
- 4) Le **mode de vie parasite** peut également être menacé car l'espèce parasite dépend de l'état des populations de son hôte, surtout si l'abeille parasite est spécialisée sur le parasitisme d'une seule espèce (Franzén & Nilsson, 2013 ; Rasmussen *et al.*, 2022).
- 5) L'**étendue de l'aire de répartition**, le **nombre de populations et les effectifs** d'une espèce influencent la capacité de l'abeille à survivre à des conditions extrêmes. Si l'espèce présente une petite aire de répartition ou que sa population est petite, elle aura une probabilité plus grande de s'éteindre en cas de changements climatiques ou environnementaux (Işik, 2011 ; Ghisbain *et al.*, 2021b). Les petites populations sont également plus sensibles aux xénobiotiques car elles présentent moins de variation génétique et donc un potentiel d'adaptation moins important (Colla *et al.*, 2006 ; Zayed, 2009).
- 6) La **capacité d'une espèce à se disperser** et à coloniser de nouveaux habitats augmente sa capacité à survivre, notamment aux changements graduels de température. Certaines espèces ont démontré une capacité à migrer vers des latitudes et altitudes plus hautes en réponse au réchauffement climatique (Angert *et al.*, 2011, Kerr *et al.*, 2015). Les espèces avec une fécondité élevée, une reproduction précoce et se reproduisant plusieurs fois par an, ont plus de probabilité de pouvoir coloniser de nouveaux territoires (Angert *et al.*, 2011 ; Ghisbain *et al.*, 2021a). Les abeilles oligolectiques sont quant à elles limitées dans leur dispersion et la taille de leur population en raison d'une probabilité plus faible de trouver des ressources alimentaires (Zayed, 2009).
- 7) La **taille** est également un facteur influençant la résistance aux menaces. Les abeilles de grande taille sont plus sensibles à la diminution des ressources car elles ont besoin de plus de pollen pour nourrir leurs larves. Une grande taille permet cependant aux abeilles

de parcourir de plus grandes distances pour trouver de la nourriture, les rendant ainsi moins sensibles à la fragmentation des habitats (Greenleaf *et al.*, 2007 ; Williams *et al.*, 2010 ; Nooten & Rehan, 2020). La taille d'une abeille peut également avoir un impact sur la capacité à résister au changement climatique. En effet, les abeilles de grosses tailles sont plus sensibles à la chaleur car un individu de grande taille garde plus sa chaleur corporelle alors qu'un individu de petite taille est capable de se refroidir plus rapidement (Bergmann, 1848 ; Pereboom & Biesmeijer, 2003 ; Chole *et al.*, 2019). Cependant, ces insectes de grande taille auront une température critique maximale plus élevée (Barrett *et al.*, 2023 ; Jones *et al.*, 2024). Il a également été démontré que les abeilles de petite taille subissent moins de compétition avec *Apis mellifera* (Goulson & Sparrow, 2009) et sont plus résistantes aux xénobiotiques que les abeilles de grosse taille (Arena & Sgolastra, 2014 ; Lourencetti *et al.*, 2023).

- 8) De multiples autres traits d'histoires de vie peuvent être cités. La **couleur de l'insecte**, par exemple, peut impacter sa résistance à la chaleur. Les abeilles foncées sont généralement plus résistantes aux températures froides mais moins aux températures froides, et celles plus claires ont plutôt tendance à mieux résister au chaud (Pereboom & Biesmeijer, 2003). Enfin, la **pilosité** joue également un rôle d'isolant thermique. Les abeilles poilues sont plus négativement impactées par des hautes températures et sont donc plus sensibles au réchauffement climatique (Roquer-Beni *et al.*, 2020).

3. La tribu Eucerini Latreille, 1802

a) Généralités

Les Eucerini forment une tribu d'abeilles sauvages d'assez grande taille et fortement poilues, composée en Europe des genres *Eucera* Scopoli, 1770 et *Tetralonia* Spinola, 1839. Les Eucerini trouvent leur origine à la fin de l'Eocène dans le Néarctique, et ont par la suite élargi leur aire de distribution à 2 reprises dans le Paléarctique (Dorchin *et al.*, 2018). Il s'agit d'une des tribus les plus diversifiées de la famille des Apidae, avec environ 780 espèces décrites réparties à travers le monde (à l'exception de l'Australie et de l'Antarctique). En Europe, leur distribution est principalement concentrée dans la région méditerranéenne (Dorchin *et al.*, 2018).

Les Eucerini sont facilement distinguables des autres abeilles par les très longues antennes des mâles qui sont couvertes de récepteurs olfactifs permettant de détecter les signaux chimiques des femelles (Streinzer *et al.*, 2013 ; Danforth *et al.*, 2019 ; François & Le Féon, 2020).

Ces longues antennes servent également durant l'accouplement : les mâles enroulent les antennes des femelles avec les leurs et les caressent de bas en haut (Figures 2,A, B)(Michez *et al.*, 2019).



Figure 2 : Copulation d'abeilles du genre *Eucera*. Le mâle (sur la droite) d'eucère enlace les antennes de la femelle avec ses propres antennes (A) puis les caresse de bas en haut (B). Photos issues de la chaîne youtube de Karla Thompson.

b) Taxonomie

Historiquement, la taxonomie des genres au sein de la tribu des Eucerini a été rendue complexe dû à la grande ressemblance morphologique entre les espèces du groupe. Michener (2007) reconnaissait 4 genres d'Eucerini en Europe : *Eucera*, *Tetralonia*, *Tetraloniella* et *Cubitalia*. Dorchin (2019) regroupe ensuite toutes les Eucerini sous le genre *Eucera* avant de rétablir, plus récemment, le taxon *Tetralonia* au rang de genre (Dorchin, 2023). Les Eucerini d'Europe sont aujourd'hui divisés en 2 genres : les *Eucera* avec 89 espèces et les *Tetralonia* (Figure 3,A) avec 21 espèces (Ghisbain, Rosa *et al.*, 2023). Le genre *Eucera* est lui-même séparé en 3 sous-genres : les *Eucera sensu stricto* (66 espèces) (Figure 3,B), les *Cubitalia* (4 espèces) (Figure 3,C) et les *Synhalonia* (19 espèces) (Figure 3,D) (Reverté *et al.*, 2023 ; Aubert *et al.*, 2024).

D'un point de vue morphologique, ces groupes peuvent être distingués d'une part par leur nombre de cellules sub-marginales (Figure 4,A, B) et d'autre part par leur nombre de palpes labiaux (Figure 4,C). Les *Eucera sensu stricto* et les *Cubitalia* présentent 2 cellules sub-marginales (Figure 4,A) alors que les *Tetralonia* et les *Synhalonia* possèdent 3 cellules sub-marginales (Figure 4,B). Enfin les Eucerini à deux cellules sub-marginales se distinguent entre elles principalement par le nombre de palpes labiaux (3 ou 4 chez les *Cubitalia* et 5 ou 6 chez les *Eucera sensu stricto*). Pour les Eucerini à trois cellules sub-marginales, elles se distinguent entre elles par le nombre de

palpes labiaux qui est de 3 ou 4 chez les *Tetralonia* alors qu'il est de 6 chez les *Synhalonia*. Les *Tetralonia* présentent également une brosse de récolte composée de soies très plumeuses alors qu'elles sont simples ou fourchues chez les *Synhalonia* (Michez *et al.*, 2019).

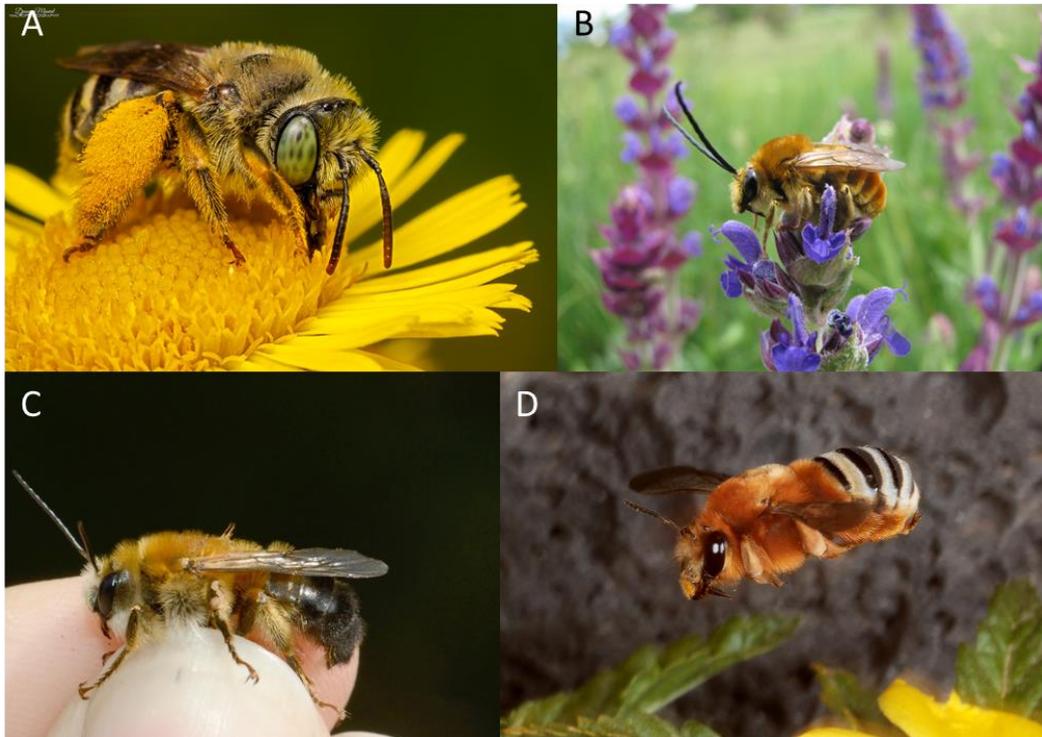


Figure 3 : Photos des 3 sous-genres européens d'*Eucera* et d'une *Tetralonia*. *Tetralonia alticincta* (Lepelletier, 1841) femelle (A), *Eucera longicornis* (Linnaeus, 1758) mâle du sous-genre *Eucera* (B), *Eucera* sp. mâle du sous-genre *Cubitalia* (C) et *Eucera lanuginosa* Klug, 1845 femelle du sous-genre *Synhalonia* (D). Photo A de Django Maurel (<https://www.flickr.com/photos/djangomaurel>) , photo B de Tanya Mass (<https://www.flickr.com/photos/tanyamass>), photo C de David Genoud (<https://www.flickr.com/photos/22861288@N00>) et photo D de Rolf Nagel (<https://www.flickr.com/photos/99927961@N06>).

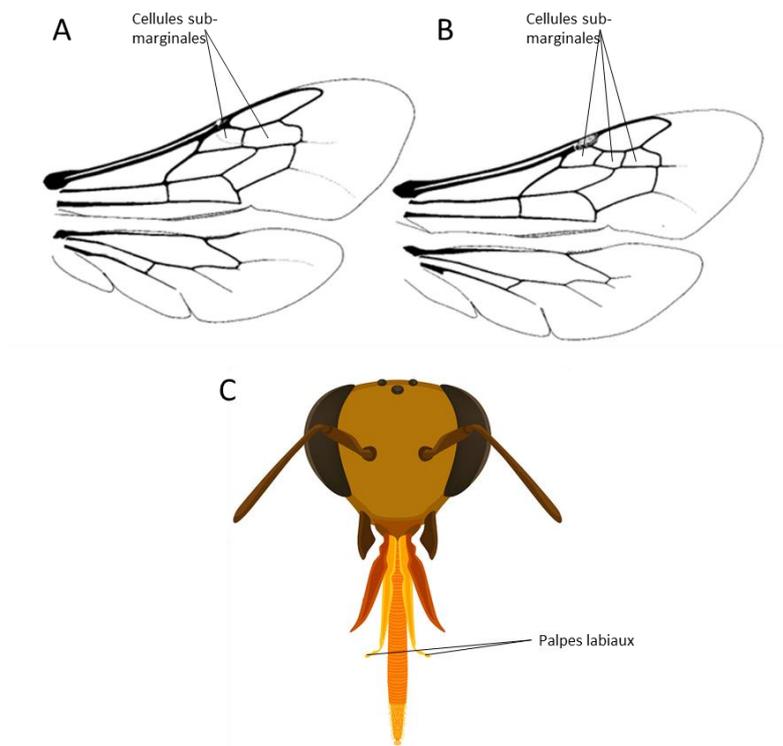


Figure 4 : Ailes (A, B) et palpes labiaux (C) d'abeilles sauvages. Ailes d'*Eucera pollinosa* Smith, 1854 avec 2 cellules sub-marginales (A), ailes de *Melissoptila* sp. avec 3 cellules sub-marginales (B) et une tête d'abeille avec les palpes labiaux mis en évidence (C). Les illustrations A et B sont issues de Michener (2007) et l'illustration C de artpictures (<https://ar.inspiredpencil.com/pictures-2023>).

c) Ecologie

Les Eucerini sont des abeilles solitaires et terricoles (Figure 5,D) avec quelques espèces pouvant former des bourgades ou partageant le même nid (comme chez *Eucera longicornis*) (Michener, 2007 ; Michez *et al.*, 2019).

Les Eucerini sont univoltines, c'est-à-dire qu'elles ne forment qu'une génération par an (Southgate, 1981). Leurs périodes de vol diffèrent selon les genres et les sous-genres : en Europe, les *Eucera sensu stricto* sont principalement actives au début du printemps, les *Synhalonia* et *Cubitalia* sont pour la plupart actives au milieu et fin du printemps et les *Tetralonia* sont majoritairement actives à la fin du printemps et en été (Aubert, 2020).

Les genres et sous-genres d'Eucerini peuvent également se différencier selon leur lectisme. Les *Eucera* du sous-genre *Cubitalia* sont spécialisées sur les plantes de la famille des Boraginaceae (Figure 5,C) (Aubert *et al.*, 2024), alors que celles du genre *Tetralonia* sont plutôt oligolectiques avec beaucoup d'espèces spécialisées sur les Asteraceae (Figure 5,B) (Dorchin *et al.*, 2021). Les femelles de *Tetralonia* présentent plusieurs adaptations morphologiques,

notamment au niveau des soies collectrices scopales qui permettent une meilleure collecte du pollen de leurs plantes hôtes (Dorchin & Michez, 2024). Quant aux *Eucera* du sous-genre *Eucera* et *Synhalonia*, elles sont majoritairement polylectiques mais avec une préférence pour les Fabaceae (Figure 5,A), les Lamiaceae et les Boraginaceae (Michez *et al.*, 2019).

Les Eucerini sont des abeilles largement méconnues, même en Europe où la taxonomie des abeilles sauvages a été particulièrement bien étudiée au cours de ces dernières décennies. En effet, 76,8 % de celles-ci ont été classées comme données insuffisantes (DD) dans la liste rouge des abeilles d'Europe de 2014 (Nieto *et al.*, 2014). Des efforts intensifs doivent donc être réalisés pour améliorer nos connaissances sur ces abeilles et définir les réelles menaces prépondérantes qui pèsent sur leurs populations.



Figures 5 : Photos d'Eucerini et de différents traits de leur écologie. *Eucera longicornis* (Linnaeus, 1758) femelle (oligolectique sur Fabaceae) sur *Trifolium* sp. (A), *Tetralonia alticincta* (Lepelletier, 1841) femelle (oligolectique sur Asteraceae) sur une Asteraceae (B). *Eucera* sp. femelle du sous genre *Cubitalia* (oligolectique sur Boraginaceae) sur une Boraginaceae (C) et *Eucera lanuginosa* Klug, 1845 femelle devant l'entrée de son nid souterrain (D). Photo A de Nicolas J. Vereecken (https://www.flickr.com/photos/nico_bees_wasps), photo B de lyptala's Garden (<https://www.flickr.com/photos/155780538@N08>), photo C de David Genoud (<https://www.flickr.com/photos/22861288@N00/44011196981>) et photo D de Nicolas J. Vereecken (https://www.flickr.com/photos/nico_bees_wasps).

II. Objectifs et questions biologiques

Ce travail de fin d'études s'intègre dans deux projets européens du Laboratoire de Zoologie de l'université de Mons : le premier est le projet PULSE dont l'objectif principal est de mettre à jour la liste rouge européenne des abeilles (<https://www.iucnredlist.org/en>). Le second est le projet SAFEGUARD, dont l'un des objectifs est de stopper le déclin des pollinisateurs. Ces deux projets impliquent notamment la collecte de données sur les traits morphologiques et écologiques des abeilles. Le présent travail se focalise, dans le cadre de ces deux projets, sur la tribu des Eucerini avec quatre objectifs (Figure 6) :

1. Quelles sont les caractéristiques entre les taxons européens d'Eucerini ?

La taxonomie des Eucerini est en perpétuelle évolution en raison des grandes ressemblances morphologiques entre les différents groupes d'espèces. L'objectif est de déterminer, ou de confirmer, les différences écologiques, géographiques et morphologiques entre les différents genres d'Eucerini puis les sous-genres d'*Eucera*.

Il est attendu que les *Tetralonia* aient une phénologie plus tardive et un indice de température plus grand que les *Eucera*. Il est attendu également que les *Tetralonia* soient de plus petite taille selon la loi de Bergmann, et qu'elles aient une pilosité plus courte.

2. Quels sont les statuts de menaces de l'IUCN des Eucerini d'Europe en 2024 ?

La première liste rouge des Eucerini, établie par Nieto *et al.* (2014), présentait des lacunes, avec plus de 76% des espèces catégorisées comme données insuffisantes (DD) en raison d'un manque d'informations concernant leur distribution, leur écologie ou les menaces les affectant. L'objectif est de mettre à jour et d'améliorer la liste rouge des Eucerini en collectant de nouvelles données provenant de la littérature afin de définir un statut de conservation pour la quasi-totalité des espèces européennes.

Il est attendu que la plupart des Eucerini soient catégorisées comme préoccupation mineure dans la liste rouge 2024, car ces abeilles solitaires sont thermophiles et terricoles et donc moins sensibles au changement climatique.

3. Quelles sont les caractéristiques des espèces menacées ?

Les Eucerini présentent une diversité biologique considérable en termes de traits écologiques, géographiques, morphologiques et physiologiques. L'objectif est de collecter des données sur ces traits, et ensuite de déterminer si un lien existe avec les statuts de conservation des espèces. Ces analyses nous permettront d'identifier les caractéristiques qui favorisent la survie des Eucerini européennes ou qui au contraire semblent associés à des statuts de conservation défavorables.

Il est attendu que les abeilles menacées soient oligolectiques, présentent une petite aire d'occupation (AOO) et une petite étendue d'occurrence (EOO).

4. Comment les traits éco-géo-morphologiques varient-ils chez les Eucerini européennes ?

Les traits écologiques, géographiques et morphologiques associés aux différents taxons et leurs statuts de conservation sont mis en relation entre eux afin de déterminer l'existence d'un lien entre ces traits qui peuvent varier conjointement selon les taxons des Eucerini. La relation entre un trait écologique, géographique et morphologique et un taxon ou un statut de conservation pourrait être indirecte et expliquée par la relation avec un autre trait.

Il est attendu que la taille varie positivement avec la longueur des soies et négativement avec la densité des soies.

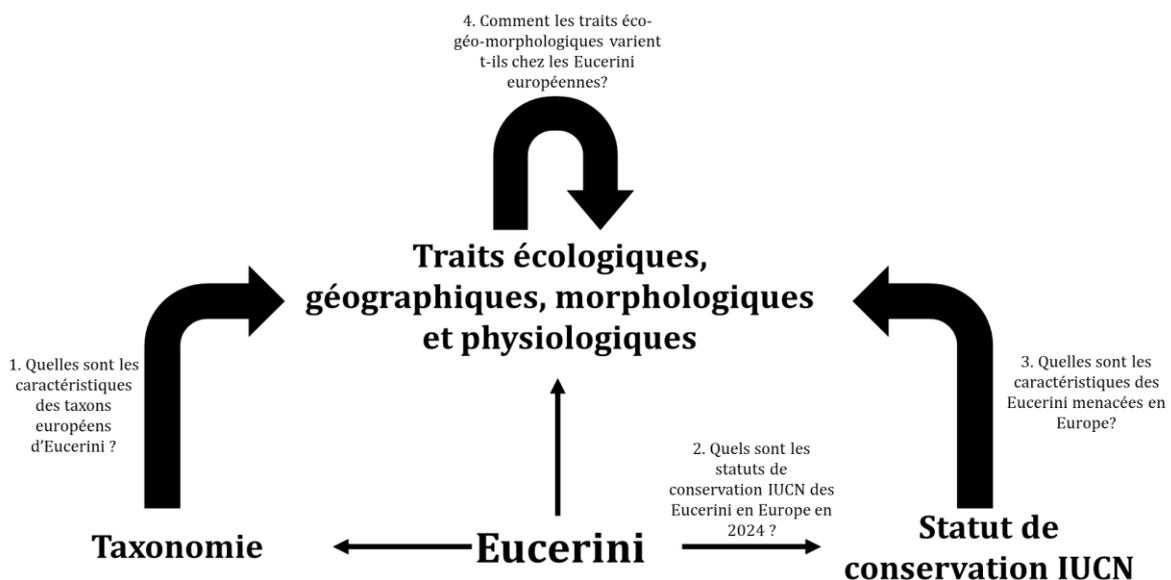


Figure 6 : Résumé des questions biologiques du présent travail.

III. Matériel et méthode

1. Mise à jour de la Liste rouge européenne des Eucerini

a) Réalisation de cartes

Des données spatiales européennes sur le groupe des Eucerini ont été compilées à partir de différentes bases de données issues de musées européens, de laboratoires, de taxonomistes des abeilles et de bases de données publiques (Annexe 1). Le point de départ était la base de données de la liste rouge 2014 (Nieto *et al.*, 2014) qui compilait plus de 1,5 million de données d'occurrences pour toutes les abeilles sauvages. Grâce aux données ajoutées par les différentes bases de données, plus de 5 millions de données d'occurrences européennes ont pu être compilées en 2024 pour toutes les abeilles sauvages dont plus de 32 000 sur les Eucerini en Europe. La définition spatiale de l'Europe considérée ici est celle géographique s'étendant de la Terre François-Joseph aux îles Canaries et de l'Islande à l'Oural (Figure 7)(Nieto *et al.*, 2014). Ces données spatiales ont été digitalisées, géoréférencées et standardisées dans une banque de données afin d'homogénéiser leur structure. Cela implique l'ajout d'un numéro de référence unique pour la traçabilité, le nom du collecteur du spécimen et de l'identificateur, la provenance de la donnée, le nom de l'espèce, le nombre d'individus et leurs sexes collectés sur un même site, la date de récolte, et enfin les coordonnées GPS en latitude, longitude degrés décimaux de la localité de collecte de la donnée.

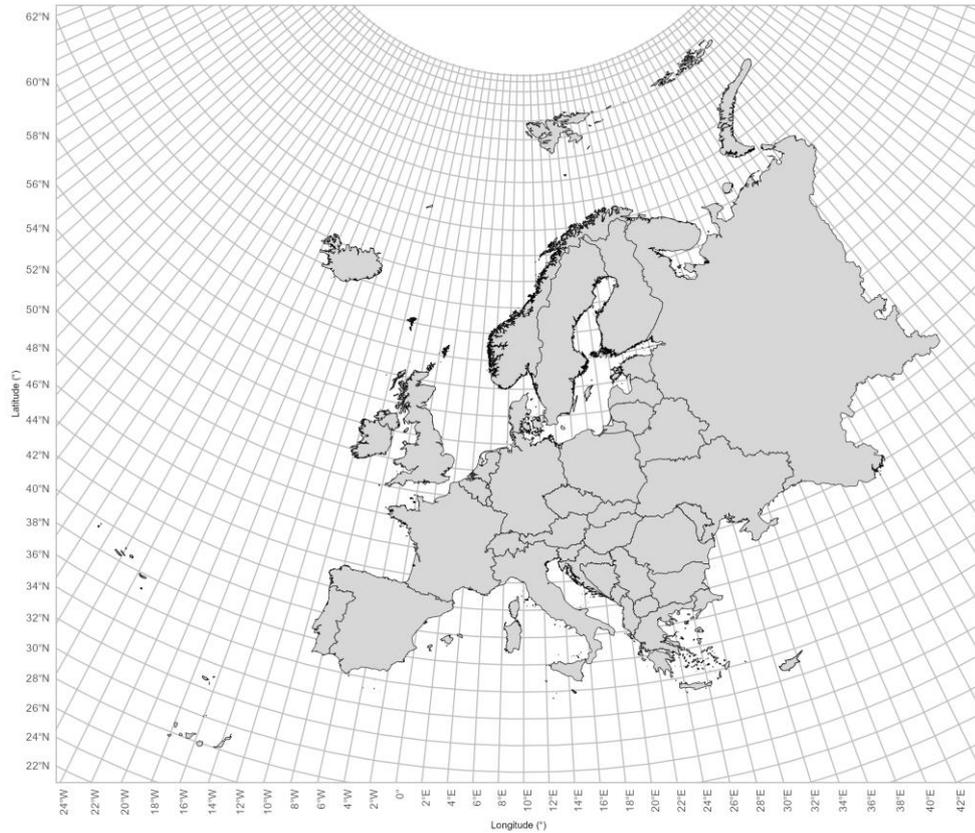


Figure 7 : Carte de l'Europe *sensu* IUCN (Nieto et al. 2014). Carte réalisée par Jordan Benrezkallah.

Grâce à ces données spatiales, des cartes européennes d'occurrence de toutes les espèces d'Eucerini ont été réalisées avec le programme R (R Core, 2023). Ces cartes ont pour objectif de calculer l' "Extent Of Occurrence" (EOO ou l'étendue d'occurrence) et l' "Area Of Occupancy" (AOO ou aire d'occupation). L'EOO (Figure 8,b) est la plus grande superficie que peut occuper un taxon calculé en reliant toutes les occurrences externes du taxon concerné, en ne considérant pas des discontinuités et des disjonctions. L'avantage de cette métrique est que l'EOO prend en compte des populations dont on ne connaît pas l'existence entre les populations déjà connues. L'AOO (Figure 8,c) quant à elle est la plus petite aire qu'un taxon peut occuper, calculée en additionnant les aires de carré de 4 km² centrées sur les données d'occurrence. L'avantage de l'AOO est qu'il ne prend pas en compte des zones inappropriées pour le taxon concerné (par exemple les zones aquatiques, IUCN, 2001). Les calculs de ces deux métriques ont également été réalisés avec le logiciel R avec la version 1.6.1 du package 'Red'.



Figure 8 : Exemple de calculs d'Area Of Occupancy et d'Extent Of Occurrence sur base d'un jeu de données spatiales. Exemple d'une distribution d'une espèce quelconque (a), calcul du EOO (b) et du AOO (c). Images reprises de IUCN (2001).

b) Actualisation des fiches d'information spécifiques de la liste rouge

Toutes les informations concernant les espèces européennes des Eucerini sont regroupées sur des fiches spécifiques présentes dans une base de données centrale de l'IUCN: le Species Information Service (SIS, <https://www.iucnredlist.org/assessment/sis>). Les informations associées à ces fiches sont tirées de la littérature scientifique et des commentaires personnels de Stephan Risch, taxonomiste de référence de la tribu des Eucerini en Europe. Ces fiches reprennent des données sur la distribution, la population, l'habitat et l'écologie, la conservation et les menaces pour les 110 espèces d'Eucerini (Annexe 2). Une fois les fiches terminées, elles ont été vérifiées et validées par plusieurs taxonomistes européens pour s'assurer qu'aucune information ne manque ou soit incorrecte. Au moment de la remise de ce travail, ces fiches sont en révision au sein de l'IUCN avant leur publication en ligne sur le site officiel de l'organisme (<https://www.iucnredlist.org/>).

c) Évaluation des catégories IUCN de la liste rouge des Eucerini d'Europe

Après avoir réalisé les étapes précédentes, une catégorie de l'IUCN a pu être proposée pour chaque espèce d'Eucerini (Figure 9). Ces catégories ont été décidées après analyse de 5 critères standards préalablement définis par l'IUCN (Annexe 3). Cependant, il n'y a que très peu d'informations sur les populations et sur les probabilités d'extinction pour les Eucerini. Par conséquent, seuls les critères "B" et "D2", qui prennent en compte les calculs d'AOO et d'EOO, ont été utilisables pour ce taxon. Une fois des statuts préliminaires établis, une réunion en ligne a été organisée par des membres de l'IUCN avec différents experts nationaux sur la biologie des abeilles pour confirmer des différentes catégories finales pour chaque espèce d'Eucerini d'Europe.

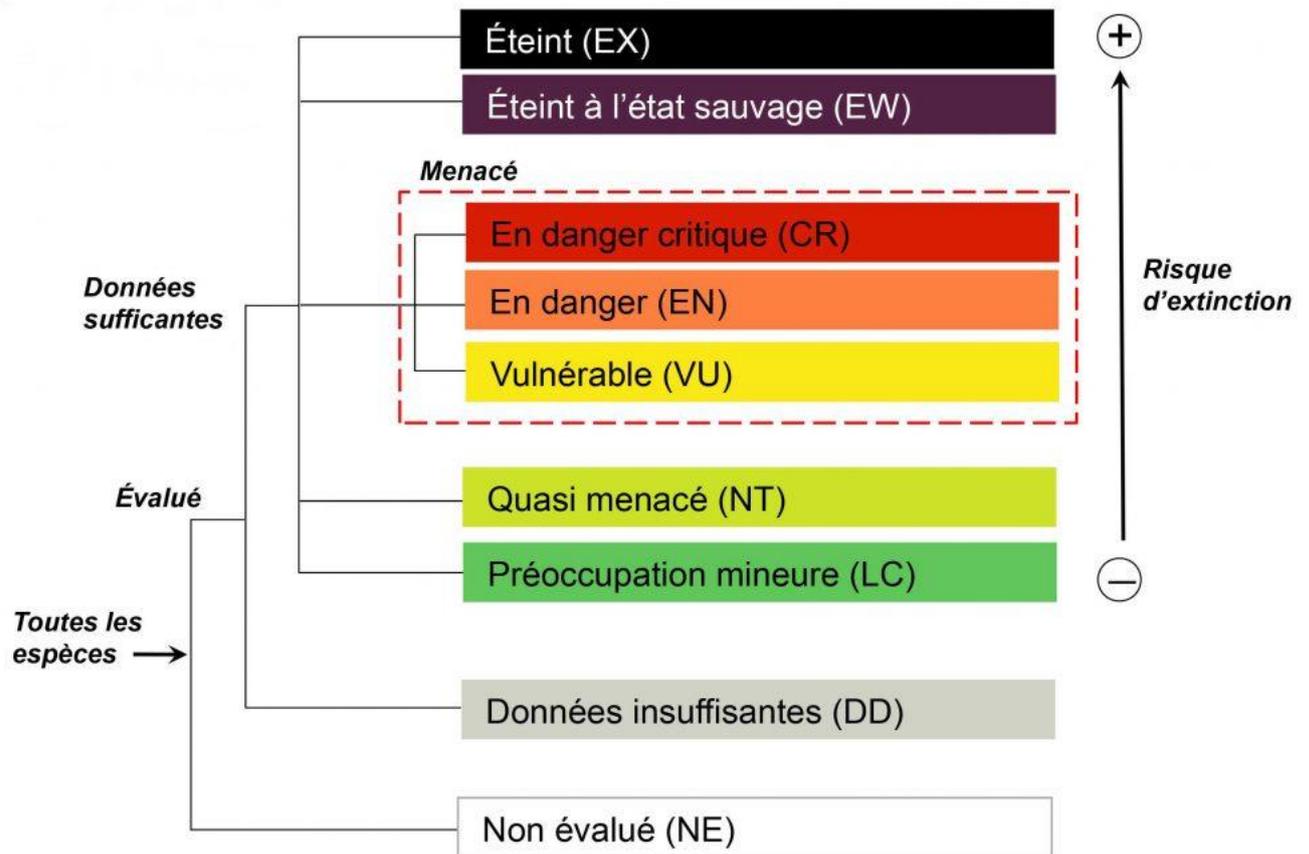


Figure 9 : Catégories des listes rouges de l'IUCN. Non évaluée (NE ou Not Evaluated) est la catégorie pour les espèces n'ayant pas encore été confrontée aux critères de l'IUCN (exemple : les espèces domestiques). Non applicable (NA ou Not Applicable) est la catégorie pour les espèces qui ne rentrent pas dans les critères de l'IUCN (exemple : les espèces erratiques). Données insuffisantes (DD ou Data Deficient) est la catégorie pour les espèces n'ayant pas assez d'information pour évaluer le risque d'extinction. Préoccupation mineure (LC ou Least Concern) est la catégorie pour les espèces ne présentant pas de risque d'extinction. Quasi menacée (NT ou Near Threatened) est la catégorie pour les espèces ne présentant pas pour l'instant de risque d'extinction mais le pourrait prochainement (proche des critères des catégories menacées). Vulnérable (VU ou vulnerable) est la catégorie pour les espèces confronté à des risques élevés d'extinction et remplies des critères correspondant à cette catégorie. En danger (En ou Endangered) est la catégorie pour les espèces confrontées à des risques très élevés d'extinction et remplies des critères correspondant à cette catégorie. En danger critique (CR ou Critically Endangered) est la catégorie pour les espèces confrontées à des risques extrêmement élevés d'extinction et remplies des critères correspondant à cette catégorie. Éteint à l'état sauvage (EW ou Extinct in the Wild) est la catégorie pour les espèces dont n'ont pas trouvé un seul individu dans son aire de distribution historique malgré des études détaillées mais élevées en captivité ou cultivé ou dans le cadre de population naturalisé. Éteint (Ex ou Extinct) est une catégorie pour les espèces qui ne présentent aucun doute que le dernier individu est mort. Illustration issue de Nothafricatrees (<https://www.northafricatrees.org/fr/la-proteccion-de-las-especies-amenazadas/>)

2. Collecte de traits éco-géo-morphologiques

Les traits éco-géo-morphologiques ont été choisis car ils présentent un lien avec les menaces des abeilles sauvages dans la littérature qui ont été précisées dans l'introduction.

a) Traits écologiques

Tous les traits écologiques des Eucerini d'Europe ont été repris de la littérature. Ils concernent le lectisme (présentant l'espèce comme oligolectique ou polylectique), la phénologie (à savoir les saisons durant lesquelles l'imago est actif) et la pollinisation vibratile (à savoir la potentielle capacité d'un taxon à extraire du pollen par vibration corporelle). D'autres traits comme la nidification (et en particulier la position du nid), le voltinisme (présentant l'espèce comme univoltine ou bivoltine) et la socialité n'ont pas été pris en compte. En effet, toutes les Eucerini sont terricoles, univoltines et solitaires.

b) Traits géographiques

Les traits géographiques incluent l'AOO et l'EOO calculés durant la réalisation de la liste rouge. Deux traits supplémentaires d'intérêt sont l'index de température spécifique (STI) et l'index de continentalité spécifique (SCI). Le STI est la température annuelle moyenne des aires de distribution d'une espèce. Les données climatiques sont obtenues en calculant la moyenne des températures des 12 mois de l'année qui sont reprises de la base de données WorldClim (<https://www.worldclim.org/>) (Devictor *et al.*, 2008). Ces températures sont calculées sur des grilles de 1 x 1 km ou 50 x 50 km UTM selon les efforts d'échantillonnage associés aux espèces (Rasmont *et al.*, 2015). Les températures sur chaque grille sont pondérées par la proportion du nombre d'enregistrements de l'espèce en fonction du nombre total d'abeilles collectées dans la grille dans la banque de données PULSE. La valeur du STI finale est la moyenne des STI de chaque grille (Duchenne *et al.*, 2020). Le SCI est la variabilité des conditions climatiques pour les aires de distribution d'une espèce (Duchenne *et al.*, 2020). Comme pour le STI, des grilles de 1 x 1 km ou 50 x 50 km UTM selon l'effort d'échantillonnage sont utilisées (Rasmont *et al.*, 2015 ; Duchenne *et al.*, 2020). Une variable associée à la saisonnalité est calculée pour chaque carrée où l'on retrouve au moins un individu d'une espèce. Cette variable de saisonnalité est ici définie comme la moyenne de la température minimale et maximale ($T_{max} + T_{min} / 2$) de chaque mois (O'Donnell & Ignizio, 2012). La même pondération que pour le STI est effectuée sur les températures de chaque grille et la valeur finale du SCI est la moyenne des SCI de chaque grille (Duchenne *et al.*, 2020).

c) Traits morphologiques

Pour les traits morphologiques, la base de données privée traits de Robert Stuart (Université de Reading) sert de base et a été complétée durant ce travail. On retrouve dans ces traits la distance inter-tégulaire (ITD) et l'index de pilosité. Ces traits ont été mesurés uniquement sur des femelles car ce sont elles qui ont le plus de probabilité d'être directement impliquées dans la pollinisation (Ne'eman *et al.*, 2006). Ces métriques ont été mesurées sur des individus provenant de la collection générale entomologique du Laboratoire de Zoologie en priorisant les individus collectés plus récemment, bien conservés et collectés en Europe.

- Distance inter-tégulaire (ITD)

La distance inter-tégulaire est un proxy pour la taille des abeilles (Greenleaf *et al.*, 2007). La distance entre les tégulae a été mesurée grâce à un pied à coulisse digital sous binoculaire, avec une marge d'erreur de 0,3 mm (Figure 10). Cette mesure a été prise sur 5 femelles par espèces.

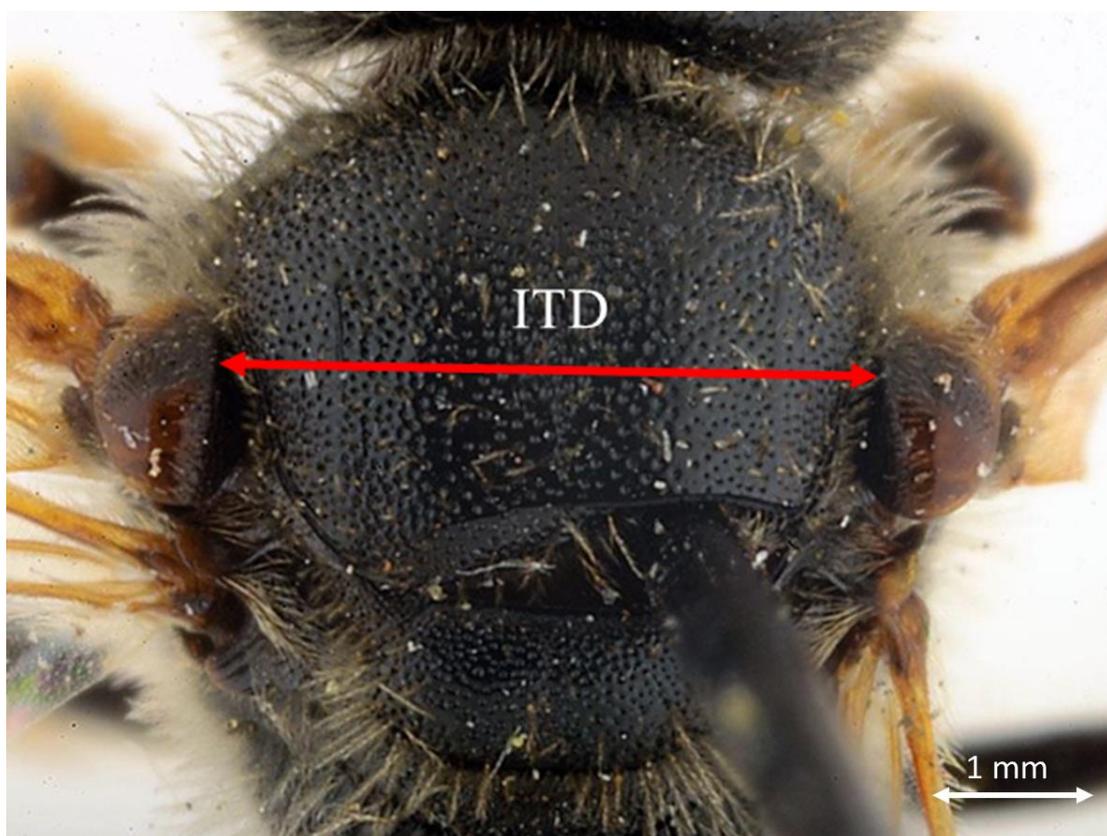


Figure 10 : Photo de la distance inter-tegulae prise sur *Lasioglossum bimaculatum*. Photos provenant d'Ahlam Sentil

- Index de pilosité

Le protocole pour l'index de pilosité est repris de Roquer-Beni *et al.* (2020). L'index est défini comme le résultat de la multiplication de la longueur de soies par la densité de soies. Il se mesure grâce à un microscope digital, le KEYENCE modèle VHX-970F (figure 12) qui a une précision de 0,0001 mm, au niveau du mésoscutum (Figure 11) de 3 individus par espèces (Figure 13,A). Le mésoscutum se trouve au niveau du tagme intermédiaire des abeilles (le mésosoma), car c'est à ce niveau que les abeilles thermorégulent (Heinrich, 1993). La longueur (en millimètres) des soies a été mesurée sur 5 soies par individus (Figure 13). Dans le cas où un même individu présente différents motifs de pilosité, on mesure la longueur de 5 soies par motif en considérant la proportion (valeur entre 0 et 1) qu'ils occupent sur le mésoscutum. La longueur finale de soie pour un individu est la somme pondérée des longueurs des soies, où chaque longueur est multipliée par sa proportion respective sur le mésoscutum. La valeur finale pour la longueur de soie par espèces est la moyenne de 3 individus.

La densité de soie se calcule quant à elle en superposant une grille avec des carrés de 0,01 mm² sur la photo sur mésoscutum (Figure 13,B). Le nombre de pores (points d'insertion des soies) a été compté sur 2 carrés différents sur la grille avant d'effectuer la moyenne des ces 2 carrés. La valeur finale de densité est la moyenne des densités des 3 individus rapportées sur 1 mm².

Une dernière métrique est calculée : la longueur des soies normalisée. La longueur des soies dépend de la taille (Roquer-Beni *et al.*, 2020) et, afin de rendre la longueur des soies indépendante, on la normalise en la divisant par la taille (ITD). Il n'est pas nécessaire de réaliser cela sur la densité des soies car cette métrique est réalisée sur une surface précise (1 mm²) qui est indépendante de la taille.



Figure 11 : Photo d'une *Eucera longicornis* mâle. Le mésoscutelum est représenté par l'hexagone en rouge. Photo provenant evasion.it (https://www.evasion.it/Eucera_longicornis.htm).



Figure 12 : Photo du KYENCE utilisé pour les mesures de pilosité. Illustration provenant de <https://www.keyence.co.id>

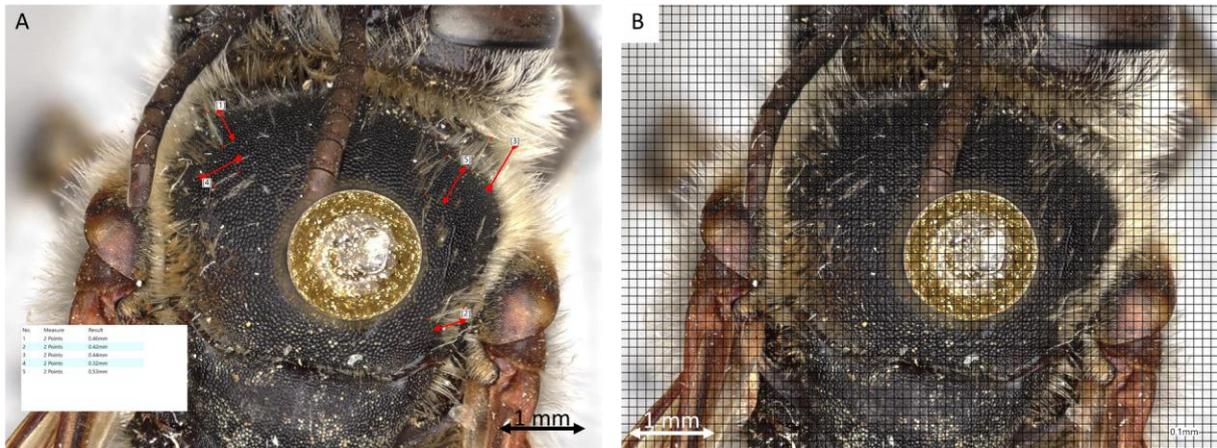


Figure 13 : Mesure de la longueur des soies et de la densité des soies sur *Eucera dalmatica*. Mesure de la longueur des soies (A) et de la densité des soies (B). La grille avec des carrés de 0,1 mm² pour la densité est superposée à la photo du spécimen. Photo prise avec le KYENCE par Joffrey Thulier.

d) Trait physiologique

Afin de déterminer la capacité de nos taxons à résister à des températures extrêmes typiquement associées au changement climatique actuel, nous avons mesuré la variable dite de THS (time before heat stupor, ou temps avant stupeur thermique) (Martinet *et al.*, 2015, 2021a). Pour ce faire, des individus vivants de 5 espèces communes ont été collectés dans le contexte de 2 expéditions, la première à Lyon (France) en association avec Arthropologia (<https://www.arthropologia.org>) et la seconde en Grèce par plusieurs membres du Laboratoire de Zoologie dont j'ai hérité des données. Les collectes visaient des milieux fleuris (parcs, prairies fleuries, ...) en collectant une dizaine d'individus par espèce et par site. Un minimum de dix individus par espèce ont été capturés vivants grâce à un filet et placés individuellement dans des tubes de 40 ml perforés des 6 côtés et contenant un morceau de papier. (Figure 14,b). Chaque individu a passé la nuit au frigo à une température comprise entre 8 et 12 °C afin de standardiser les conditions expérimentales. Au matin, le papier est enlevé des tubes et tous les individus sont nourris avec une même solution sucrée (50 % eau et 50 % sucre) durant 1 heure avant d'être placés dans un incubateur (marque : Herp Nursery II, Figure 14,a) à température fixe de 40 °C. Cette étape permet de simuler une vague de chaleur, défini comme un phénomène de minimum 2 jours de suite où la température est supérieure à 40,6 °C (Robinson, 2001). La température de 40 °C est choisie car (i) il s'agit de la température moyenne d'une canicule calculée dans plus de 90 pays (Mherrera, 2016 ; Ragone *et al.*, 2018) et (ii) et est une température inférieure à la température critique maximale des abeilles (Martinet *et al.*, 2015). À titre d'exemple, l'abeille pruinée *Xenoglossa pruinosa* (Eucerini) à une température critique maximale de plus ou moins 45 °C (Jones *et al.*, 2024). La valeur de THS (en minutes) est le temps qu'une abeille a passé dans

l'incubateur, entre le moment où elle a été placée dans l'incubateur jusqu'au moment où elle tombe en stupeur thermique. Une abeille en stupeur thermique se met sur le dos en ayant des mouvements de pattes non contrôlés (Figure 14,c). Une fois l'expérience terminée, les abeilles sont mises au congélateur pour pouvoir être identifiées à l'échelle de l'espèce. L'identification a été réalisée grâce à la clé des Eucerini de France de Aubert (2020).



Figure 14 : Incubateur Herp Nursery utilisée pour l'expérience du THS (a), tube de 40 ml avec un papier à l'intérieur (b) et abeille en stupeur thermique (c). Photos prises par Mira Boustani

3. Statistiques

Toutes les analyses statistiques ont été réalisées grâce à la version 4.3.1 de RStudio (R Core, 2023). Les liens entre les différentes variables ont été analysés grâce à des modèles linéarisés (LM) du package 'stats' version 4.3.1 (R Core, 2023) pour les distributions normales et grâce à un modèle linéaire généralisé (GLM) du package glmmTMB version 1.1.8 (Brooks *et al.*, 2017) dans les cas d'autres distributions. Le seuil de significativité considéré est de 5 %. Pour chaque modèle, les conditions d'application ont été vérifiées grâce au package DHARMA (Hartig,

2022). Si la variable explicative présente plus de 2 niveaux, un test *post-hoc* du package ‘emmeans’ version 1.10.3 a été effectué pour définir précisément les différences entre les niveaux. (Lenth & Lenth, 2018). Pour les traits géomorphologiques, la valeur moyenne des espèces a été prise.

a) Caractéristiques des taxons européens d’Eucerini

Des analyses statistiques de traits écologiques, géographiques et morphologiques ont été réalisées entre tous les traits et les différents genres d’Eucerini (*Eucera* et *Tetralonia*) puis les sous-genres (*Eucera sensu stricto*, *Cubitalia* et *Synhalonia*). Ces analyses ont été réalisées en prenant les moyennes de chaque trait de toutes les espèces pour chaque taxon. Des LMs ont été réalisés pour les traits écologiques et géographiques avec le genre puis le sous-genre comme variables explicatives. 2 GLMs ont été réalisés pour les traits écologiques avec les genres puis les sous-genres comme variables explicatives. Le premier a été réalisé avec la variable lectisme (distribution binomiale) et le second avec la variable phénologie (distribution gaussienne).

b) Caractéristiques des Eucerini menacés en Europe

Dans un premier temps, le jeu de données concernant les statuts de conservation a été adapté pour la réalisation des statistiques. Les statuts DD et NA ont été retirés du jeu de données, car ceux-ci n’expliquent pas le niveau de menaces qui pèsent sur les espèces. Les autres statuts ont été regroupés en deux catégories : LC et non-LC, cette dernière catégorie regroupant les espèces de statut NT, VU, EN et CR. Ces espèces sont menacées ou pourraient l’être prochainement. Les catégories LC et non-LC ont ensuite été mises en lien avec les traits morphologiques (ITD, longueur et densité des soies et l’indice de pilosité), les traits écologiques (lectisme et phénologie) et les traits géographiques (STI, SCI, AOO et EOO). Les analyses de corrélation ont été réalisées avec des GLMs (distribution binomiale), la variable réponse étant toujours les statuts de conservation. La pollinisation vibratile n’a pas été considérée dans nos traits car seulement deux espèces sont capables de la réaliser, rendant la puissance statistique du modèle trop faible.

c) Variation des traits éco-géo-morphologiques chez les Eucerini européennes

Une fois les analyses statistiques réalisées entre les traits écologiques, géographiques et morphologiques avec les taxons des Eucerini puis les statuts de conservation. Des analyses statistiques ont été réalisées entre les traits qui ont montré une relation significative avec les taxons et les statuts de conservation. Une analyse de liens entre le trait écologique phénologie et

le trait géographique indice de température (STI) a été réalisée grâce à un GLM (distribution gaussienne) avec le trait géographique comme variable explicative. Ensuite, la phénologie a été mise en lien avec tous les traits morphologiques à l'aide de LMs et la phénologie comme variable explicative. Puis les traits géographiques ont été mis en lien avec les traits morphologiques grâce à des LMS avec les traits morphologiques comme variables explicatives. Enfin, des analyses ont été réalisées entre tous les traits morphologiques grâce à des LMs. L'analyse a été réalisée dans un premier temps avec l'ITD comme variable explicative avec les traits liés à la pilosité comme variables réponses, puis la longueur des soies comme variable explicative et la densité de soies comme variable réponse.

IV. Résultats

1. Mise à jour de la liste rouge européenne des Eucerini

Les cartes sont reprises dans l'Annexe 4. Le récapitulatif des statuts de 2014 et de 2024 sont disponibles dans l'Annexe 5. Les statuts de 2014 ont été repris de la liste rouge Nieto *et al.* (2014). Une amélioration significative des connaissances a été réalisée lors de cette mise à jour. Le pourcentage d'Eucerini classé comme données insuffisantes (DD) est passé de 76,8 % en 2014 à 3,6 % en 2024 (Figure 15). La majorité des espèces classées comme données insuffisantes en 2014 (63/76 espèces) ont été classées comme préoccupation mineure (LC) en 2024. La seule espèce auparavant classée comme quasi menacée (NT) est aujourd'hui classée comme préoccupation mineure. Toutes les espèces en préoccupation mineure en 2014 le sont restées en 2024, augmentant ainsi la proportion totale d'espèces en préoccupation mineure de 22 % en 2014 (22/ 99 espèces) à 82 % en 2024 (90/110 espèces) (Figure 15). Les espèces classées dans des catégories menacées en 2024 (VU, EN, CR) étaient toutes dans la catégorie données insuffisantes en 2014. On retrouve également au total 8 espèces d'Eucerini catégorisées comme non applicables (NA). Ces espèces ont une large répartition asiatique en marge de l'Europe avec quelques petites populations en Europe. Enfin, le nombre d'espèces d'Eucerini recensées en Europe est passé de 99 en 2014 à 110 en 2024. Parmi les 11 espèces nouvellement trouvées en Europe, 4 sont en préoccupation mineure, 3 sont classées dans la catégorie non applicable, 2 sont quasi menacées et 2 sont données insuffisantes.

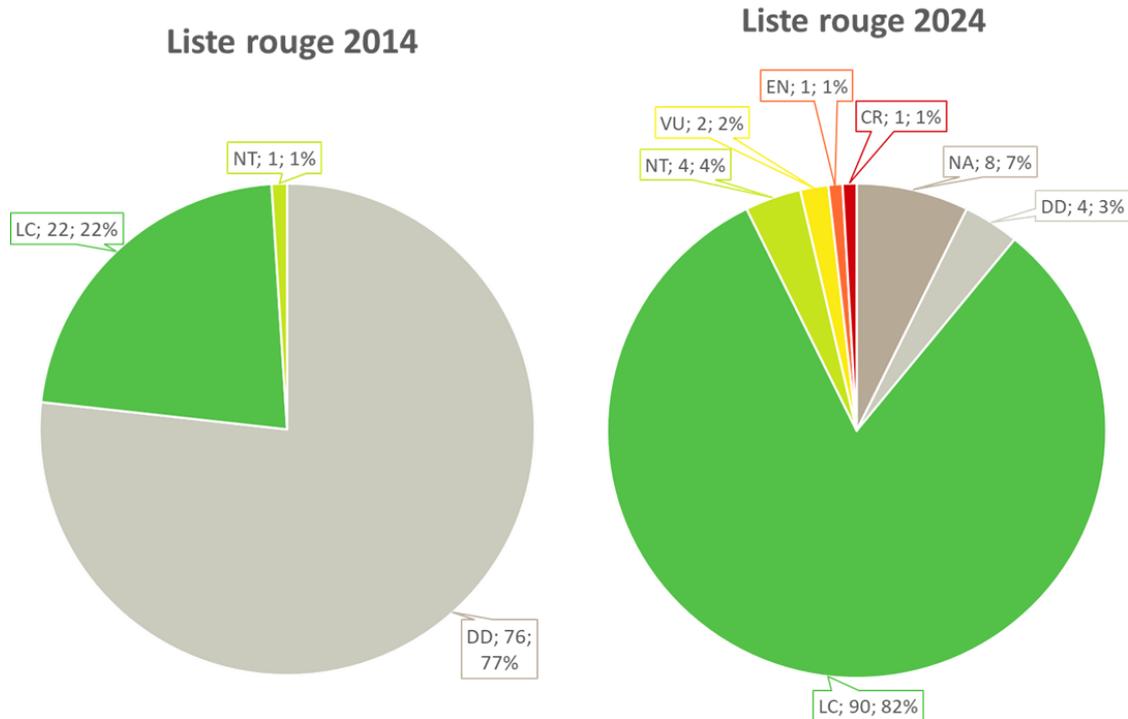


Figure 15 : Statuts en 2014 (Nieto *et al.*, 2014) et en 2024 (présent travail) des listes rouges européennes des Eucerini. Les couleurs du graphique sont celles attribuées par l'IUCN pour chaque statut de menace. Dans les étiquettes, on retrouve le statut, le nombre d'espèces par statut et le pourcentage d'espèces associées à ces statuts. Les statuts de 2014 sont repris de Nieto *et al.* (2014).

Quatre espèces d'Eucerini sont menacées en Europe. *Eucera morio* est catégorisée comme vulnérable due à la destruction de son habitat qui est les steppes à cause du surpâturage et du reboisement. *Eucera quilisi* est catégorisée également comme vulnérable dû à la destruction de son habitat qui est les semi-déserts à cause de la construction de serres et l'agriculture intensive. *Eucera brachycera* est catégorisé comme en danger, et présente le même habitat que *E. quilisi*. *Eucera excisa* est en danger critique dû à la destruction de ses habitats qui sont les steppes et pelouses de montagne, à cause du surpâturage, du reboisement et du changement climatique. L'agriculture intensive est la principale menace pesant sur les Eucerini, en plus du reboisement et du changement climatique.

Il n'y a que très peu d'informations dans la littérature sur les populations et la conservation des Eucerini en Europe. Cependant, les populations des différentes espèces d'Eucerini sont largement réparties en Méditerranée et remontent vers la Roumanie, l'Ukraine et la Russie.

2. Mesures de traits éco-géo-morphologiques

a) Traits écologiques

Toutes les données sur les métriques écologiques ont été reprises de la littérature avant d'être complétées et vérifiées par plusieurs taxonomistes d'abeilles. Les informations de 81 % des espèces d'Eucerini pour le lectisme et 90 % d'espèces d'Eucerini pour la phénologie ont pu être compilées dans ce travail.

Tableau 1 : Résumé des traits écologiques. Traits écologiques avec la proportion d'espèces pour lesquelles l'information a pu être trouvée, ainsi que la proportion de chaque trait pour lesquelles des données ont été obtenues.

Traits écologiques	Proportion de traits obtenus	Proportions d'espèces
Lectisme	81%	Oligolectiques = 69% Polylectiques = 31%
Phénologie	90%	Hiver – printemps = 7% Hiver – été = 16% Hiver – automne = 4% Printemps = 21% Printemps – été = 34% Printemps – automne = 8% Été = 8% Été – automne = 1 %

b) Traits géographiques

Toutes les aires d'occupation (AOO) et les étendues d'occurrences (EOO) ont été calculées à nouveau par rapport à la liste rouge 2014 (Nieto *et al.*, 2014). L'indice de température (STI) et l'indice de continentalité (SCI) sont des métriques nouvellement calculées. Toutes les données géographiques sont mesurées à partir des cartes de distributions, il est donc logique d'avoir le même nombre d'espèces dont la métrique a été calculée. Les métriques d'une grande majorité d'espèces d'Eucerini ont pu être calculées (Tableau 2).

Tableau 2 : Résumé des traits géographiques. Traits géographiques avec le pourcentage d'espèces pour lesquelles les traits ont pu être calculés, la valeur minimale et maximale de chaque trait pour les Eucerini ainsi que les moyennes pour toutes les Eucerini.

Traits géographiques	Proportion de traits obtenus	Valeurs	Moyenne
AOO	93%	4 km ² – 13 992 km ²	562,82 km ²
EOO	93%	63 km ² – 9 557 312 km ²	1 599 614 km ²
STI	93%	6,52 °C – 20,21 °C	14,10 °C
SCI	93%	2,34 °C – 11,64 °C	6,51 °C

c) Traits morphologiques

Pour les traits morphologiques et physiologiques, la base de données de Robert Stuart (donnée privée) sert de point de départ. Avec ces données viennent s'ajouter des données prises durant ce travail et des données de la littérature pour l'ITD qui est une métrique régulièrement utilisée dans les études concernant les abeilles. La pilosité et le stress thermique (THS) n'ont jamais été étudiés auparavant chez les Eucerini et ce travail mesure les premières données pour ces traits.

Les données ITD sont très complètes, avec 95 % des espèces qui ont été mesurées. Les métriques de pilosité sont loin d'être complètes avec moins de la moitié des espèces ayant été mesurées (Tableau 3).

Pour le THS, seulement 2 espèces ont pu être testées avec au minimum 10 répliqués. Cela ne nous permet pas d'analyser cette métrique avec les taxons et les statuts de conservation des Eucerini européennes (Tableau 4).

Tableau 3: Résumé des traits morphologiques. Les traits morphologiques avec le pourcentage d'espèces dont les traits ont été mesurés avant cette étude, le pourcentage des traits mesurés à la fin de cette étude, en prenant en compte les traits morphologiques trouvés dans la littérature. Les traits collectés durant cette étude, les valeurs minimales et maximales, ainsi que les moyennes de chaque trait morphologique.

Traits morphologiques	Avant l'étude	Après l'étude	pendant l'étude	Valeurs	Moyenne
ITD	75%	95%	1%	2,05 mm – 5,04 mm	3,22 mm
Longueurs des soies	0%	44%	44%	0,23 mm – 0,78 mm	0,43 mm
Densités des soies	0%	44%	44%	150 soies/mm ² – 350 soies/mm ²	237,119 soies/mm ²
Indice de pilosité	0%	44%	44%	56,83 – 147,17	98,95
THS	0%	2%	2%	39,33 min – 93,5 mm	/

Tableau 4 : Résultats du stress thermique (THS).

Espèces	THS (min)	Nombre d'individus
<i>Eucera interrupta</i>	58,02	1
<i>Eucera longicornis</i>	29,27	2
<i>Eucera nigrescens</i>	39,33	73
<i>Eucera punctulata</i>	71,25	2
<i>Eucera rufa</i>	93,5	22

3. caractéristiques des taxons européens d'Eucerini

Le modèle statistique ainsi que la valeur de la p -value correspondante sont repris dans l'Annexe 6. Les valeurs des mesures pour les traits morphologiques sont reprises dans l'Annexe 7 et l'Annexe 8 pour les traits écologiques et géographiques.

Le stress thermique n'a pas été mis en lien avec les taxons d'Eucerini dû au trop faible nombre d'espèces pour lesquelles on a pu réaliser cette mesure sur un nombre suffisant d'individus.

a) Caractéristiques des genres européens d'Eucerini

Concernant les traits écologiques testés, la phénologie montre une différence significative entre les genres. Les *Eucera* sont significativement (p -value < 5%) plus précoces (printanières) alors que les *Tetralonia* sont significativement plus tardives (plus estivales) (Figure 16,A). Quant au lectisme, il ne montre pas de différences significatives entre *Eucera* et *Tetralonia*.

Concernant les traits géographiques étudiés, seul l'indice de température spécifique (STI) montre une différence significative entre les deux genres : les *Eucera* ont un STI plus grand que les *Tetralonia* (Figure 16,B). Les *Tetralonia* présentent une médiane de 11,82 °C alors que les *Eucera* présentent une médiane de 15,03 °C.

Enfin, tous les traits morphologiques étudiés sont significativement différents entre *Tetralonia* et *Eucera*. Les *Eucera* sont plus grandes (figure 17,A), avec des plus longues soies (Figure 17,B) mais celles-ci sont significativement moins nombreuses (Figure 17,C) et un indice de pilosité significativement plus grand que chez les *Tetralonia* (Figure 17,D). La longueur des soies normalisée (indépendante de la taille) est significativement plus grande que chez les *Eucera* que chez les *Tetralonia* (Figure 17,E).

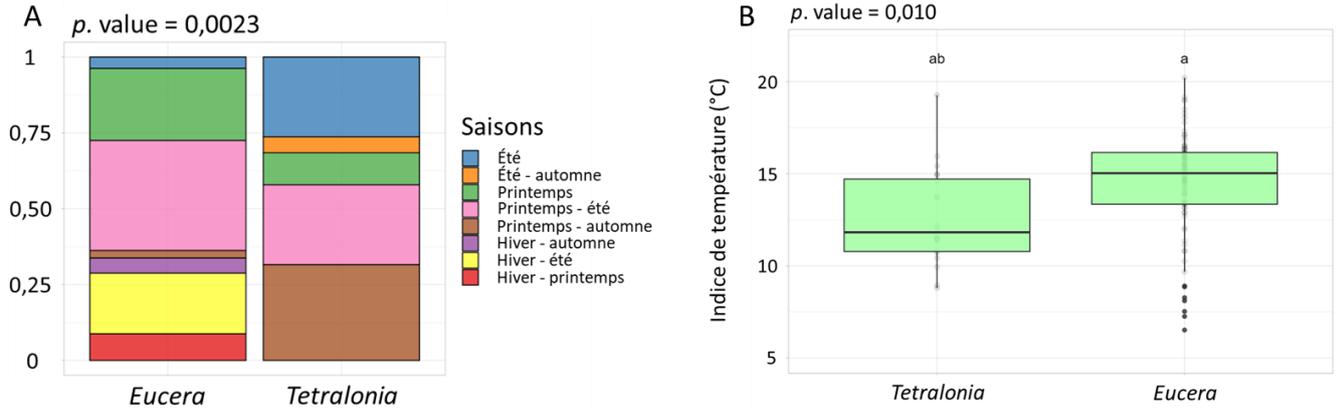


Figure 16 : Boxplot des phénologies des Eucerini (A) et des indices de températures des Eucerini en fonction de leur genre (B). Chaque point du boxplot B représente une espèce.

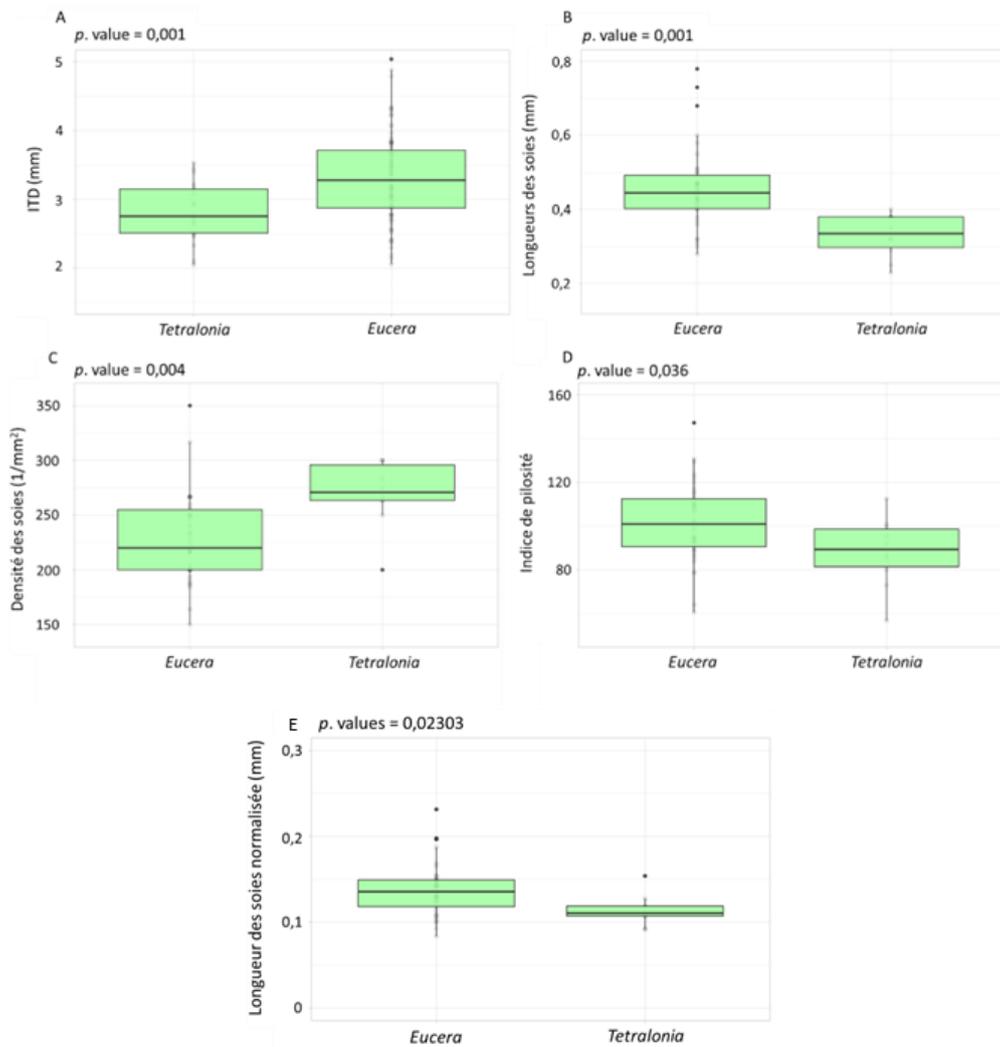


Figure 17 : Boxplot des traits morphologiques des Eucerini en fonction de leur genre. Lien entre ITD (A), longueur des soies (B), densité des soies (C), indice de pilosité (D) et longueur des soies normalisée (E) avec les genres d'Eucerini. Chaque point des boxplot représente une espèce.

b) Caractéristiques des sous-genres européens d'*Eucera*

Parmi tous les traits écologiques, géographiques et morphologiques étudiés, seule la taille (ITD) a une relation significative avec les sous-genres d'*Eucera*. Le sous-genre *Eucera sensu stricto* est significativement plus petit que *Synhalonia* et *Cubitalia* (Figure 18).

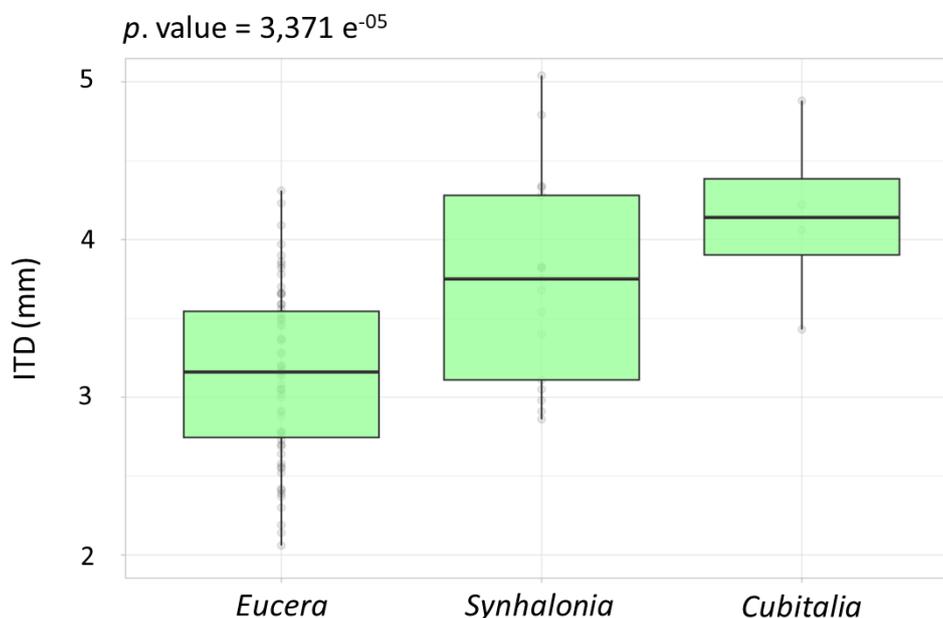


Figure 18 : Boxplot des tailles (ITD) du genre *Eucera* en fonction de leur sous-genre. Chaque point du boxplot représente une espèce.

4. Caractéristiques des Eucerini menacés en Europe

Le modèle statistique ainsi que la valeur de la p -value correspondante sont repris dans l'Annexe 6. Les valeurs des mesures pour les traits morphologiques sont reprises dans l'Annexe 7 et l'Annexe 8 pour les traits écologiques et géographiques.

Le stress thermique n'a pas été mis en lien avec les statuts de conservation dû au trop faible nombre d'espèces pour lesquelles on a pu réaliser cette mesure sur un nombre suffisant d'individus.

Parmi tous les traits mis en lien avec les statuts de conservation de 2024, 3 sont significatifs (p -value < 5%). Les espèces des catégories préoccupation mineures (LC) ont un indice de continentalité (SCI) significativement plus petit que les non-LC (Figure 19,A), ont un EOO

significativement plus grand que les non-LC (Figure 19,C) et ont significativement une plus petite taille (estimé par l'ITD) que les non-LC (NT, VU, EN, CR) (Figure 19,B). L'AOO est presque significatif (p . value de 0,0789), les LC ont tendance à avoir un AOO plus grand que les non-LC (Figure 19,D).

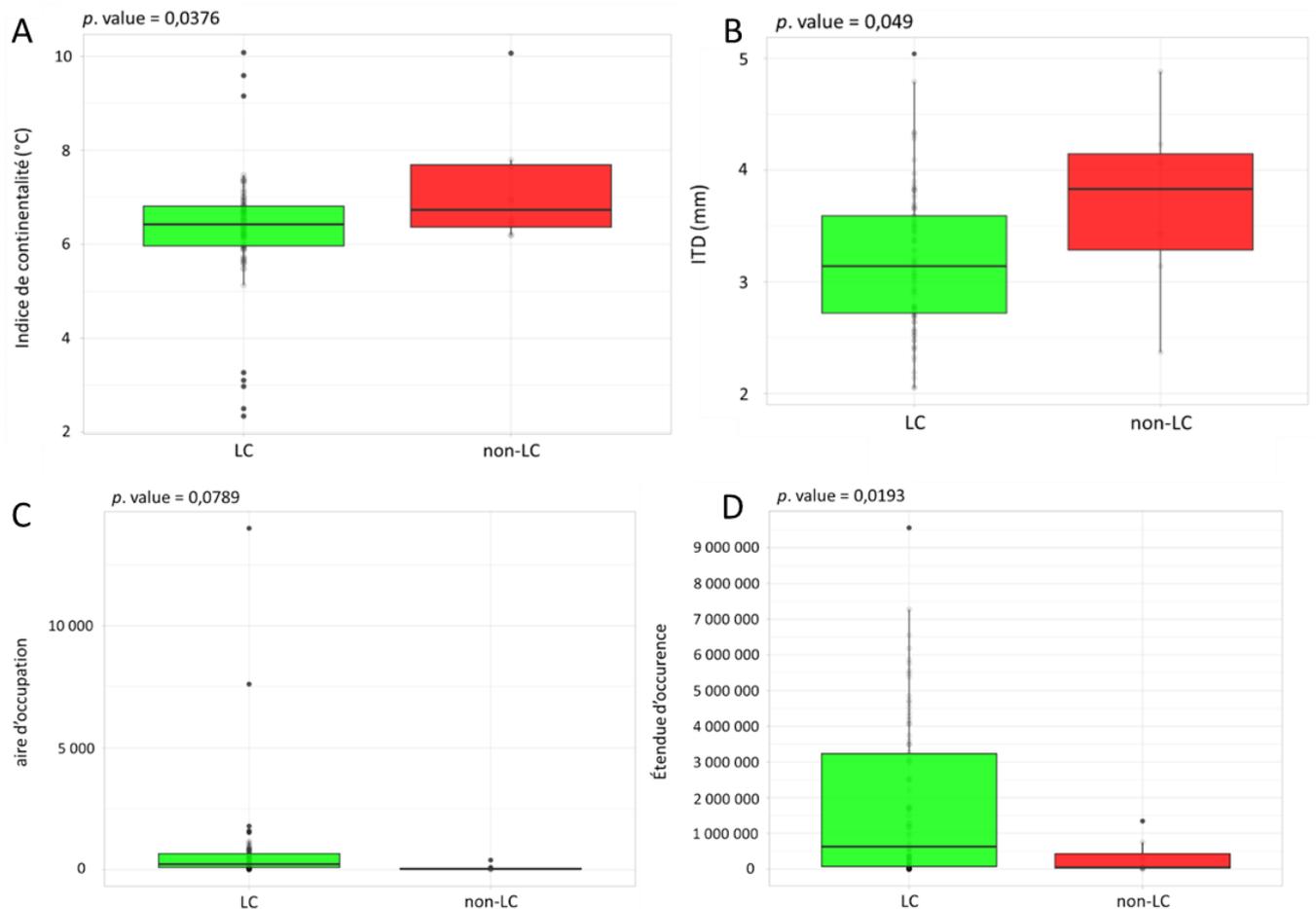


Figure 19 : Boxplot des indices de continentalité des Eucerini (A), de la taille (ITD) des Eucerini (B), de l'aire d'occupation des Eucerini (C) et de l'étendue d'occurrence des Eucerini (D) en fonction de leur nouveau statut de conservation. La catégorie non-LC reprend les statuts de conservation NT, VU, EN et CR. Chaque point des boxplot représente une espèce.

5. Variations des traits éco-géo-morphologiques chez les Eucerini européennes

Premièrement, il y a un lien significatif entre le trait écologique phénologie et le trait géographique indice de température (STI). Les Eucerini estivales ont un STI plus petit que les

printanières (Figure 22,A). Les autres traits écologiques n'ont pas été significatifs avec les traits géographiques.

Pour les relations entre traits écologiques et les traits morphologiques, la seule relation significative trouvée est entre la phénologie et la densité de soies. Les Eucerini estivaux seraient moins poilus que celles printanières (Figure 22,B). Cependant, cette relation n'a pas été supportée par le test *post-hoc* qui ne montre aucune différence significative entre les saisons. Les autres relations entre les traits écologiques et morphologiques n'étaient pas significatives.

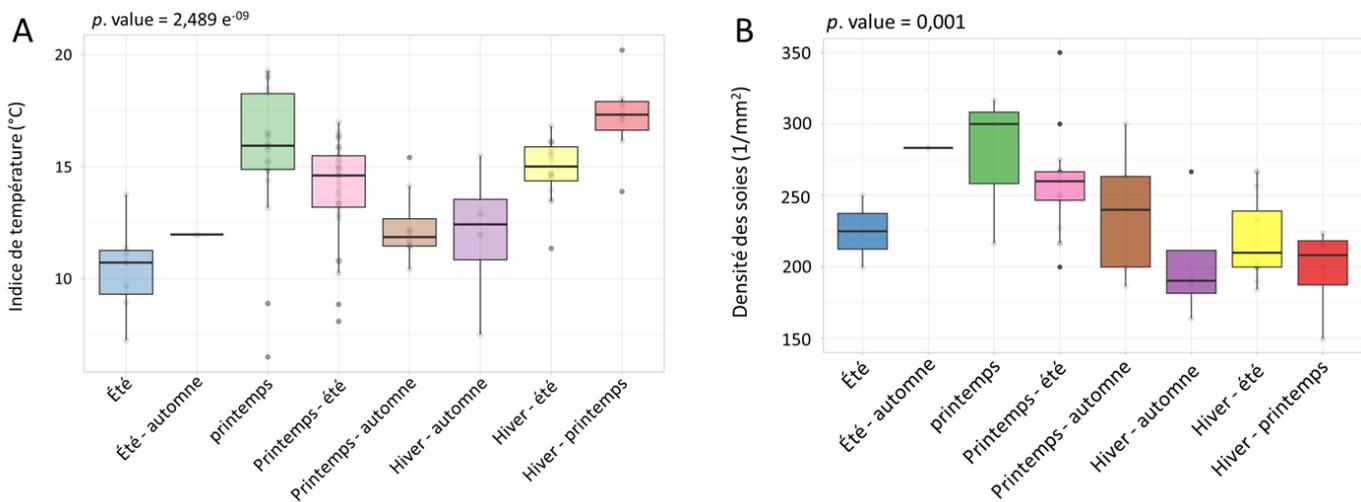


Figure 22 : Boxplot des indices de températures des Eucerini (A) et des densités de soies des Eucerini (B) en fonction de leur phénologie. Chaque point des boxplot représente une espèce.

Pour les traits morphologiques entre eux, la taille des Eucerini est significativement proportionnelle à la longueur des soies (Figure 23,A) et significativement inversement proportionnelle à la densité des soies (Figure 23,B). Cependant, il n'y a pas de lien significatif entre la taille des Eucerini et l'indice de pilosité mais cette relation montre une tendance ($p.value = 0,07505$) vers un indice de pilosité qui augmente avec la taille des Eucerini (Figure 23,C). De plus, la longueur des soies est significativement inversement proportionnelle à la densité de soies (Figure 23,D), il en est de même entre la longueur des soies normalisée et la densité des soies (Figure 23,E).

Enfin, pour les relations entre traits géologiques et morphologiques, seul le STI avait des modèles adaptés mais ne montrant aucune différence significative. Pour les autres analyses, aucun modèle testé n'a pu être trouvé, les conditions d'existences n'étaient jamais respectées.

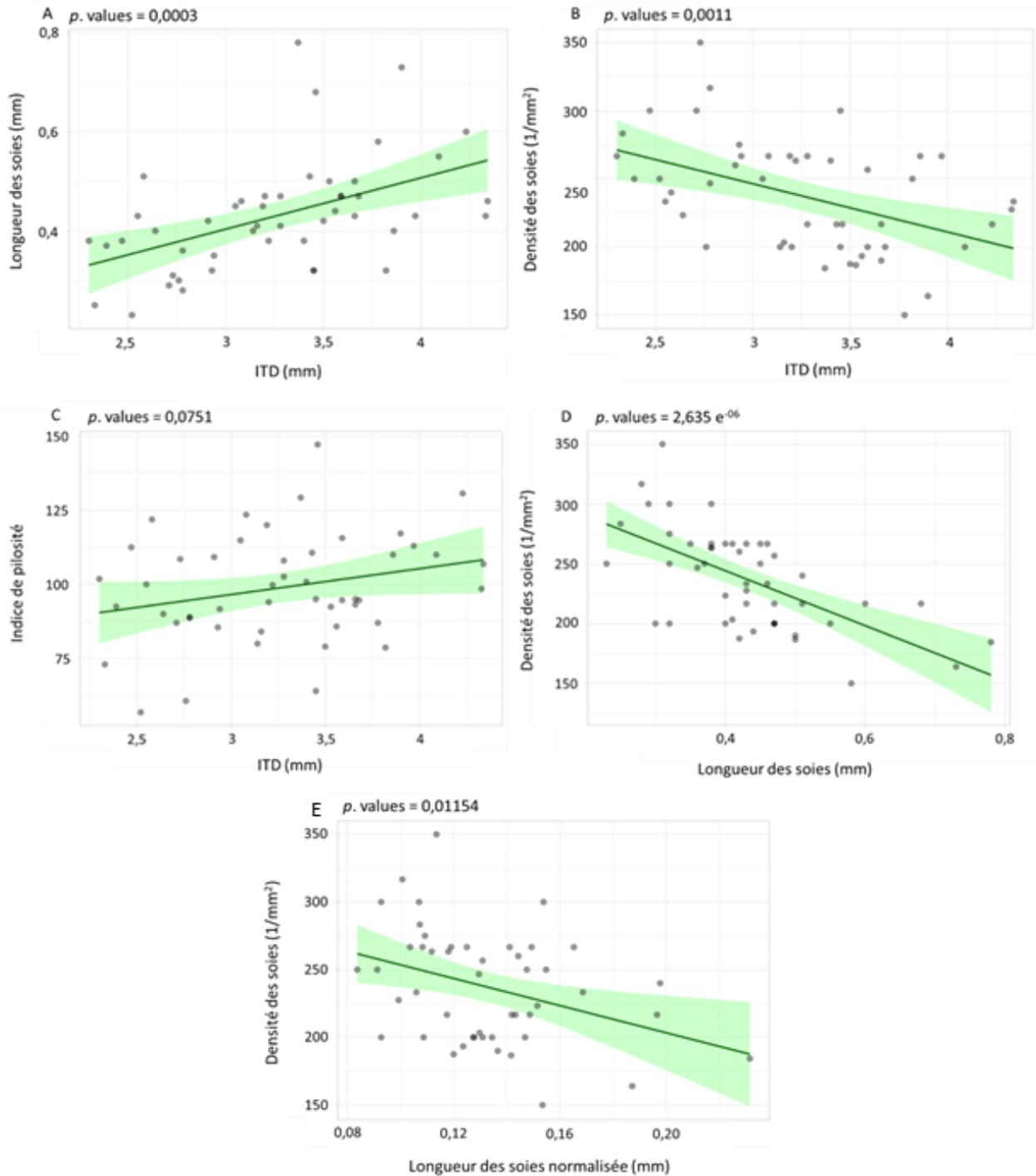


Figure 23 : Régressions linéaires des traits morphologiques des Eucerini mis en relation entre eux. Régression linéaire des longueurs de soies en fonction des tailles (ITD) (A), régression linéaire des densités de soies en fonction des tailles (B), régression linéaire des indices de pilosité en fonction des tailles (c), régression linéaire des densités de soies en fonction des longueurs des soies (D) et régression linéaire des densités des soies en fonction des longueurs des soies normalisées (E). Il y a une relation significative entre la taille (ITD) et la longueur de soies, entre la taille et la densité de soies et entre la longueur de soies et la densité de soies . Cependant, la taille n'est pas significative avec l'indice de pilosité. Chaque point des boxplot représente une espèce.

V. Discussion

1. Statut de conservation des Eucerini européennes

La liste rouge européenne des Eucerini de 2024 apporte une avancée notable dans les connaissances de ces abeilles sauvages. Le nombre d'Eucerini classés comme données insuffisantes (DD) est passé de 76,77 % (76 espèces) en 2014 à seulement 3,64 % (4 espèces). De ces 76 espèces DD dans la première liste rouge des abeilles d'Europe (Nieto et al. 2014), 2 seulement sont restées dans cette catégorie et 5 ont été classées comme non applicables (NA) car ce sont des espèces avec de grandes populations en Asie et quelques petites populations en Europe. 4 autres espèces des 76 espèces DD de 2014 ont été classées dans des catégories menacées (2 vulnérables, 1 en danger et 1 en danger critique) et 4 espèces comme quasi menacées (NT). En plus de cela, 11 espèces ont été nouvellement décrites en Europe depuis 2014 : 3 de ces espèces ont été classées comme NA car ce sont des espèces à large répartition asiatique, 2 comme DD par manque de données, 4 comme préoccupation mineure (LC) et 2 comme quasi menacées (NT). Au final, 81,81 % (90 espèces) des Eucerini sont catégorisées comme préoccupation mineure (LC) en 2024, 3,64% (4 espèces) sont classées dans des catégories menacées (2 vulnérables, 1 en danger et 1 en danger critique) et 3,64% (4 espèces) sont quasi menacées.

Dans l'ensemble, les espèces d'Eucerini ne sont pas en déclin en Europe (81,81 % des espèces classées comme LC). Ce n'est pas étonnant car ce sont des abeilles majoritairement méditerranéennes (thermophiles) et terricoles qui ne sont que très peu affectées pour le moment par des menaces telles que le changement climatique (Michener, 2007 ; Dorchin *et al.*, 2018 ; Harmon-Threatt, 2020). Par ailleurs, les populations d'Eucerini européennes sont relativement stables ces dernières années (Bartomeus *et al.*, données non publiées). On trouve tout de même 4 espèces dans les catégories menacées : *Eucera morio* Friese, 1911 (VU) dont l'habitat (steppe de Crimée) est menacé par la guerre, le surpâturage et les pesticides (Akimov, 2009 ; Risch pers. comm., 2024). Cette espèce est également oligolectique sur le genre *Onosma* (Boraginaceae) dont les populations sont en déclin en Europe (Akimov 2009, <https://www.iucnredlist.org/search?query=onosma>). *Eucera quilisi* (Dusmet y Alonso, 1926) (VU) et *E. brachycera* (Gribodo, 1893) (EN) voient leurs habitats (les semi-déserts du sud de l'Espagne) menacés par la construction de serres et par l'agriculture intensive (Risch pers. comm., 2024). Enfin, *E. excisa* Mocsáry, 1879, dont l'habitat (prairie et steppe de montagne) est en danger

par le surpâturage, le reboisement et le changement climatique (Özbek, 2010 ; Werners *et al.*, 2016 ; Risch pers. comm., 2024), est classé comme en danger critique d'extinction (CR). Il y a également 4 espèces classées comme quasi menacé (NT) : *Eucera breviceps* Friese, 1911 qui est oligolectique sur le genre *Onosma* (Aubert *et al.*, 2024), *E. flavicornis* Risch, 2003 qui pourrait prochainement être menacée par la haute fréquence des incendies en Grèce (Devalez pers. comm., 2024), et *E. parvicornis* Mocsáry, 1878 et *E. pollinaris* (Kirby, 1802) dont les aires de répartition diminuent grandement à cause notamment de l'agriculture intensive (Risch pers. comm., 2024). Les principales menaces des Eucerini sont la destruction et la fragmentation des habitats, principalement au niveau des steppes, des semi-déserts et des pelouses montagnardes.

Si on compare les statuts de conservation des Eucerini avec d'autres taxons évalués dans cette même liste rouge européenne des abeilles 2024, les Eucerini font partie des groupes qui se portent le mieux (avec 91,8 % des espèces catégorisées comme LC si l'on exclut les espèces DD et NA). Si on regroupe toutes les espèces d'abeilles sauvages en Europe, 77 % d'entre elles sont catégorisées comme LC si l'on exclut les DD et NA. Les Eucerini se portent donc mieux que les abeilles sauvages de manière générale. Si on prend des groupes partageant des points écologiques communs (thermophiles et solitaires), les Eucerini font partie des taxons qui se porte le mieux (96,4% des Xylocopinae, 91,9 % pour les Osmiini, 85,7 % pour les *Anthophora* et 82,7 % pour les *Megachile* sont catégorisées comme LC). Les Eucerini font également partie des taxons les mieux connus avec seulement 3,6 % de DD contre 7,3 % pour les Osmiini, 14,5 % pour les *Megachile* et 18 % pour les *Anthophora* (données non publiées). Si on prend les espèces avec des écologies fortement différentes comme celles de régions froides avec les *Bombus* ou les abeilles parasites avec les Nomadini, la situation est bien meilleure pour les Eucerini. En effet, les *Bombus* ont seulement 55,6 % de leurs espèces catégorisées comme LC (en excluant les DD et NA). Les Nomadini ont 63,6 % d'espèces catégorisées LC (données non publiées). Les *Bombus* font partie des espèces les plus menacées car en plus des menaces comme la destruction et la fragmentation des habitats, notamment par l'agriculture intensive, les bourdons sont très sensibles au changement climatique (Ghisbain *et al.*, 2024). Les Nomadini sont plus sensibles car ce sont des abeilles parasites qui dépendent des populations de leurs abeilles hôtes (Franzén & Nilsson, 2013 ; Rasmussen *et al.*, 2022).

À une échelle continentale, la situation des Eucerini est positive mais ces statuts doivent être remis en question car ils pourraient être optimistes. Chez les bourdons par exemple, beaucoup d'espèces catégorisées comme préoccupation mineure (LC) pourraient subir un déclin futur de leurs populations qui n'est pas en adéquation avec leurs statuts de conservation actuels

(Ghisbain *et al.*, 2024). Cependant, les bourdons et les Eucerini ont des écologies fortement différentes, et une hypothèse de déclin potentiel futur des populations des Eucerini devrait alors être évaluée de manière approfondie. À une échelle nationale cependant, la situation des Eucerini est bien différente, avec une grande partie d'entre elles classées dans des catégories menacées. En Belgique et aux Pays-Bas par exemple, les 2 espèces d'*Eucera* rencontrées sont dans les catégories menacées (Reemer, 2018 ; Drossart *et al.*, 2019). En République Tchèque, 8 espèces sur 14 dans les catégories menacées et 5 espèces régionalement éteintes (Hejda *et al.*, 2017). En Suisse, 7 espèces sur 13 dans les catégories menacées et 2 espèces régionalement éteintes (Müller *et al.*, 2024). Cette différence entre les listes européennes et nationales peut s'expliquer par différentes raisons, une hypothèse serait que la menace de la destruction et de la fragmentation des habitats se fait moins ressentir à très large échelle plutôt qu'à l'échelle de paysages. La perte d'une seule population aurait ainsi plus d'impact d'un point de vue national que continental du fait du plus grand nombre de populations et de la plus grande aire de répartition au niveau européen que national (Işik, 2011 ; Ghisbain *et al.*, 2021b). Les espèces sont donc plus facilement classées dans des catégories menacées dans une liste rouge nationale que continentale. La deuxième raison est qu'aucune des listes rouges nationales récentes (moins de 10 ans) ne concerne des pays méditerranéens, qui sont les hotspots des Eucerini. Seule l'Italie en possède une, mais sur la vingtaine d'espèces pouvant être observées dans ce pays, une seule espèce est présente dans cette liste rouge (Quaranta *et al.*, 2018). Les listes rouges récentes ne concernent que des pays de l'Europe centrale à nordique, et ces pays sont souvent à la limite nord des aires de répartition des Eucerini (Kratschmer *et al.*, 2021). Elles ne sont, par conséquent, pas représentatives de la santé des populations des Eucerini en Europe.

Si on compare la liste rouge des Eucerini avec des pollinisateurs non-abeilles en Europe, les Eucerini se portent beaucoup mieux que les syrphes (chez qui 35,2 % des espèces sont menacées). La richesse spécifique se trouve en Europe centrale pour les syrphes alors que cette richesse spécifique est en Méditerranée pour les Eucerini. Les espèces menacées de syrphes se situent principalement dans les montagnes (Alpes et Rhodopes), sur les îles de Grèce et les Balkans. Une seule espèce d'Eucerini se retrouve uniquement en montagne et elle est également menacée. Les montagnes sont menacées par l'agriculture intensive et les changements climatiques. Ce plus grand nombre d'espèces montagneuses peut expliquer la plus grande proportion d'espèces menacées chez les syrphes (Sergio & Pedrini, 2008 ; Zisenis & Price, 2011). De plus, les espèces d'Eucerini présentes dans les îles de Grèce et les Balkans possèdent une large distribution et ne sont donc pas menacées (Vujić *et al.*, 2022).

La plus grande richesse spécifique en Eucerini se retrouve au niveau méditerranéen avec notamment 37 espèces retrouvées en France, 38 au Portugal, 40 en Italie, 50 en Espagne et 63 en Grèce. On retrouve également énormément d'Eucerini au niveau des steppes européennes avec 42 espèces en Roumanie, 44 espèces en Ukraine et 47 espèces en Russie. La grande richesse spécifique des Eucerini en Méditerranée et dans les steppes est certainement due à la grande richesse spécifique en plantes de ces milieux (Abeli *et al.*, 2011). C'est en Grèce qu'on retrouve la plus grande richesse spécifique en Eucerini. Les grandes variations topographiques et les nombreuses îles et îlots de taille et d'isolement variée, permettent une grande diversité d'habitats et une grande diversité en espèces (Legakis *et al.*, 2018 ; Kougioumoutzis *et al.*, 2022). Il n'est donc pas étonnant que la Grèce possède la plus grande diversité spécifique européenne en Eucerini.

Peu d'Eucerini sont endémiques de l'Europe, en effet sur 110 espèces seulement 3 sont endémiques au continent européen. *Eucera codinai* Dusmet y Alonso, 1926 qu'on retrouve uniquement en Espagne et au Portugal, *E. gracilipes* Pérez, 1895 qui est endémique des îles Canaries et *E. quilisi* (Dusmet y Alonso, 1926) qui est endémique de l'Espagne (Reverté *et al.*, 2023). Les espèces d'Eucerini se retrouvent dans la péninsule ibérique et les îles espagnoles car ce sont des régions à fortes isolations dues à présence d'eau qui les entourent et d'une chaîne de montagnes (les Pyrénées) au nord de l'Espagne (Lozano *et al.*, 2000). L'Europe a donc une grande responsabilité sur la conservation de ces 3 espèces et principalement *E. quilisi* qui est catégorisé comme vulnérable dans la nouvelle liste rouge.

2. Mesures des traits éco-géo-morphologiques

a) Traits écologiques

Les Eucerini sont majoritairement oligolectiques, avec 69% d'espèces spécialistes et 31% d'espèces généralistes. Dans les 69% d'Eucerini oligolectique, 23,6% concernent les *Tetralonia*. Le genre *Tetralonia* est un genre basal chez les Eucerini (Dorchin *et al.*, 2018), et l'oligolectisme est un caractère basal chez la plupart des abeilles (Müller, 1996 ; Teppner & Brosch, 2015 ; Larkin *et al.*, 2008). Le reste des Eucerini oligolectiques (45,4 %) appartiennent au genre *Eucera*. La répartition entre abeilles spécialistes et généralistes est plus équilibrée chez les *Eucera* (59,5% d'oligolectiques) dont la majorité sont spécialisées sur les Fabaceae ou les Asteraceae. La même tendance est observée en Europe centrale, où 55 % des abeilles sont oligolectiques sur Asteraceae, Fabaceae ou Boraginaceae (Müller *et al.*, 1997).

b) Traits géographiques

- Indice de température (STI)

Les données STI qui ne concernent pas les Eucerini sont reprises de l'étude de Duchenne *et al.* (2020).

Les Eucerini ont un indice de température moyen de 14,10°C. Cet indice est bien plus important que celui des *Andrena* (moyenne = 7,99 °C) et que celui des *Bombus* (moyenne = 7,99 °C). Les Eucerini sont une tribu méditerranéenne alors que les *Andrena* sont de région tempérée et les *Bombus* de région plus nordique (Rasmont *et al.*, 2015 ; Bossert *et al.*, 2022). Il est donc logique que les Eucerini aient un indice de température plus élevé. Cependant, les données STI non-Eucerini ne concernent que des espèces collectées en Belgique, et les conclusions prises dans ce chapitre doivent donc être prises avec du recul car elles ne prennent pas en compte des espèces purement méditerranéennes ou nordiques.

- Indice de continentalité (SCI)

Les données SCI qui ne concernent pas les Eucerini sont reprises de l'étude de Duchenne *et al.* (2020).

Les Eucerini ont un indice de continentalité moyen de 6,51 °C. Cet indice est plus petit chez les Eucerini que pour les *Andrena* (moyenne de 6,12 °C) et que les *Bombus* (6,09 °C). Beaucoup d'Eucerini présentent une répartition steppique, ce qui n'est pas le cas pour les *Bombus* et les *Nomada*. Les régions steppiques montrent une forte continentalité qui peut expliquer ce SCI plus grand chez les Eucerini. Cependant, les données SCI non-Eucerini ne concernent que des espèces collectées en Belgique, et les conclusions de ce chapitre doivent donc être prises avec du recul car elles ne prennent pas en compte des espèces exclusivement méditerranéennes ou nordiques.

c) Traits morphologiques

- ITD

Les données ITD qui ne concernent pas les Eucerini sont reprises de l'étude de Gérard *et al.* (2020,b).

La moyenne des ITD pour les Eucerini est de 3,22 mm. Cette moyenne est au-dessus de la moyenne de toutes les abeilles sauvages réunies (moyenne = 2,44 mm), les Eucerini peuvent donc être considérés comme de grandes abeilles. Si on compare la moyenne des ITD des Eucerini avec des abeilles également solitaires et terricoles comme les *Melitta* (moyenne = 2,76 mm), les Eucerini sont également plus grandes. Les *Melitta* ont des origines africaines (Danforth et al., 2006 ; Dellicour et al., 2014) , ce qui pourrait expliquer leurs plus petites tailles. La petite taille des *Mellita* aurait été sélectionnée évolutivement pour résister à la chaleur selon la loi de Bergmann (Bergmann, 1848). Enfin, si on compare la moyenne des ITD des Eucerini à des espèces plus nordique comme les *Bombus* (moyenne = 5,63 mm) , les Eucerini sont plus petites, confirmant la loi de Bergmann.

- Pilosité

Les données pilosité qui ne concerne pas les Eucerini sont reprises de l'étude de Roquer-Beni *et al.* (2020).

Les Eucerini ont une moyenne de longueur des soies de 0,43 mm et de densité des soies de 237,119 soies/mm². Comparé aux bourdons qui sont plus grands en taille corporelle, les Eucerini présentent des soies plus courtes (moyenne = 1,29 chez *Bombus*) et une densité de soies moindre (266,08 soies/mm² chez *Bombus*). Les bourdons ayant une répartition plus nordique que les Eucerini, il semble logique qu'elles présentent des valeurs de ces traits morphologiques plus importantes pour résister aux conditions climatiques plus froides. Les *Andrena* quant à elles ont également une longueur des soies (moyenne = 0,53) et une densité de soies (moyenne de 280, 30 soies/mm²) que les Eucerini. Cependant, ces *Andrena* sont plus petites (moyenne ITD = 2,28 mm) que les Eucerini (moyenne ITD = 3,22 mm). Les Eucerini et les *Andrena* présentent une taille et une pilosité qui varient dues à des pressions climatiques et écologiques.

3. Caractéristiques des taxons européens d'Eucerini

La taxonomie de la tribu des Eucerini est complexe dû à la forte ressemblance entre les genres. Encore récemment, Dorchin (2023) a mis à jour cette taxonomie. Dans le présent travail, plusieurs analyses ont été réalisées pour déterminer ou confirmer des différences écologiques, géographiques et morphologiques entre les genres et sous-genres d'Eucerini.

a) Caractéristiques des genres européens d'Eucerini

Premièrement, le genre *Tetralonia* a une phénologie plus tardive que le genre *Eucera*, confirmant ce qui avait déjà été observé dans la littérature (Dorchin *et al.*, 2018 ; Aubert, 2020).

Les *Tetralonia* ont également un indice de température (STI) plus petit. Cependant, un lien a également été obtenu entre l'indice de température et la phénologie, les abeilles estivales ayant un STI plus petit. Une hypothèse serait qu'en été, des zones plus nordiques (avec un STI plus petit) soient propices en termes de température pour les Eucerini alors qu'au printemps, ces mêmes zones seraient trop froides pour ces abeilles soient actives. Connaissant ce lien entre phénologie et STI, il est logique que les *Tetralonia* aient un STI plus petit dû à leur phénologie plus tardive.

Il existe plusieurs différences morphologiques entre les genres d'Eucerini. Les *Tetralonia* sont généralement plus petites que les *Eucera*, et la taille des *Tetralonia* pourrait les avantager par rapport à des températures plus chaudes estivales. En effet, une petite taille permet de refroidir plus rapidement (Pereboom & Biesmeijer, 2003 ; Chole *et al.*, 2019). Les *Tetralonia* ont également une longueur de soies plus petite, une densité de soies plus grandes et un indice de température plus petit. La différence de pilosité entre les genres d'Eucerini peut s'expliquer par les relations entre la taille et les différents traits de pilosité. La taille est proportionnelle à la longueur des soies et inversement proportionnelle à la densité de soies. Les petites abeilles ne peuvent pas avoir de trop grandes soies en raison de contraintes physiques qui pourraient compromettre leur mobilité. Pour compenser cela, les petites abeilles ont une densité de poils plus grande. Il y a également une tendance à ce que les abeilles de grande taille aient un indice de pilosité plus grand (Roquer-Beni *et al.*, 2020). Étant donné que les *Tetralonia* ont tendance à être plus petites, il est logique qu'elles aient des soies plus courtes mais plus denses et un indice de pilosité plus petit que les *Eucera*. Cependant, les *Tetralonia* ont des soies plus petites indépendamment de leur taille que les *Eucera*. Les poils créent une couche isolante limitant la perte de chaleur (Roquer-Beni *et al.*, 2020), il est logique que des *Tetralonia*, qui présentent une phénologie plus tardive que les *Eucera*, aient des soies plus courtes.

L'histoire évolutive des Eucerini peut expliquer la phénologie plus tardive et la taille plus petite avec des soies plus courtes des *Tetralonia*. Les Eucerini sont originaires du Néarctique et ont migré par deux reprises vers le paléarctique. La première migration s'est faite durant une période géologique chaude (entre 24,2 et 16,6 millions d'années) par les *Tetralonia*, ce qui explique leur phénologie plus tardive. La deuxième migration s'est faite durant une période de refroidissement climatique (entre 13,9 et 12,3 millions d'années) par les *Eucera*, ce qui explique leur phénologie plus précoce (Dorchin *et al.*, 2018 ; Freitas *et al.*, 2023). Les *Tetralonia* étant actives sous des températures plus chaudes que les *Eucera*, une petite taille et une petite longueur des soies ont été sélectionnées pour ces *Tetralonia*, rendant plus aisée la perte de chaleur corporelle. Cependant, une petite taille n'est pas toujours sélectionnée pour des abeilles de climat chaud. Un sous-genre de Megachile, *Callomegachile*, présente une grande taille et est originaire des tropiques. La grande disponibilité en ressources florales et la plus longue saison chaude,

permettant une période de croissance plus longue, des tropiques ont permis à ces abeilles d'atteindre de plus grandes tailles (Schoener & Janzen, 1968 ; Roubik, 1989 ; Trunz et al., 2016).

b) Caractéristiques des sous-genres européens d'*Eucera*

Seule la taille est différente entre les sous-genres d'*Eucera*, avec le sous-genre *Eucera sensu stricto* qui est plus petit que les sous-genres *Cubitalia* et *Synhalonia*. Aucune raison sur l'écologie ou la géographie actuelle de ces groupes ne semble pouvoir expliquer cela. En effet, les *Eucera sensu stricto* ont une phénologie plus précoce que les *Cubitalia* et *Synhalonia*, donc une grande taille des *Eucera sensu stricto* aurait été plus logique selon la loi de Bergmann. Il faudrait dès lors étudier plus profondément le développement évolutif de ces groupes pour peut-être comprendre cette différence de taille. Bien que la taille soit différente entre le sous-genre *Eucera sensu stricto* et les autres sous-genres du genre *Eucera*, la pilosité ne diffère pas entre les groupes. La pilosité est une mesure moins explorée dans la littérature et donc difficilement obtainable, et les données de pilosité actuelles viennent uniquement des individus de la collection du laboratoire de Zoologie de l'université de Mons. À cause de cela, seule la pilosité de quelques individus d'espèces des sous-genres *Cubitalia* et *Synhalonia* ont pu être mesurées, ce qui ne permet pas des analyses statistiques robustes au niveau des sous-genres.

4. Caractéristiques des Eucerini menacés en Europe

a) Indice de continentalité (STI)

Les Eucerini présentent plusieurs différences entre celles catégorisées comme préoccupation mineure (LC) et celles non-LC qui regroupent les quasi menacées (NT), les vulnérables (VU), les en danger (EN) et les en danger critique (CR). Les Eucerini catégorisés comme LC présentent un indice de continentalité (SCI) plus petit que les non-LC. Les non-LC sont donc plus continentales. Si on regarde leurs distributions, on les retrouve au climat suivant : méditerranéen et semi-aride pour *Eucera Brachycera*, *E. breviceps* et *E. quilisi*; continentale pour *E. morio* et *E. pollinaris*; montagnarde pour *E. excisa*; méditerranéen pour *E. flavicornis* et méditerranéen et continentale pour *E. parvicornis*. Proportionnellement, il y a plus d'espèces de climat continental dans la catégorie non-LC (2 sur 8 espèces) que dans la catégorie LC (2 sur 90 espèces). En plus, *E. excisa* (catégories non-LC) est une espèce de climats montagnards (au niveau des Carpates) et possède un grand SCI. Cette proportion plus élevée augmenterait la valeur moyenne des SCI des espèces non-LC, la rendant significativement différente des espèces LC. Une autre hypothèse est que les menaces majeures qui pèsent sur les Eucerini sont dues à leurs habitats : le SCI serait alors indirectement lié aux menaces des Eucerini via leurs habitats. Les

habitats steppiques, semi-désertiques et les pelouses montagnardes sont grandement menacés par l'agriculture, le surpâturage, la reforestation et le changement climatique (Piñero *et al.*, 2011 ; Werners *et al.*, 2016 ; Pazur *et al.*, 2021 ; Varga *et al.*, 2021). Ces habitats (steppe, semi-désert, prairie de montagne) subissent des événements climatiques extrêmes plus intenses et/ou plus fréquents (Inouye, 2000 ; Pazur *et al.*, 2021 ; Sharafi & Ghaleni, 2022). Des événements comme des gelées ou des vagues de chaleur augmentent la saisonnalité (différence entre les températures minimales et maximales au cours d'une année) et ainsi augmenteraient les valeurs du SCI, rendant celui-ci indirectement lié aux menaces.

Le fait que ce soient les espèces continentales qui soient menacées est opposé avec d'autres listes rouges européennes de taxons comme celles sur les plantes vasculaires (Abeli *et al.*, 2011), les odonates (Hochkirch *et al.*, 2016) et les mollusques (Neubert, 2019) dont les espèces menacées sont plus méditerranéennes. Les menaces des plantes vasculaires, des odonates et des mollusques sont l'agriculture intensive, l'urbanisation, le changement climatique et le surpâturage. Les syrphes ont des espèces menacées plus continentales au niveau des régions alpines (Vujić *et al.*, 2022). Les syrphes sont menacés par l'agriculture intensive, l'urbanisation et le changement climatique (Vujić *et al.*, 2022). Les Eucerini européennes ne sont que très peu menacées par le changement contrairement autres taxons discutés dans ce paragraphe. Leur principale menace est l'agriculture intensive et le surpâturage, principalement au niveau des steppes et des semi-déserts espagnols.

b) Étendue d'occurrence (EEO)

Les espèces d'Eucerini en préoccupation mineure (LC) présentent une étendue d'occurrence (EEO) significativement plus grande que les non-LC. Il est logique de trouver un lien entre les statuts de conservation et l'EEO car les catégories menacées se basent entre autres sur cette métrique. Cependant, les espèces présentant une aire de répartition large ont naturellement tendance à être moins menacées que les espèces présentant une petite aire de répartition. En effet, si l'aire de répartition est petite, il est plus probable qu'une menace touche une grande partie de la population et qu'il n'y ait pas d'autre population pour garantir la survie de l'espèce (Işık, 2011 ; Ghisbain *et al.*, 2021b). De plus, de petits événements menaçants peuvent être suffisants pour éliminer des espèces à petite aire de répartition, ce qui n'est pas le cas chez les espèces à large distribution (Keith *et al.*, 2018). Il est cependant à noter que plusieurs espèces étant présentes en Europe seulement sur de petites îles (et donc présentant un petit EEO) sont catégorisées LC. Par exemple, *Eucera aequata* et *E. gaullei* à Chypre et *E. gracilipes* et *Tetralonia hohmanni* dans les îles Canaries. Un petit EEO ne suffit donc pas pour catégoriser une espèce comme menacée : elle doit présenter un déclin de ses populations et/ou une destruction ou une fragmentation de son habitat (Annexe 3).

c) Taille

Le dernier trait significativement corrélé au statut de conservation est la taille. Les Eucerini dans la catégorie préoccupation mineure (LC) ont tendance à être plus petites que celles non-LC. Une petite taille est avantageuse en cas de destruction des habitats car le besoin en ressources florales est moindre que celui des abeilles de grandes tailles. Cependant, une grande taille peut être avantageuse en cas de fragmentation des habitats mais jusqu'à une certaine limite (Williams *et al.*, 2010 ; Nooten & Rehan, 2020 ; Aubert *et al.*, 2024). En effet, les abeilles solitaires sont généralement limitées à quelques kilomètres au maximum dans leurs déplacements. Dans le cas d'une trop grande fragmentation, une grande taille n'est plus avantageuse due à la nécessité d'accumuler plus de ressources florales. Cette tendance se confirme en étudiant plus attentivement les statuts de conservation en fonction des genres d'Eucerini. En effet, les espèces du genre *Tetralonia* ont tendance à être plus petites que celles du genre *Eucera* et aucune espèce de *Tetralonia* ne se retrouve dans des catégories menacées (VU, EN, CR) ou quasi menacées (NT) de la liste rouge européenne de 2024.

Ces résultats coïncident avec d'autres observations notamment aux Pays-Bas où des chercheurs ont observé un déclin plus prononcé des abeilles de grande taille entre 1900 et 2010 due à une diminution des ressources florales (Oliveira *et al.*, 2016). Cependant, le résultat contraire a été observé chez les reines de bourdons, les espèces plus grandes présentant un plus petit déclin car elles étaient moins sensibles à la fragmentation des habitats (Gérard *et al.*, 2020,a). Si on compare avec d'autres taxons que les abeilles, de manière générale une grande taille corporelle coïncide avec une plus grande menace étant donné la plus grande nécessité de nourriture. C'est par exemple le cas chez les coléoptères carabes (Nolte *et al.*, 2019), chez les zygoptères (Rocha-Ortega *et al.*, 2020) et chez les papillons (Palash *et al.*, 2022).

d) Traits non significatifs

Les traits aire d'occupation, lectisme, la phénologie, l'indice de température et la pilosité ne sont pas significatifs, probablement car ils peuvent être avantageux ou désavantageux en fonction des menaces.

L'aire d'occupation (AOO) est presque significative (p . value de 0,079). Encore une fois, cette métrique est un critère de l'IUCN pour classer les espèces dans les catégories menacées. L'AOO n'est cependant pas totalement significative, probablement car elle plus est biaisée par l'effort d'échantillonnage que l'EEO. Les efforts d'échantillonnage ont également plus d'impact sur des grandes aires de distribution (les LC) que les petites (non-LC) sur la mesure de l'AOO. En effet, il y a une plus grande probabilité que des zones ne soient pas ou peu échantillonnées dans

les zones de grande envergure que des petites zones (Marsch *et al.*, 2023). La sous-estimation de l'aire de répartition est donc plus forte pour les espèces d'Eucerini LC que non-LC, atténuant la différence entre l'aire de répartition des LC et des non-LC, et rendant l'AOO en marge de la significativité vis-à-vis des menaces.

Le lectisme est souvent cité dans la littérature comme facteur potentiel de menace. Les espèces oligolectique sont plus sensibles à plusieurs facteurs anthropiques, notamment la destruction et la fragmentation des habitats (Greenleaf *et al.*, 2007; Stout & Morales, 2009; Williams *et al.*, 2010). Les espèces oligolectiques sont spécialisées principalement sur les Fabaceae pour le genre *Eucera* et les Asteraceae pour les *Tetralonia*, et les Asteraceae et les Fabaceae sont des familles de plantes riches en espèces (Bogusch *et al.*, 2020). Ces espèces d'Eucerini sont retrouvées dans les catégories préoccupation mineure (LC) dû à l'abondance de leurs plantes hôtes. De plus, l'oligolectisme pourrait être un avantage vis-à-vis de la compétition interspécifique mais cela est fortement débattu (Evertz, 1995). Les Eucerini oligolectiques pourraient être plus compétitifs en étant adaptés dans la recherche de nourriture sur leurs plantes hôtes comparés aux abeilles polylectiques (Steffan-Dewenter & Tscharncke, 2000). Les espèces oligolectiques ont également une phénologie qui s'adapte à celle de leurs plantes hôtes, notamment dans les milieux arides où il a été observé que les espèces oligolectiques pouvaient rester en diapause si les conditions n'étaient pas réunies pour la bonne disponibilité de la plante hôte (en cas de sécheresse) (Minckley *et al.*, 2013). Certaines espèces oligolectiques sont même en expansion, c'est par exemple le cas de l'abeille pruinée, *Xenoglossa pruinosa* (Eucerini du continent américain). Cette espèce oligolectique sur Cucurbitaceae voit son aire de répartition s'agrandir grâce à l'agriculture et notamment la domestication de *Cucurbita pepo* (López-Urbe *et al.*, 2016). Cependant, le groupe des *Cubitalia*, qui est oligolectique sur Boraginaceae, présente 1 espèce vulnérable (VU) et 2 espèces quasi menacées (NT) sur 4 espèces au total présentes en Europe (la dernière espèce étant données insuffisantes). Deux de ces espèces sont spécialisées sur un genre de Boraginaceae en particulier, les *Onosma* : *Eucera morio* (VU) et *E. breviceps* (NT). En Europe, les *Onosma* sont un genre retrouvé principalement dans les steppes. Les habitats steppiques sont fortement menacés à cause du surpâturage et de la reforestation (Aubert *et al.*, 2024). Dans cette situation, l'oligolectisme est alors un désavantage pour l'espèce qui se voit fortement limitée dans la disponibilité des ressources florales.

Il n'y a pas de différence significative entre les LC et non-LC pour la phénologie, l'indice de température (STI) et la pilosité. Ces traits ne sont pas impactants pour la plupart des menaces qui concernent les abeilles hormis le changement climatique. Cependant, les Eucerini ne sont que peu affectés par cette menace car elles sont thermophiles et terricoles (Michener, 2007; Dorchin

et al., 2018 ; Harmon-Threatt, 2020). Les Eucerini ont également une valeur de STI élevée (supérieure à 5 °C). Une étude démontre que les espèces à petit STI (moins de 5 °C) sont plus sensibles au changement climatique (Rasmont *et al.*, 2015). Cependant, le changement climatique est une menace qui devrait avoir plus d'impact dans le futur, notamment par l'augmentation de la fréquence, de l'intensité et de la durée des événements météorologiques extrêmes comme les vagues de chaleur et les incendies (Besancenot & Thibaudon, 2012, Lhotka *et al.*, 2018). Les espèces estivales, de région chaude et à pilosité élevée pourraient être plus impactées, notamment par les sécheresses et vagues de chaleur (Khan & Liu, 2022; Sharafi & Ghaleni, 2022).

5. Stress thermique (THS)

Seulement 2 espèces ont pu être entièrement testées lors de l'expérience sur la résistance au stress thermique, ce qui ne permet pas d'analyser cette métrique avec les taxons et les statuts de conservation des Eucerini. On peut cependant comparer les 2 espèces pour lesquelles assez de réplicats ont pu être analysés avec d'autres résultats THS d'abeilles provenant de la littérature. Ces résultats sont donc préliminaires et aucune conclusion sur toute la tribu des Eucerini ne peut être faite pour le moment. *Eucera nigrescens* présente une médiane est de 39,33 minutes et *Eucera rufa* présente une médiane est de 93,5 minutes avant de tomber en stupeur thermique. Si on compare ces mesures avec des espèces dont l'aire de répartition est large comme *Bombus terrestris* (médiane de 397 minutes) et des espèces méditerranéennes comme *Bombus xanthopus* (médiane de 474 minutes), les *Eucera* sont bien moins résistantes. La résistance au stress thermique de *Eucera nigrescens* se rapproche plus d'espèces alpines ou arctiques comme *Bombus hyperboreus* (médiane de 21 minutes) (Martinet *et al.*, 2021b). Les Eucerini sont des espèces thermophiles dont l'aire de répartition est centrée sur la Méditerranée, il est donc surprenant d'observer ces résultats. Cependant, les 2 espèces étudiées ont une phénologie printanière et donc ne pourraient pas être adaptées à des conditions climatiques extrêmes comme les vagues de chaleur qui sont plus des événements plutôt estivaux. Cette faible résistance au stress thermique pourrait également être due à une mauvaise capacité de se thermoréguler, par exemple à cause d'une faible production de protéines de choc thermique (Heat Shock Protein ou HSP) (Boustani *et al.*, 2024).

La faible résistance au stress thermique des 2 espèces d'*Eucera* pourrait également être due à un protocole inadapté. La première hypothèse est que les *Eucera* sont trop fragilisés durant le transport entre la collecte sur le terrain et le frigo. Le transport peut générer un stress de captivité (être enfermées dans un pot) que ne supportent pas ces 2 espèces d'*Eucera* ou le pot génère un microclimat plus chaud qui n'est pas supporté par ces *Eucera*. La deuxième hypothèse est que la température du frigo est trop froide pour ces espèces. Enfin, la dernière hypothèse est

que les *Eucera* ne sont pas capables de se nourrir avec la solution sucrée. Cette incapacité à se nourrir les fragiliserait trop fortement avant l'expérience du THS.

6. Critiques et perspectives

a) Liste rouge

Les listes rouges sont des outils essentiels pour la conservation des espèces et sont une aide à la mise en place de plan de conservation en servant de base aux recommandations politiques pour la conservation des espèces et des habitats (Kratschmer *et al.*, 2021). La conservation des Eucerini doit être réalisée au niveau des habitats en préservant les habitats menacés comme les steppes, les semi-déserts et les pelouses de hautes montagnes. Les listes rouges peuvent servir également d'accompagnement pédagogique afin d'informer le public pour le sensibiliser sur les menaces que subissent les Eucerini et comment les protéger (Saunders *et al.* 2020). Cependant, une liste rouge n'est pas une liste de priorités de conservation. La conservation d'une espèce ne dépend pas que des facteurs biologiques mais également de facteurs financiers, culturels, logistiques, économiques, éthiques et sociaux (Fitzpatrick *et al.*, 2007).

Les listes rouges présentent plusieurs défauts : même si tous les taxons sont évalués selon les mêmes critères, il reste plus difficile d'évaluer la taille des populations et du déclin des abeilles que de grands mammifères. Il en résulte que le statut de conservation des abeilles repose en grande partie sur des métriques telles que l'aire d'occupation (AOO) et l'étendue d'occurrence (EOO). Or, l'AOO et l'EOO dépendent eux-mêmes des efforts d'échantillonnage qui ne sont pas les mêmes selon les pays (voir les cartes de Rasmont *et al.* 2021 ; Leclercq *et al.*, 2023 ; Nardi *et al.*, données non publiées). Il y a également une part de subjectivité des taxonomistes dans ses listes rouges, notamment dans la quantification de l'impact des menaces sur les différentes espèces.

Il faut continuer les études sur les Eucerini afin de déterminer l'écologie, la distribution et les menaces des dernières espèces catégorisées comme données insuffisantes (DD). De plus, il y a très peu d'informations sur les populations des Eucerini en Europe. Des études devront être menées pour définir les tendances de populations chez ces espèces. Il faudra également suivre les espèces menacées et mettre en place des plans de conservation pour les protéger. Des suivis sur les espèces catégorisées comme non applicables (NA) devront être menées pour déterminer si les espèces à grosses populations asiatiques et qui sont en marge de l'Europe, voient leurs populations s'étendre en Europe. Enfin, il faudra remettre à jour la liste rouge dans 10 ans afin de voir l'évolution des espèces d'Eucerini en Europe. Des menaces comme le changement climatique

et l'urbanisation pour le tourisme, principalement en Méditerranée, devraient s'intensifier dans le futur et augmenter le nombre d'Eucerini menacées en Europe.

b) Traits géographiques, morphologiques et physiologiques

L'aire d'occupation (AOO) et l'étendue d'occurrence (EEO) présentent plusieurs défauts. Comme déjà mentionné précédemment, ils dépendent des efforts d'échantillonnage qui varient en fonction des pays. Ils considèrent également toutes les coordonnées d'occurrence sans prendre en compte leurs dates de collectes. Le déclin des populations n'est donc pas pris en compte dans le calcul de ces métriques. Enfin, l'EEO considère dans l'aire de répartition d'une abeille des habitats inadaptés à celle-ci comme par exemple les surfaces d'eau ou les hauts sommets de montagne.

L'évaluation de la phénologie des espèces pourrait également être améliorée. En effet, on compare actuellement la période de vols des espèces selon les saisons mais sans prendre en compte leurs localités. Une comparaison est donc faite entre des espèces hivernales d'île méditerranéenne à des espèces estivales continentales. Une métrique qui serait intéressante à mesurer serait la température moyenne (calculée de la même manière que le STI) en fonction des mois d'activités des Eucerini. Cette nouvelle métrique pourrait nous permettre de calculer la température moyenne optimale pour qu'une espèce soit active en Europe.

La mesure de résistance au stress thermique (THS) présente également plusieurs défauts : stress de captivité, frigo et nourrissage. Un protocole adapté au Eucerini pourrait être conçu mais cela entraînerait des problèmes lors de comparaisons possibles avec d'autres taxons. Il faudrait également tester la résistance au stress thermique sur des *Tetralonia* qui ont une phénologie plus tardive et pourraient donc être plus résistantes.

De manière générale, il faudrait réaliser les mesures de traits morphologiques et de THS sur plus d'espèces et avec plus de réplicats, surtout pour les mesures de pilosité. Cela permettrait de renforcer nos statistiques et de confirmer nos tendances entre les menaces et les traits sur un plus grand nombre d'espèces et également entre les taxons d'Eucerini.

Enfin, il serait intéressant de mesurer le lien entre les statuts et les combinaisons de traits écologiques, géographiques et morphologiques. Un trait pourrait avoir un impact en combinaison avec un autre sur les menaces des Eucerini sans que le trait seul n'ait cet impact.

c) Conservation

Cette étude pourrait permettre une meilleure conservation des Eucerini en Europe grâce à l'amélioration des connaissances en termes d'écologie, de géographie, de menaces et de morphologie des différentes espèces. En effet, comprendre la variabilité des réponses des Eucerini aux différentes menaces en fonction de leur écologie, géographie et morphologie permettra une meilleure gestion de ces abeilles (Cariveau & Winfree, 2015). L'identification des traits écologiques, géographiques et morphologiques a permis de montrer une tendance parmi les traits des espèces menacées. Les Eucerini de grande taille avec une petite aire de répartition et se trouvant dans des habitats avec un indice de continentalité élevé sont plus à même à être menacés que les autres espèces d'Eucerini. Des Eucerini qui présentent ces traits demandent une attention particulière afin d'identifier les menaces qui pèsent sur elles sans pour autant délaisser les autres espèces. Cependant, certains points restent à améliorer, comme l'évaluation de la dynamique des populations d'Eucerini qui reste encore mal connue. Plusieurs plans d'action peuvent être mis en place, notamment en conservant les habitats menacés tels que les steppes, les semi-déserts et les pelouses montagnardes (Drossart & Gérard, 2020). Il faut également préserver les autres habitats qui pourraient être menacés prochainement comme par exemple en Méditerranée. En effet, des études prévoient que le tourisme s'élèvera à 500 millions de voyageurs d'ici 2030 dans le bassin méditerranéen avec un taux croissant moyen de 2,6 % par an (Drius et al. 2019). Cette augmentation touristique augmentera les menaces de l'urbanisation provoquant la destruction et la fragmentation des habitats méditerranéens. Enfin, il est important de mettre en place des plans de gestion des sites de nidification et de ressources florales notamment dans les zones semi-naturelles qui peuvent être riches en espèces rares (Drossart & Gérard, 2020; Hennessy *et al.*, 2020). C'est par exemple le cas dans un aéroport en Grande-Bretagne avec *Eucera longicornis* (Linnaeus, 1758) (Hennessy *et al.*, 2020). Les menaces qui pèsent sur les Eucerini sont localisées, et la conservation de ces espèces doit donc se faire aussi bien d'un point de vue continental que national.

VI. Conclusion

Ce travail a permis d'améliorer drastiquement les connaissances sur les Eucerini d'Europe ainsi que les menaces qui pèsent sur elles. De nouvelles données ont permis de mieux évaluer ces pollinisateurs dans la mise à jour de la liste rouge 2024. Cette évaluation a permis de mettre en évidence la bonne pérennité des espèces d'Eucerini en Europe avec 81,8 % des espèces catégorisées comme préoccupation mineure. Elle a également grandement amélioré les connaissances sur les Eucerini d'Europe, avec seulement 3,6 % des espèces classées comme données insuffisantes. Ensuite, plusieurs traits écologiques et morphologiques comme la phénologie ou la taille ont permis de mieux différencier les taxons d'Eucerini en Europe. Le genre *Eucera* est plus grand et présente une phénologie plus précoce que le genre *Tetralonia*. Au sein du genre *Eucera*, le sous-genre *Eucera* est plus petit que les sous-genres *Cubitalia* et *Synhalonia*. L'analyse quantitative des différents traits entre eux a permis d'identifier une relation entre la taille (ITD) des Eucerini et la longueur puis la densité des soies, expliquant ainsi les différences de pilosité entre le genre *Eucera* et *Tetralonia*. Une relation entre phénologie et indice de température (STI) permet d'expliquer également la différence de STI entre les genres. Enfin, une analyse quantitative entre les traits et les statuts de conservation ont permis de mettre en évidence une tendance de traits des espèces menacées ou qui pourrait l'être prochainement. Les espèces présentant une grande taille avec une petite aire de répartition et occupant des habitats avec un indice de continentalité (SCI) sont plus à même d'être menacées que les autres Eucerini.

Ce travail pourra permettre une meilleure conservation des Eucerini en Europe, notamment en ciblant les espèces menacées ou pouvant l'être vis-à-vis de leurs traits écologiques, géographiques et morphologiques. En définitif, la préservation des Eucerini ne dépend pas seulement de nos recherches mais des efforts pour mettre en place des plans d'action nationaux et continentaux. Les menaces qui pèsent sur ces espèces vont s'intensifier dans le futur. Il faut alors agir dès maintenant pour préserver notre biodiversité et les habitats qu'occupent les Eucerini.

VII. Bibliographie

- Abeli, T., Acevedo Rodríguez, A., & Aguiar, C. (2011). European red list of vascular plants. *Office of the European Union*.
- Aizen, M. A., Arbetman, M. P., Chacoff, N. P., Chalcoff, V. R., Feinsinger, P., Garibaldi, L. A., Harder, L. D., Morales, C. L., Sáez, A. & Vanbergen, A. J. (2020). Invasive bees and their impact on agriculture. In *The Future of Agricultural Landscapes, Part I. Advances in Ecological Research* (eds D. A. Bohan and A. J. Vanbergen), 49–92.
- Akimov, I.A. (2009). Red Book of Ukraine. *National Academy of Sciences, Kiev*, 600.
- Albacete, S., Sancho, G., Azpiazu, C., Rodrigo, A., Molowny-Horas, R., Sgolastra, F., & Bosch, J. (2023). Bees exposed to climate change are more sensitive to pesticides. *Global change biology*, 29(22), 6248-6260.
- Anderson, N. L., & Harmon-Threatt, A. N. (2021). Chronic contact with imidacloprid during development may decrease female solitary bee foraging ability and increase male competitive ability for mates. *Chemosphere*, 283, 131177.
- Angert, A. L., Crozier, L. G., Rissler, L. J., Gilman, S. E., Tewksbury, J. J., & Chunco, A. J. (2011). Do species' traits predict recent shifts at expanding range edges?. *Ecology letters*, 14(7), 677-689.
- Arena, M., & Sgolastra, F. (2014). A meta-analysis comparing the sensitivity of bees to pesticides. *Ecotoxicology*, 23, 324-334.
- Aubert, M. (2020). Proposition de clé d'identification des Eucerini (Hymenoptera: Anthophila) de France continentale-version provisoire. *Observatoire des Abeilles*, 45.
- Aubert, M., Bonifacino, M., Genoud, D., Leclercq, V., & Schatz, B. (2024). First observations of *Eucera (Cubitalia) breviceps* (Fries, 1911) in Italy and France, with updated information on the distribution and ecology of the species (Hymenoptera: Anthophila: Apidae). *Osmia*, 12, 5-18.
- Barrett, M., Tigreros, N., Davidowitz, G., & O'Donnell, S. (2023). Impact of body size on critical thermal maxima in female solitary desert bees. *Ecological Entomology*, 48(6), 785-789.
- Bergmann, C. (1848). Über die Verhältnisse der Wärmeökonomie der Thiere zu ihrer Grösse. *Vandenhoeck und Ruprecht*.
- Besancenot, J. P., & Thibaudon, M. (2012). Changement climatique et pollinisation. *Revue des maladies respiratoires*, 29(10), 1238-1253.
- Bogusch, P., Bláhová, E., & Horák, J. (2020). Pollen specialists are more endangered than non-specialised bees even though they collect pollen on flowers of non-endangered plants. *Arthropod-Plant Interactions*, 14(6), 759-769.
- Bossert, S., Wood, T. J., Patiny, S., Michez, D., Almeida, E. A., Minckley, R. L., ... & Murray, E. A. (2022). Phylogeny, biogeography and diversification of the mining bee family Andrenidae. *Systematic Entomology*, 47(2), 283-302.
- Boulanger, L., Héraud, A., Martzloff, D., & Ropital, V. (2020). La science face à l'érosion de la biodiversité. *Biologie Aujourd'hui*, 214(3-4), 105-108.

- Boustani, M., Martinet, B., Michez, D., Nemer, N., & Rasmont, P. (2024). Heat resistance variability in the Lebanese bee fauna. *Apidologie*, 55(3), 29.
- Brooks, M. E., Kristensen, K., & Benthem, K. J. (2017). van, Magnusson A, Berg CW, Nielsen A, et al. glmmTMB balances speed and flexibility among packages for zero-inflated generalized linear mixed modeling. *The R Journal*, 9(2), 378.
- Buchholz, S., Gathof, A. K., Grossmann, A. J., Kowarik, I., & Fischer, L. K. (2020). Wild bees in urban grasslands: Urbanisation, functional diversity and species traits. *Landscape and Urban Planning*, 196, 103731.
- Butchart, S. H., Resit Akçakaya, H., Chanson, J., Baillie, J. E., Collen, B., Quader, S., ... & Hilton-Taylor, C. (2007). Improvements to the red list index. *PloS one*, 2(1), 140.
- Callaghan, C. T., Nakagawa, S., & Cornwell, W. K. (2021). Global abundance estimates for 9,700 bird species. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(21), 2023170118.
- Cardinal, S., & Danforth, B. N. (2013). Bees diversified in the age of eudicots. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 280(1755), 20122686.
- Cariveau, D. P., & Winfree, R. (2015). Causes of variation in wild bee responses to anthropogenic drivers. *Current Opinion in Insect Science*, 10, 104-109.
- Chapman, S., Watson, J. E., Salazar, A., Thatcher, M., & McAlpine, C. A. (2017). The impact of urbanization and climate change on urban temperatures: a systematic review. *Landscape Ecology*, 32, 1921-1935.
- Chauzat, M. P., Faucon, J. P., Martel, A. C., Lachaize, J., Cougoule, N., & Aubert, M. (2006). Les pesticides, le pollen et les abeilles. *La Santé de l'Abeille*, 216, 443.
- Chole, H., Woodard, S. H., & Bloch, G. (2019). Body size variation in bees: regulation, mechanisms, and relationship to social organization. *Current Opinion in Insect Science*, 35, 77-87.
- Clark, N. J., Seddon, J. M., Šlapeta, J., & Wells, K. (2018). Parasite spread at the domestic animal-wildlife interface: anthropogenic habitat use, phylogeny and body mass drive risk of cat and dog flea (*Ctenocephalides* spp.) infestation in wild mammals. *Parasites & vectors*, 11, 1-11.
- Colla, S. R., Otterstatter, M. C., Gegear, R. J., & Thomson, J. D. (2006). Plight of the bumble bee: pathogen spillover from commercial to wild populations. *Biological conservation*, 129(4), 461-467.
- Constans-Lesne, L. (2024). Changement climatique et risques psychosociaux. *Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement*, 85(2-3), 102349.
- Corbet, S. A., & Huang, S. Q. (2014). Buzz pollination in eight bumblebee-pollinated *Pedicularis* species: does it involve vibration-induced triboelectric charging of pollen grains?. *Annals of botany*, 114(8), 1665-1674.
- Cuervo, M., Rakosy, D., Martel, C., Schulz, S., & Ayasse, M. (2017). Sexual deception in the *Eucera*-pollinated *Ophrys* leochroma: a chemical intermediate between wasp-and *Andrena*-pollinated species. *Journal of Chemical Ecology*, 43, 469-479.
- Danforth, B. (2007). Bees. *Current biology*, 17(5), 156-161.

- Danforth, B. N., Minckley, R. L., & Neff, J. L. (2019). The solitary bees: biology, evolution, conservation. *Princeton University Press*.
- Danforth, B. N., Sipes, S., Fang, J., & Brady, S. G. (2006). The history of early bee diversification based on five genes plus morphology. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *103*(41), 15118-15123.
- Da Silva, C. R., Beaman, J. E., Dorey, J. B., Barker, S. J., Congedi, N. C., Elmer, M. C., ... & Kellermann, V. (2021). Climate change and invasive species: a physiological performance comparison of invasive and endemic bees in Fiji. *Journal of Experimental Biology*, *224*(1), 230326.
- Decourtye, A., Mader, E., & Desneux, N. (2010). Landscape enhancement of floral resources for honey bees in agro-ecosystems. *Apidologie*, *41*(3), 264-277.
- Delforge, P. (2004). Un pollinisateur pour *Ophrys villosa* sl. *Natural.belges 85(Orchid)*, *17*, 97-102.
- Dellicour, S., Lecocq, T., Kuhlmann, M., Mardulyn, P., & Michez, D. (2014). Molecular phylogeny, biogeography, and host plant shifts in the bee genus *Melitta* (Hymenoptera: Anthophila). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, *70*, 412-419.
- Devictor, V., Julliard, R., Couvet, D., & Jiguet, F. (2008). Birds are tracking climate warming, but not fast enough. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, *275*(1652), 2743-2748.
- Dorchin, A. (2019). Taxonomic revision of the aequata-group of the subgenus *Eucera* s. str. (Hymenoptera, Apidae, Eucerini). *Zootaxa*, *4652*(3).
- Dorchin, A. (2023). Revision of the historical type collections of long-horn bees (Hymenoptera: Apidae: Eucerini) preserved in the Muséum national d'Histoire naturelle, Paris. In *Annales de la Société entomologique de France (NS)*, *59*(2), 115-149.
- Dorchin, A., López-Urbe, M. M., Praz, C. J., Griswold, T., & Danforth, B. N. (2018). Phylogeny, new generic-level classification, and historical biogeography of the *Eucera* complex (Hymenoptera: Apidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, *119*, 81-92.
- Dorchin, A., & Michez, D. (2024). Species of the Western Palaearctic Genus *Tetralonia* Spinola, 1838 (Hymenoptera, Apidae) with Atypical Pollen Hosts, with a Key to the pollinosa-Group, Description of New Species, and Neotype Designation for *Apis malvae* Rossi, 1790. *Taxonomy*, *4*(1), 126-149.
- Dorchin, A., Shafir, A., Neumann, F. H., Langgut, D., Vereecken, N. J., & Mayrose, I. (2021). Bee flowers drive macroevolutionary diversification in long-horned bees. *Proceedings of the Royal Society B*, *288*(1959), 20210533.
- Dorneanu, M. (2017). Intensive farming versus-agriculture environmentally sustainable. *Calitatea*, *18*(2), 195-197.
- Drius, M., Bongiorno, L., Depellegrin, D., Menegon, S., Pugnetti, A., & Stifter, S. (2019). Tackling challenges for Mediterranean sustainable coastal tourism: An ecosystem service perspective. *Science of the Total Environment*, *652*, 1302-1317.

- Drossart, M., & Gérard, M. (2020). Beyond the decline of wild bees: Optimizing conservation measures and bringing together the actors. *Insects*, 11(9), 649.
- Drossart, M., Rasmont, P., Vanormelingen, P., Dufrêne, M., Folschweiller, M., Pauly, A., ... & Michez, D. (2019). Belgian red list of bees. *Presse universitaire de l'Université de Mons, Mons, Belgium*.
- Duchenne, F., Thébault, E., Michez, D., Gérard, M., Devaux, C., Rasmont, P., ... & Fontaine, C. (2020). Long-term effects of global change on occupancy and flight period of wild bees in Belgium. *Global Change Biology*, 26(12), 6753-6766.
- Evertz S (1995) Inter-specific competition amongst honey-bees (*Apis mellifera*) and solitary wild bees (Hymenoptera Apoidea). *Natur Landschaft* 70:165–172
- Federau, A. (2017). Pour une philosophie de l'Anthropocène. *puf*, 436.
- Fitzpatrick, U. N. A., Murray, T. E., Paxton, R. J., & Brown, M. J. (2007). Building on IUCN regional red lists to produce lists of species of conservation priority: a model with Irish bees. *Conservation Biology*, 21(5), 1324-1332.
- Foucart, S. (2019). Et le monde devint silencieux-Comment l'agrochimie a détruit les insectes. *Média Diffusion*.
- Flamion, E. (2021). Etude de la structure des communautés d'abeilles sauvages et du potentiel de pollinisation au Kauwberg (Uccle) et dans ses potagers partagés. *Université de Liège, Liège, Belgique*.
- François, D. & Le Féon, V. (2020). Wild bees on roadsides. *Scientific publications*, 118.
- Frankham, R. (1999). Quantitative genetics in conservation biology. *Genetics Research*, 74(3), 237-244.
- Franzén, M., & Nilsson, S. G. (2013). High population variability and source–sink dynamics in a solitary bee species. *Ecology*, 94(6), 1400-1408.
- Freitas, F. V., Branstetter, M. G., Franceschini-Santos, V. H., Dorchin, A., Wright, K. W., López-Urbe, M. M., ... & Almeida, E. A. (2023). UCE phylogenomics, biogeography, and classification of long-horned bees (Hymenoptera: Apidae: Eucerini), with insights on using specimens with extremely degraded DNA. *Insect Systematics and Diversity*, 7(4), 3.
- Fressoz, J. B. (2020). L'anthropocène est un «accumulocène». *Regards croisés sur l'économie*, 26(1), 31-40.
- Gallai, N., Salles, J. M., Settele, J., & Vaissière, B. E. (2009). Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological economics*, 68(3), 810-821.
- Gärdenfors, U., Hilton-Taylor, C., Mace, G. M., & Rodríguez, J. P. (2001). The application of IUCN Red List criteria at regional levels. *Conservation biology*, 15(5), 1206-1212.
- Gérard, M., Martinet, B., Maebe, K., Marshall, L., Smagghe, G., Vereecken, N. J., ... & Michez, D. (2020,a). Shift in size of bumblebee queens over the last century. *Global Change Biology*, 26(3), 1185-1195.
- Gérard, M., Vanderplanck, M., Wood, T., & Michez, D. (2020,b). Global warming and plant–pollinator mismatches. *Emerging topics in life sciences*, 4(1), 77-86.

- Ghisbain, G., Gérard, M., Wood, T. J., Hines, H. M., & Michez, D. (2021a). Expanding insect pollinators in the Anthropocene. *Biological Reviews*, 96(6), 2755-2770.
- Ghisbain, G., Radchenko, V. G., Cejas, D., Molina, F. P., & Michez, D. (2021b). Assessment and conservation status of an endemic bee in a diversity hotspot (Hymenoptera, Melittidae, Dasypoda). *Journal of Hymenoptera Research*, 81, 127-142.
- Ghisbain, G., Rosa, P., Bogusch, P., Flaminio, S., Le Divelec, R., Dorchin, A., ... & Reverté, S. (2023). The new annotated checklist of the wild bees of Europe (Hymenoptera: Anthophila). *Zootaxa*, 5327(1), 1-147.
- Ghisbain, G., Thiery, W., Massonnet, F., Erazo, D., Rasmont, P., Michez, D., & Dellicour, S. (2024). Projected decline in European bumblebee populations in the twenty-first century. *Nature*, 628(8007), 337-341.
- Gosterit, A., & Baskar, V. C. (2016). Impacts of commercialization on the developmental characteristics of native *Bombus terrestris* (L.) colonies. *Insectes sociaux*, 63, 609-614.
- Goulson, D., & Sparrow, K. R. (2009). Evidence for competition between honeybees and bumblebees; effects on bumblebee worker size. *Journal of insect conservation*, 13, 177-181.
- Greenleaf, S. S., Williams, N. M., Winfree, R., & Kremen, C. (2007). Bee foraging ranges and their relationship to body size. *Oecologia*, 153, 589-596.
- Haffner, P. (2020). Les petits mammifères. Place dans le monde et en France métropolitaine. *Arvicola*, 114-120.
- Harmon-Threatt, A. (2020). Influence of nesting characteristics on health of wild bee communities. *Annual Review of Entomology*, 65(1), 39-56.
- Hartig, F., & Lohse, L. (2022). DHARMA: Residual diagnostics for hierarchical (multi-level/mixed) regression models (0.4. 6). *R package*.
- Heinrich, B. (1993). The hot-blooded insects: strategies and mechanisms of thermoregulation. *Harvard University Press*.
- Heinrich, B. (2009). Thermoregulation. In *Encyclopedia of insects*, 993-999.
- Hejda, R., Farkač, J., & Chobot, K. (2017). Červený Seznam Ohrožených Druhů České Republiky: Bezobratlí: Red List of Threatened Species of Czech Republic: Invertebrates. *Příroda*, 1-611.
- Hennessy, G., Goulson, D., & Ratnieks, F. L. (2020). Population assessment and foraging ecology of nest aggregations of the rare solitary bee, *Eucera longicornis* at Gatwick Airport, and implications for their management. *Journal of Insect Conservation*, 24(6), 947-960.
- Henríquez-Piskulich, P., Hugall, A. F., & Stuart-Fox, D. (2024). A supermatrix phylogeny of the world's bees (Hymenoptera: Anthophila). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 190, 107963.
- Hochkirch, A., Nieto, A., García Criado, M., Cáliz, M., Braud, Y., Buzzetti, F. M., ... & Tumbrinck, J. (2016). European red list of grasshoppers, crickets and bush-crickets.

- Husemann, M., Neiber, M. T., Nickel, J., Reinbold, C. V., Kuhlmann, M., & Cordellier, M. (2021). Mitogenomic phylogeny of bee families confirms the basal position and monophyly of Melittidae. *Zoologica Scripta*, 50(3), 352-357.
- Inouye, D. W. (2000). The ecological and evolutionary significance of frost in the context of climate change. *Ecology letters*, 3(5), 457-463.
- İşik, K. (2011). Rare and endemic species: why are they prone to extinction?. *Turkish Journal of Botany*, 35(4), 411-417.
- IUCN. 2001. IUCN Red List categories and criteria: Version 3.1. *IUCN – The World Conservation Union 2001*.
- Iwasaki, J. M., & Hogendoorn, K. (2021). Non-insecticide pesticide impacts on bees: A review of methods and reported outcomes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 314, 107423.
- Jactel, H., Koricheva, J., & Castagneyrol, B. (2019). Responses of forest insect pests to climate change: not so simple. *Current opinion in insect science*, 35, 103-108.
- Jamin, E. (2022). *Intégration d'approches de spectrométrie de masse pour l'étude de métabolites de xénobiotiques d'intérêt toxicologique*. Doctoral dissertation, Institut National polytechnique de Toulouse.
- Jones, L. J., Miller, D. A., Schilder, R. J., & López-Urbe, M. M. (2024). Body mass, temperature, and pathogen intensity differentially affect critical thermal maxima and their population-level variation in a solitary bee. *Ecology and Evolution*, 14(2), 10945.
- Keith, D. A., Akçakaya, H. R., & Murray, N. J. (2018). Scaling range sizes to threats for robust predictions of risks to biodiversity. *Conservation Biology*, 32(2), 322-332.
- Kelly, L. T., Giljohann, K. M., Duane, A., Aquilué, N., Archibald, S., Batllori, E., ... & Brotons, L. (2020). Fire and biodiversity in the Anthropocene. *Science*, 370(6519), 355.
- Kendall, L. K., Mola, J. M., Portman, Z. M., Cariveau, D. P., Smith, H. G., & Bartomeus, I. (2022). The potential and realized foraging movements of bees are differentially determined by body size and sociality.
- Kerr, J. T., Pindar, A., Galpern, P., Packer, L., Potts, S. G., Roberts, S. M., ... & Pantoja, A. (2015). Climate change impacts on bumblebees converge across continents. *Science*, 349(6244), 177-180.
- Khalifa, S. A., Elshafiey, E. H., Shetaia, A. A., El-Wahed, A. A. A., Algethami, A. F., Musharraf, S. G., ... & El-Seedi, H. R. (2021). Overview of bee pollination and its economic value for crop production. *Insects*, 12(8), 688.
- Klatt, B. K., Holzschuh, A., Westphal, C., Clough, Y., Smit, I., Pawelzik, E., & Tscharntke, T. (2014). Bee pollination improves crop quality, shelf life and commercial value. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281(1775), 20132440.
- Kocsis, T., Pongrácz, R., Hatvani, I. G., Magyar, N., Anda, A., & Kovács-Székely, I. (2024). Seasonal trends in the Early Twentieth Century Warming (ETCW) in a centennial instrumental temperature record from Central Europe. *Hungarian Geographical Bulletin*, 73(1), 3-16.

- Kougioumoutzis, K., Kaloveloni, A., & Petanidou, T. (2022). Assessing climate change impacts on Island bees: the Aegean archipelago. *Biology*, 11 (4), 552.
- Kratschmer, S., Zettel, H., Ockermüller, E., Zimmermann, D., Schoder, S., Neumayer, J., ... & Kuhlmann, M. (2021). Threat ahead? An experts' opinion on the need for Red Lists of bees to mitigate accelerating extinction risks—the case of Austria. *Bee World*, 98(3), 74-77.
- Kuder, L. J., Barranco, L. M., & van Engelsdorp, D. (2020). 6 Protecting Pollinators in the. *Urban ecology: its nature and challenges*, 100.
- Kwapong, P., Aidoo, K., Combey, R., & Karikari, A. (2010). Stingless bees. *Importance, management and utilization. A training manual for stingless beekeeping*, 1-72.
- Lázaro, A., Müller, A., Ebmer, A. W., Dathe, H. H., Scheuchl, E., Schwarz, M., ... & Petanidou, T. (2021). Impacts of beekeeping on wild bee diversity and pollination networks in the Aegean Archipelago. *Ecography*, 44(9), 1353-1365.
- Leclercq, N., Marshall, L., Caruso, G., Schiel, K., Weekers, T., Carvalheiro, L. G., ... & Vereecken, N. J. (2023). European bee diversity: Taxonomic and phylogenetic patterns. *Journal of Biogeography*, 50(7), 1244-1256.
- Le Féon, V., Genoud, D., & Geslin, B. (2021). Actualisation des connaissances sur l'abeille *Megachile sculpturalis* SMITH, 1853 en France et en Europe (Hymenoptera: Megachilidae). *Osmia*, 9, 25-36.
- Legakis, A., Constantinidis, T., & Petrakis, P. V. (2018). Biodiversity in Greece. In *Global biodiversity*, 71-113.
- Lenth, R., & Lenth, M. R. (2018). Package 'lsmeans'. *The American Statistician*, 34(4), 216-221.
- Khan, K. A., & Liu, T. (2022). Morphological structure and distribution of hairiness on different body parts of *Apis mellifera* with an implication on pollination biology and a novel method to measure the hair length. *Insects*, 13(2), 189.
- Larkin, L. L., Neff, J. L., & Simpson, B. B. (2008). The evolution of a pollen diet: host choice and diet breadth of *Andrena* bees (Hymenoptera: Andrenidae). *Apidologie*, 39(1), 133-145.
- Lhotka, O., Kyselý, J., & Farda, A. (2018). Climate change scenarios of heat waves in Central Europe and their uncertainties. *Theoretical and applied climatology*, 131(3), 1043-1054.
- Lima, M. A. P., Cutler, G. C., Mazzeo, G., & Hrncir, M. (2022). The decline of wild bees: Causes and consequences. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10, 1027169.
- Lima, V. P., & Marchioro, C. A. (2021). Brazilian stingless bees are threatened by habitat conversion and climate change. *Regional Environmental Change*, 21(1), 14.
- López-Urbe, M. M., Cane, J. H., Minckley, R. L., & Danforth, B. N. (2016). Crop domestication facilitated rapid geographical expansion of a specialist pollinator, the squash bee *Peponapis pruinosa*. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 283(1833), 20160443.
- Lourencetti, A. P. S., Azevedo, P., Miotelo, L., Malaspina, O., & Nocelli, R. C. F. (2023). Surrogate species in pesticide risk assessments: Toxicological data of three stingless bees species. *Environmental Pollution*, 318, 120842.

- Lozano, F. D., Herbada, D. G., Rivero, L. M., Saiz, J. C., & Ollero, H. S. (2000). Areas of high floristic endemism in Iberia and the Balearic islands: an approach to biodiversity conservation using narrow endemics. *Belgian Journal of Entomology*, 2, 171-185.
- Magny, M. (2021). *L'anthropocène. Que sais-je?*, 128
- Marsh, C. J., Syfert, M. M., Aletrari, E., Gavish, Y., Kunin, W. E., & Brummitt, N. (2023). The effect of sampling effort and methodology on range size estimates of poorly-recorded species for IUCN Red List assessments. *Biodiversity and Conservation*, 32(3), 1105-1123.
- Martinet, B., Dellicour, S., Ghisbain, G., Przybyła, K., Zambra, E., Lecocq, T., ... & Rasmont, P. (2021). Global effects of extreme temperatures on wild bumblebees. *Conservation Biology*, 35(5), 1507-1518.
- Martinet, B., Lecocq, T., Smet, J., & Rasmont, P. (2015). A protocol to assess the heat stress resistance of insects applied to bumblebees. *PLoS ONE*.
- Martinet, B., Dellicour, S., Ghisbain, G., Przybyła, K., Zambra, E., Lecocq, T., ... & Rasmont, P. (2021b). Global effects of extreme temperatures on wild bumblebees. *Conservation Biology*, 35(5), 1507-1518.
- Martinet, B., Zambra, E., Przybyła, K., Lecocq, T., Anselmo, A., Nonclercq, D., ... & Hennebert, E. (2021a). Mating under climate change: Impact of simulated heatwaves on the reproduction of model pollinators. *Functional Ecology*, 35(3), 739-752.
- Mathevet, R., & Poulin, B. (2006). De la biologie à la géographie de la conservation (From conservation biology to conservation geography). *Bulletin de l'Association de géographes français*, 83(3), 341-354.
- Mayer, C., Michez, D., Chyzy, A., Brédat, E., & Jacquemart, A. L. (2012). The abundance and pollen foraging behaviour of bumble bees in relation to population size of whortleberry (*Vaccinium uliginosum*). *PLoS One*, 7(11), 50353.
- McKinney, M. L. (2008). Effects of urbanization on species richness: a review of plants and animals. *Urban ecosystems*, 11, 161-176.
- Mherrera. (2016). *Extreme temperatures around the world*. Retrieved from <http://www.mherrera.org/temp.htm>
- Michener, C. D. (2007). The professional development of an entomologist. *Annu. Rev. Entomol.*, 52, 1-15.
- Michez, D., Rasmont, P., Terzo, M., & Vereecken, N. (2019). Bees of Europe. *NAP Editions*, 547.
- Michez, D., & Vereecken, N. (2010). Les abeilles sauvages, une biodiversité insoupçonnée. *Université Libre de Bruxelles, Belgique*.
- Minckley, R. L., Roulston, T. A. H., & Williams, N. M. (2013). Resource assurance predicts specialist and generalist bee activity in drought. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 280(1759), 20122703.
- Mirzaei, P. A. (2015). Recent challenges in modeling of urban heat island. *Sustainable cities and society*, 19, 200-206.
- Muller, A. (1996). Host-plant specialization in western palearctic Anthidine bees (hymenoptera: Apoidea: Megachilidae). *Ecological Monographs*, 66(2), 235-257.

- Müller, A., Krebs, A., & Amiet, F. (1997). Bienen: Mitteleuropäische Gattungen, Lebensweise, Beobachtung. *München: Naturbuch-Verlag*.
- Müller, A., Praz, C., Hermann, M., Neumeyer, R., Bénon, D., Bur, M., & Gonseth, Y. (2024). Liste rouge des abeilles. Espèces menacées en Suisse. État 2022. *Office fédéral de l'environnement (OFEV), info fauna Berne*, 78.
- Mysterud, A. (2006). The concept of overgrazing and its role in management of large herbivores. *Wildlife Biology*, 12(2), 129-141.
- Nacko, S., Hall, M. A., Gloag, R., Lynch, K. E., Spooner-Hart, R. N., Cook, J. M., & Riegler, M. (2023). Heat stress survival and thermal tolerance of Australian stingless bees. *Journal of Thermal Biology*, 117, 103671.
- Neel, M. C., Leidner, A. K., Haines, A., Goble, D. D. & Scott, J. M. (2012). By the numbers: how is recovery defined by the US endangered species act? *BioScience* 62, 646–657.
- Ne'eman, G., Shavit, O., Shaltiel, L., & Shmida, A. (2006). Foraging by male and female solitary bees with implications for pollination. *Journal of Insect Behavior*, 19, 383-401.
- Neubert, E. (2019). European Red List of terrestrial molluscs: snails, slugs and semi-slugs. *Cambridge and Brussels: IUCN*.
- Nieto, A., Roberts, S.P.M., Kemp, J., Rasmont, P., Kuhlmann, M., García Criado, M., Biesmeijer, J.C., Bogusch, P., Dathe, H.H., De la Rúa, P., De Meulemeester, T., Dehon, M., Dewulf, A., Ortiz-Sánchez, F.J., Lhomme, P., Pauly, A., Potts, S.G., Praz, C., Quaranta, M., Radchenko, V.G., Scheuchl, E., Smit, J., Straka, J., Terzo, M., Tomozii, B., Window, J. & Michez, D. (2014). European Red List of bees. *Office of the European Union*.
- Nolte, D., Boutaud, E., Kotze, D. J., Schuldt, A., & Assmann, T. (2019). Habitat specialization, distribution range size and body size drive extinction risk in carabid beetles. *Biodiversity and Conservation*, 28, 1267-1283.
- Nooten, S. S., & Rehan, S. M. (2020). Historical changes in bumble bee body size and range shift of declining species. *Biodiversity and Conservation*, 29(2), 451-467.
- O'Donnell, M.S., and Ignizio, D.A., 2012, Bioclimatic predictors for supporting ecological applications in the conterminous United States. *U.S. Geological Survey*, 691, 10.
- Oliveira, M. O., Freitas, B. M., Scheper, J., & Kleijn, D. (2016). Size and sex-dependent shrinkage of Dutch bees during one-and-a-half centuries of land-use change. *PLoS one*, 11(2), 0148983.
- Ollerton, J. (2021). Pollinators and pollination: nature and society. *Pelagic Publishing Ltd*.
- Ollerton, J., Winfree, R., & Tarrant, S. (2011). How many flowering plants are pollinated by animals?. *Oikos*, 120(3), 321-326.
- Özbek, H. (2010). Doğu anadolu'nun bazı yörelerindeki Eucera Scop. ve Tetralonia Spin. (Anthophoridae: Hymenoptera) cinslerine mensup arılar. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi/Journal of the Faculty of Agriculture* 14: 35-40.

- Paini, D. R. (2004). Impact of the introduced honey bee (*Apis mellifera*)(Hymenoptera: Apidae) on native bees: a review. *Austral ecology*, 29(4), 399-407.
- Palash, A., Paul, S., Resha, S. K., & Khan, M. K. (2022). Body size and diet breadth drive local extinction risk in butterflies. *Heliyon*, 8(8).
- Pazur, R., Prishchepov, A. V., Myachina, K., Verburg, P. H., Levykin, S., Ponkina, E. V., ... & Bürgi, M. (2021). Restoring steppe landscapes: patterns, drivers and implications in Russia's steppes. *Landscape ecology*, 36, 407-425.
- Pereboom, J. J. M., & Biesmeijer, J. C. (2003). Thermal constraints for stingless bee foragers: the importance of body size and coloration. *Oecologia*, 137, 42-50.
- Piñero, F. S., Tinaut, A., Aguirre-Segura, A., Miñano, J., Lencina, J. L., Ortiz-Sánchez, F. J., & Pérez-López, F. J. (2011). Terrestrial arthropod fauna of arid areas of SE Spain: Diversity, biogeography, and conservation. *Journal of Arid Environments*, 75(12), 1321-1332.
- Primack, R. B., Sarrazin, F., & Lecomte, J. (2012). *Biologie de la conservation*, Dunod, 102.
- Quaranta, M. N. A. I. N., Cornalba, M., Biella, P., Comba, M., Battistoni, A., Rondinini, C., & Teofili, C. (2018). Lista Rossa IUCN delle api italiane minacciate.
- Quenet, G. (2017, June). L'Anthropocène et le temps des historiens. In *Annales. Histoire, Sciences Sociales*, 72 (2), 267-299.
- Ragone, F., Wouters, J., & Bouchet, F. (2018). Computation of extreme heat waves in climate models using a large deviation algorithm. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(1), 24-29.
- Rasmont, P., Franzen, M., Lecocq, T., Harpke, A., Roberts, S. P., Biesmeijer, J. C., ... & Schweiger, O. (2015). *Climatic risk and distribution atlas of European bumblebees*, 10, 1-236).
- Rasmont, P., Ghisbain, G., & Terzo, M. (2021). *Bumblebees of Europe and neighbouring regions*. NAP Editions, 632.
- Rasmussen, C., Sydenham, M. A. K., Schmidt, H. T., & Madsen, H. B. (2022). The native bees of Lolland (Denmark) revisited after 100 years: the demise of the specialists. *Insects*, 13(2), 153.
- R Core Team. (2023). R: A Language and Environment for Statistical Computing. *R Foundation Computing, Vienna, Austria*. <https://www.R-project.org/>.
- Reemer, M. (2018). Basisrapport voor de rode lijst bijen. *EIS Kenniscentrum Insecten en andere ongewervelden*.
- Reverté, S., Miličić, M., Ačanski, J., Andrić, A., Aracil, A., Aubert, M., ... & Vujić, A. (2023). National records of 3000 European bee and hoverfly species: A contribution to pollinator conservation. *Insect conservation and diversity*, 16(6), 758-775.
- Robinson, P. J. (2001). On the definition of a heat wave. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 40(4), 762-775.

- Rocha-Ortega, M., Rodríguez, P., Bried, J., Abbott, J., & Córdoba-Aguilar, A. (2020). Why do bugs perish? Range size and local vulnerability traits as surrogates of Odonata extinction risk. *Proceedings of the Royal Society B*, *287*(1924), 20192645.
- Rodrigues, A. S., Pilgrim, J. D., Lamoreux, J. F., Hoffmann, M., & Brooks, T. M. (2006). The value of the IUCN Red List for conservation. *Trends in ecology & evolution*, *21*(2), 71-76.
- Rollin, O. (2013). Étude multi-échelle du patron de diversité des abeilles et utilisation des ressources fleuries dans un agrosystème intensif. *Doctoral dissertation, Université d'Avignon*.
- Rollin, O., Bretagnolle, V., Decourtye, A., Aptel, J., Michel, N., Vaissière, B. E., & Henry, M. (2013). Differences of floral resource use between honey bees and wild bees in an intensive farming system. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *179*, 78-86.
- Roquer-Beni, L., Rodrigo, A., Arnan, X., Klein, A. M., Fornoff, F., Boreux, V., & Bosch, J. (2020). A novel method to measure hairiness in bees and other insect pollinators. *Ecology and evolution*, *10*(6), 2979-2990.
- Roswell, M., Dushoff, J., & Winfree, R. (2019). Male and female bees show large differences in floral preference. *PLoS One*, *14*(4).
- Roubik, D. W. (2012). Ecology and social organisation of bees. eLS. John Wiley & Sons, Ltd: Chichester
- Sartorello, Y., Pastorino, A., Bogliani, G., Ghidotti, S., Viterbi, R., & Cerrato, C. (2020). The impact of pastoral activities on animal biodiversity in Europe: A systematic review and meta-analysis. *Journal for Nature Conservation*, *56*, 125863.
- Saunders, M. E., Janes, J. K., & O'Hanlon, J. C. (2020). Semantics of the insect decline narrative: recommendations for communicating insect conservation to peer and public audiences. *Insect Conservation & Diversity*, *13*(2).
- Scanes, C. G. (2018). Human activity and habitat loss: destruction, fragmentation, and degradation. In *Animals and human society*, 451-482.
- Schmidt, C., Hoban, S., Hunter, M., Paz-Vinas, I., & Garroway, C. J. (2023). Genetic diversity and IUCN Red List status. *Conservation Biology*, *37*(4), 14064.
- Schoener, T. W., & Janzen, D. H. (1968). Notes on environmental determinants of tropical versus temperate insect size patterns. *The American Naturalist*, *102*(925), 207-224.
- Sergio, F., & Pedrini, P. (2008). Biodiversity gradients in the Alps: the overriding importance of elevation. *Biodiversity and Conservation in Europe*, 1-12.
- Sgolastra, F., Medrzycki, P., Bortolotti, L., Maini, S., Porrini, C., Simon-Delso, N., & Bosch, J. (2020). Bees and pesticide regulation: lessons from the neonicotinoid experience. *Biological Conservation*, *241*, 108356.
- Sharafi, S., & Ghaleni, M. M. (2022). Spatial assessment of drought features over different climates and seasons across Iran. *Theoretical and Applied Climatology*, 1-17.

- Soroye, P., Newbold, T., & Kerr, J. (2020). Climate change contributes to widespread declines among bumble bees across continents. *Science*, 367(6478), 685-688.
- Southgate, B. J. (1981, May). Univoltine and multivoltine cycles: their significance. In *The Ecology of Bruchids Attacking Legumes (Pulses) Proceedings of the International Symposium held at Tours (France)*, 17-22.
- Souza-Junior, J. B. F., da Silva Teixeira-Souza, V. H., Oliveira-Souza, A., de Oliveira, P. F., de Queiroz, J. P. A. F., & Hrncir, M. (2020). Increasing thermal stress with flight distance in stingless bees (*Melipona subnitida*) in the Brazilian tropical dry forest: Implications for constraint on foraging range. *Journal of insect physiology*, 123, 104056.
- Steffan-Dewenter, I., & Tscharnkte, T. (2000). Resource overlap and possible competition between honey bees and wild bees in central Europe. *Oecologia*, 122, 288-296.
- Stout, J. C., & Morales, C. L. (2009). Ecological impacts of invasive alien species on bees. *Apidologie*, 40(3), 388-409.
- Streinzer, M., Kelber, C., Pfabigan, S., Kleineidam, C. J., & Spaethe, J. (2013). Sexual dimorphism in the olfactory system of a solitary and a eusocial bee species. *Journal of Comparative Neurology*, 521(12), 2742-2755.
- Sydenham, M. A. K. (2020). Drivers of the diversity and distribution of wild bees in a species poor region.
- Teppner, H., & Brosch, U. (2015). Pseudo-oligolecty in *Colletes hederarum* (Apidae-Colletinae, Hymenoptera). *Linzer Biologische Beiträge*, 47(1), 301-306.
- Thompson, J. D., & Ronce, O. (2010). Fragmentation des habitats et dynamique de la biodiversité. *SFE, Regards*, 6, 18.
- Trunz, V., Packer, L., Vieu, J., Arrigo, N., & Praz, C. J. (2016). Comprehensive phylogeny, biogeography and new classification of the diverse bee tribe Megachilini: Can we use DNA barcodes in phylogenies of large genera?. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 103, 245-259.
- UICN. (2012). Catégories et Critères de la Liste rouge de l'UICN: Version 3.1. *Deuxième édition. Gland, Suisse et Cambridge, Royaume-Uni: UICN*.
- Varga, K., Csizi, I., Monori, I., & Valko, O. (2021). Threats and challenges related to grazing paddocks: Recovery of extremely overgrazed grassland after grazing exclusion. *Arid Land Research and Management*, 35(3), 346-357.
- Vereecken, N. J., de Prémorrel, G., & Jacobi, B. (2012). *Ammobates* (*Euphileremus*) *oraniensis* (LEPELETIER 1841) and its host, *Eucera dimidiata* BRULLÉ 1832 in Crete (Hymenoptera, Apidae). *OSMIA*, 5, 15-18.
- Vujić, A., Gilbert, F., Flinn, G., Englefield, E., Varga, Z., Ferreira, C. C., ... & Veličković, N. (2022). European Red List of Hoverflies. *European Commission*.
- Walters, J., Zavalnitskaya, J., Isaacs, R., & Szendrei, Z. (2022). Heat of the moment: extreme heat poses a risk to bee-plant interactions and crop yields. *Current Opinion in Insect Science*, 52, 100927.
- Werners, S. E., Szalai, S., Zingstra, H., Kőpataki, É., Beckmann, A., Bos, E., ... & Zsuffa, I. (2016). Climate change adaptation in the Carpathian mountain region. *Climate Change Adaptation Strategies—An Upstream-downstream Perspective*, 79-99.

- Winfree, R., Aguilar, R., Vázquez, D. P., LeBuhn, G., & Aizen, M. A. (2009). A meta-analysis of bees' responses to anthropogenic disturbance. *Ecology*, *90*(8), 2068-2076.
- Williams, N. M., Crone, E. E., T'ai, H. R., Minckley, R. L., Packer, L., & Potts, S. G. (2010). Ecological and life-history traits predict bee species responses to environmental disturbances. *Biological Conservation*, *143*(10), 2280-2291.
- Wonglersak, R., Fenberg, P. B., Langdon, P. G., Brooks, S. J., & Price, B. W. (2021). Insect body size changes under future warming projections: a case study of Chironomidae (Insecta: Diptera). *Hydrobiologia*, *848*(11), 2785-2796.
- Yang, L. H., Postema, E. G., Hayes, T. E., Lippey, M. K., & MacArthur-Waltz, D. J. (2021). The complexity of global change and its effects on insects. *Current Opinion in Insect Science*, *47*, 90-102.
- Yoon, H. J., Kim, S. Y., Lee, K. Y., Lee, S. B., Park, I. G., & Kim, I. S. (2009). Interspecific hybridization of the bumblebees *Bombus ignitus* and *B. terrestris*. *International Journal of Industrial Entomology*, *18*(1), 41-48.
- Yoon, H. J., Park, I. G., Lee, K. Y., Kim, M., & Jin, B. R. (2011). Interspecific hybridization of the Korean native bumblebee *Bombus hypocrita sapporoensis* and the European bumblebee *B. terrestris*. *International Journal of Industrial Entomology*, *23*(1), 167-174.
- Zayed, A. (2009). Bee genetics and conservation. *Apidologie*, *40*(3), 237-262.
- Zhang, Y., Li, Z., Ge, W., Chen, X., Xu, H., & Guan, H. (2021). Evaluation of the impact of extreme floods on the biodiversity of terrestrial animals. *Science of The Total Environment*, *790*, 148227.
- Zisenis, M., & Price, M. F. (2011). Europe's mountain biodiversity: Status and threats. *Biosphere Reserves in the Mountains of the World*, 15.

VIII. Annexes

Annexe 1 : Liste des fournisseurs de coordonnées géographiques pour la liste rouge à la date de août 2023. Le tableau comprend le nom originel de la base de données géographiques (Database names), des fournisseurs de la base de données géographiques (Data providers) et du nombre de données géographiques obtenues dans cette base de données (Row data). Ce tableau reprend les bases de données et les chiffres d'août 2023, ceci a donc évolué depuis.

Database names	Data providers	Row data	Database names	Data providers	Row data
Andrena_ThomasJamesWood	T. J. Wood	15,923	Hylaeus_SergeGadoum	S. Gadoum	6,630
Andrenidae_BDFGM	P. Rasmont	603,861	Iberia_IgnasiBartomeus	I. Bartomeus	74,746
Anthidiini_MaxKasperek	M. Kasperek	1,044	Italy_MarcoSelis	M. Selis	1,996
Anthophorinae_BDFGM	P. Rasmont	90,836	Italy_SimoneFlaminio	S. Flaminio	587
Austria_NHMW_DominiqueZimmermann	D. Zimmermann	3,520	KobeJanssen	K. Janssen	1,819
Austria_Zobodat	E. Ockermueller	14,865	LinzMuseum	E. Ockermü.	9,308
BalearicIslands_JoanDiazCalafat	J. D. Calafat	3,467	Lithuania_EduardasBudrys	E. Budrys	3,339
Bees_JakubStraka	J. Straka	44,889	Luxemburg_GBIF	L. C. Salazar	11,032
Belgium_WilliamFiordaliso	W. Fiordaliso	5,152	Megachilidae_BDFGM	P. Rasmont	133,114
Boshommel_DavidKleijn	D. Kleijn	11,228	Melittidae_BDFGM	P. Rasmont	25,028
Bosnia_AdiVesnic	A. Vesnic	744	Netherlands_DavidKleijn	D. Kleijn	1,932
Coelioxys_PetrBogusch	P. Bogusch	568	Netherlands_EIS	M. Reemer	359,970
Corsica_PYves_MGiberneau	P.-Y. Maestracci & M. Giberneau	126	Nomada_JanSmit	J. Smit	51,090
CuckooBees_PetrBogusch	P. Bogusch	11,182	Norway_GBIF	F. Ødegaard	129,901
Cyprus_AndroullaVarnava	A. Varnava	513	Osmini_AndreasMuller	A. Muller	14,215
CzechRepublic_PetrBogusch	P. Bogusch	6,924	Portugal_HugoGaspar	H. Gaspar	977
Dioxyini_PetrBogusch_NHM	P. Bogusch	15	Cyprus_RemiSanterre_JordanBenrezkallah	R. Santerre, J. Benrezk.	337
Estonia_GBIF	V. SOON	80,966	Romania_ImreDemeter	I. Demeter	664
Estonia_UniversityOfTartu	V. SOON	138,743	Russia_literature	L. Fedorova	10,535
Eucera_StephanRisch	S. Risch	11,512	SAPOLL_BDFGM	P. Rasmont	321,038
Finland_AmateurEntomologist	J. Paukkunen	66,365	Serbia_SonjaStojnic	S. M. Stojnic	4,302
Finland_GBIF	J. Paukkunen	196,879	SURMZ_Sapienza	M. Mei	7,593
Finland_LUOMUS	J. Paukkunen	102,216	Sweden_Artportalen	L. Petterss.	299,921
France_JeroenScheper	J. Scheper	17,563	Switzerlands_GBIF	C. Praz	449,827
GrandiCollection	L. Lenzi, F. Glostra	5,617	ULB_STEP_PLUS	N.J. Vereeken	1,543,382
Halictidae_BDFGM	S. Flaminio	245,716			
Halictus_Ebmer	S. Flaminio	912			

Annexe 2 : Exemple de fiche SIS (Species Information Service)

Fiche SIS de *Eucera longicornis*.

Draft

***Eucera longicornis*_new - (Linnaeus, 1758)**

ANIMALIA - ARTHROPODA - INSECTA - HYMENOPTERA - APIDAE - *Eucera* - *longicornis*_new

Common Names: Long-horned Bee (English), Eucère à longues antennes (French), Juni-Langhornbiene (German)

Synonyms: *Eucera hispaliensis* Pérez, 1902

Reduce *Eucera hispaliensis* to a synonym of *Eucera longicornis*_new and discard the current concept of *Eucera longicornis* when the assessment of *Eucera longicornis*_new is accepted for publication. Can the photo be moved from _old to _new concepts? *Eucera hispaliensis* Pérez, 1902 was synonymised with *Eucera longicornis* by Dorchin (in press) in Ghisbain et al (submitted).

Taxonomic Note:

Eucera hispaliensis Pérez, 1902 was synonymised with *Eucera longicornis* by Dorchin (in press) in Ghisbain et al (submitted).

Red List Status

LC - Least Concern, (IUCN version 3.1)
--

Red List Assessment

Assessment Information

Assessor(s): Kemp, J.R. & Quaranta, M.

Facilitators/Compilers: Quaranta, M.

Assessment Rationale

European regional assessment: Least Concern (LC)

EU 27 regional assessment: Least Concern (LC)

Listed as Least Concern in view of its wide distribution and presumed large overall population. It is worth noting that the species is listed as Near Threatened or threatened in the National Red Lists of Germany, the Netherlands and Norway and changes in agricultural practices are posing a threat to this species.

Distribution

Geographic Range

Eucera longicornis is a Palearctic species occurring in almost all European countries, including Scandinavia (Aliyev and Maharramov 2015, Augul 2018, Boustani et al. 2021).

This species is also known from southwestern to eastern Asia (Aliyev and Maharramov 2015, Augul 2018, Boustani et al. 2021).

Map Status

Map Status	Use map from previous assessment	How the map was created, including data sources/methods used:	Please state reason for map not available:	Data Sensitive?	Justification	Geographic range this applies to:	Date restriction imposed:
Done	-	-	-	-	-	-	-

Biogeographic Realms

Biogeographic Realm: Palearctic

Occurrence

Countries of Occurrence

Country	Presence	Origin	Formerly Bred	Seasonality
Austria	Extant	Native	-	Resident
Belgium	Extant	Native	-	Resident
Bulgaria	Extant	Native	-	Resident
Croatia	Extant	Native	-	Resident
Czechia	Extant	Native	-	Resident
Denmark	Extant	Native	-	Resident
Estonia	Extant	Native	-	Resident
Finland	Extant	Native	-	Resident
France	Extant	Native	-	Resident
France -> Corsica	Extant	Native	-	Resident
France -> France (mainland)	Extant	Native	-	Resident
Germany	Extant	Native	-	Resident
Greece	Extant	Native	-	Resident
Greece -> Greece (mainland)	Extant	Native	No	Resident
Hungary	Extant	Native	-	Resident
Italy	Extant	Native	-	Resident
Italy -> Italy (mainland)	Extant	Native	-	Resident
Italy -> Sardegna	Extant	Native	-	Resident
Latvia	Extant	Native	-	Resident
Lithuania	Extant	Native	-	Resident
Luxembourg	Extant	Native	-	Resident
Moldova, Republic of	Extant	Native	-	Resident
Netherlands	Extant	Native	-	Resident

North Macedonia	Extant	Native	-	Resident
Norway	Extant	Native	-	Resident
Poland	Extant	Native	-	Resident
Romania	Extant	Native	-	Resident
Russian Federation	Extant	Native	-	Resident
Russian Federation -> European Russia	Extant	Native	-	Resident
Serbia	Extant	Native	-	Resident
Serbia -> Kosovo	Extant	Native	-	Resident
Serbia -> Serbia	Extant	Native	No	Resident
Slovakia	Extant	Native	-	Resident
Slovenia	Extant	Native	-	Resident
Spain	Extant	Native	-	Resident
Spain -> Spain (mainland)	Extant	Native	No	Resident
Sweden	Extant	Native	-	Resident
Switzerland	Extant	Native	-	Resident
Ukraine	Extant	Native	-	Resident
United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland	Extant	Native	-	Resident
United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland -> Great Britain	Extant	Native	No	Resident

Population

The species is mostly recorded from individual observations, although in some cases it can be abundant i.e., in cultivated areas (Tasei 1978). Fluctuations in the population of this species and a moderate decline in the long- and short-term population trend have been reported in the Red Data List of the Bees of Germany (Westrich *et al.* 2011). In Great Britain, the species has declined markedly since 1990 (S. Roberts pers. comm. 2013). The current population trend elsewhere is unknown. It is classified as Critically Endangered in the Dutch Red List (Smit and Smit 2021).

Populations with black haired females from the mountains of SE Europe and SW Asia were described as ssp. *atricornis* Friese (Risch pers. comm. 2023). This species is common in Spain (Wood pers. comm. 2023).

Habitats and Ecology

Eucrea longicornis is a solitary species, nesting in aggregation in the soil of south-facing slopes, flowering meadows, roadsides, floodplain meadows and forest edges, low mountain semi-desert and mid mountain phrygian landscape up to 1200 m (Aliyev and Maharramov, 2015, Hennessy *et al.* 2020, Smit and Smit, 2021). The species is univoltine and the flight period is from April to July. This species is oligolectic on Fabaceae (Risch pers. comm. 2023). The species is known to visit sexually deceptive orchid species of *Ophrys* (Gaskett 2011, Anghelescu *et al.* 2021).

IUCN Habitats Classification Scheme

Habitat	Season	Suitability	Major Importance?
4.4. Grassland -> Grassland - Temperate	Resident	Suitable	Yes

Systems

System: Terrestrial

Use and Trade

General Use and Trade Information

This species is not traded or exploited commercially.

Threats

While the threats to this species are poorly known, it has been widely recorded globally, and sufficiently large areas of suitable habitat are presumed to remain within the species' geographic range. In Great Britain, shifts in agricultural practice are regarded as a driver of decline and these include moving from hay cropping to silage (which removes the floral resources before flowering) and nitrogen enrichment of grasslands (which tends to suppress Fabaceae). Ecologist Professor John Rodwell stated in a recent interview (2013): "Over England and Wales, the last reliable overall survey showed us that in the last century we have lost about 97% of the hay meadows that we had."

It is threatened by intensive agriculture (especially when pea plants are not allowed to flower). (Stenmark *et al.* 2018)

Conservation

This species is included in the National Red Lists of Belgium (Vulnerable; Drossart *et al.* 2019), Estonia (Least Concern; Soon 2020), Finland (Least Concern; Hyvärinen *et al.* 2019), Germany (Near Threatened; Westrich *et al.* 2011), the Netherlands (Critically Endangered; Reemer 2018) and Norway (Least Concern; Artsdatabanken 2021).

The species was previously listed in the National Red Lists of the Netherlands in a different category (Endangered; Peeters and Reemer 2003) and Norway in a different category (Near Threatened; Kålås *et al.* 2010).

The species was categorised Least Concern in the *European Red List of bees* (Nieto *et al.* 2014).

There appear to be few direct conservation measures in place for this species although it is listed as a species of Principal Importance on Section 41 of the Natural Environment and Rural Communities (NERC) Act (2006) in the UK. Further research is required to establish the current status of the species throughout its range, to research the population size and trends and to identify any future or potential threats. The species is present in protected areas.

Bibliography

Aliyev, K.A. and Maharramov, M.M. 2015. Contribution on the study of *Eucera Scopoli* (Hymenoptera: Apidae) from Nakhchivan Autonomous Republic (Azerbaijan). *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde*: 247-250.

Anghelescu, N.E.D., Kertész, H., Pataki, H., Georgescu, M.I., Petra, S.A. and Toma, F. 2021. Genus *Ophrys* l., 1753 in Romania – Taxonomy, morphology and pollination by sexual deception (mimicry). *Scientific Papers. Series B, Horticulture*.

Artsdatabanken. 2021. Norsk rødliste for arter 2021. Available at: <https://www.artsdatabanken.no/lister/rodlisteforarter/2021>.

Augul, R.S. 2018. Study on diversity of bees (Hymenoptera, Apoidea) from different regions of Iraq. *Bulletin of the Iraq Natural History Museum* 15(1): 57-75.

Annexe 3: Critères d'évaluation de l'IUCN.

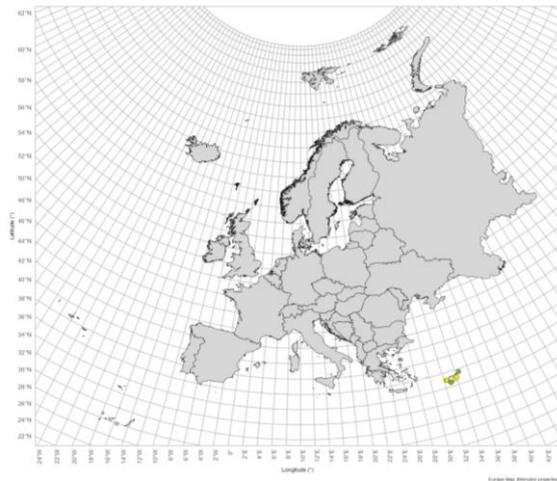
Les 5 critères de l'IUCN qui permettent de catégoriser les espèces selon leurs niveaux de menaces pour la réalisation de la liste rouge européenne (UICN, 2012).

A. Réduction de la taille de la population. Réduction (mesurée sur la plus longue des deux durées : 10 ans ou 3 générations) sur la base d'un ou plusieurs des critères A1 à A4			
	En danger critique	En danger	Vulnérable
A1	≥ 90%	≥ 70%	≥ 50%
A2, A3 & A4	≥ 80%	≥ 50%	≥ 30%
A1 Réduction de la population constatée, estimée, déduite ou supposée, dans le passé, lorsque les causes de la réduction sont clairement réversibles ET comprises ET ont cessé.	<i>en se basant sur l'un des éléments suivants :</i>	(a) l'observation directe [excepté A3] (b) un indice d'abondance adapté au taxon (c) la réduction de la zone d'occupation (AOO), de la zone d'occurrence (EOO) et/ou de la qualité de l'habitat (d) les niveaux d'exploitation réels ou potentiels (e) les effets de taxons introduits, de l'hybridation, d'agents pathogènes, de substances polluantes, d'espèces concurrentes ou parasites	
A2 Réduction de la population constatée, estimée, déduite ou supposée, dans le passé, lorsque les causes de la réduction n'ont peut-être pas cessé OU ne sont peut-être pas comprises OU ne sont peut-être pas réversibles.			
A3 Réduction de la population prévue, déduite ou supposée dans le futur (sur un maximum de 100 ans) [(a) ne peut pas être utilisé pour A3].			
A4 Réduction de la population constatée, estimée, déduite, prévue ou supposée, sur une période de temps devant inclure à la fois le passé et l'avenir (sur un maximum de 100 ans dans le futur), lorsque les causes de la réduction n'ont peut-être pas cessé OU ne sont peut-être pas comprises OU ne sont peut-être pas réversibles.			
B. Répartition géographique, qu'il s'agisse de B1 (zone d'occurrence) ET/OU B2 (zone d'occupation)			
	En danger critique	En danger	Vulnérable
B1. Zone d'occurrence (EOO)	< 100 km ²	< 5 000 km ²	< 20 000 km ²
B2. Zone d'occupation (AOO)	< 10 km ²	< 500 km ²	< 2 000 km ²
ET au moins 2 des 3 conditions suivantes :			
(a) Sévèrement fragmentée OU nombre de localités	= 1	≤ 5	≤ 10
(b) Déclin continu constaté, estimé, déduit ou prévu de l'un des éléments suivants : (i) zone d'occurrence, (ii) zone d'occupation, (iii) superficie, étendue et/ou qualité de l'habitat, (iv) nombre de localités ou de sous-populations, (v) nombre d'individus matures			
(c) Fluctuations extrêmes de l'un des éléments suivants : (i) zone d'occurrence, (ii) zone d'occupation, (iii) nombre de localités ou de sous-populations, (iv) nombre d'individus matures			
C. Petite population et déclin			
	En danger critique	En danger	Vulnérable
Nombre d'individus matures	< 250	< 2 500	< 10 000
ET au moins un des sous-critères C1 ou C2 :			
C1. Un déclin continu constaté, estimé ou prévu (sur un maximum de 100 ans dans le futur) d'au moins :	25% en 3 ans ou 1 génération (sur la plus longue des deux durées)	20% en 5 ans ou 2 générations (sur la plus longue des deux durées)	10% en 10 ans ou 3 générations (sur la plus longue des deux durées)
C2. Un déclin continu constaté, estimé, prévu ou déduit ET au moins 1 des 3 conditions suivantes :			
(a) (i) Nombre d'individus matures dans chaque sous-population :	≤ 50	≤ 250	≤ 1 000
(ii) % d'individus matures dans une sous-population =	90–100%	95–100%	100%
(b) Fluctuations extrêmes du nombre d'individus matures			
D. Population très petite ou restreinte			
	En danger critique	En danger	Vulnérable
D. Nombre d'individus matures	< 50	< 250	D1. < 1 000
D2. Pour la catégorie VU uniquement Zone d'occupation restreinte ou nombre de localités limité et susceptibles d'être affectées à l'avenir par une menace vraisemblable pouvant très vite conduire le taxon vers EX ou CR.	-	-	D2. en règle générale : AOO < 20 km ² ou nombre de localités ≤ 5
E. Analyse quantitative			
	En danger critique	En danger	Vulnérable
Indiquant que la probabilité d'extinction dans la nature est :	≥ 50% sur 10 ans ou 3 générations, sur la plus longue des deux durées (100 ans max.)	≥ 20% sur 20 ans ou 5 générations, sur la plus longue des deux durées (100 ans max.)	≥ 10% sur 100 ans

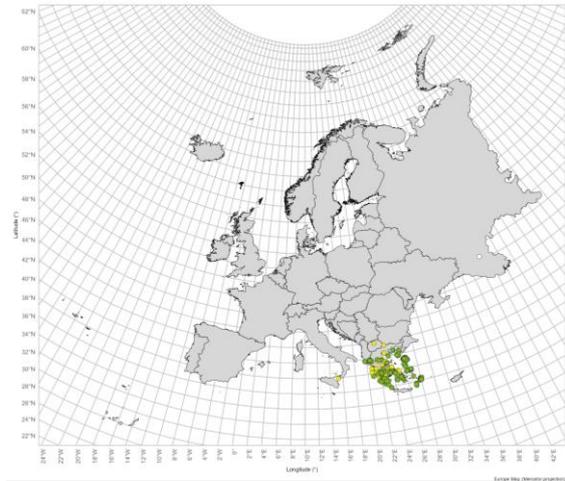
Annexe 4 : Cartes des Eucerini européennes.

Seules 102 cartes de distribution des Eucerini européennes ont pu être réalisées. Les huit espèces manquantes sont des espèces catégorisées dans la liste rouge comme non applicable (NA) ou données insuffisantes (DD) et aucune coordonnées géographiques n'a été reçu pour ces espèces, on retrouve : *Eucera atricipes*, *E. ferghanica*, *E. intermedia*, *E. mastrucata*, *E. sogdiana*, *E. transitoria*, *E. vernalis* et *Tetralonia ruficornis*. Les point en vert sont les collectes après 2000 , ceux en jaune sont les collectes entre 1950 et 2000 , ceux en rouge sont les collectes avant 1950 et ceux en blanc sont les collectent pour lesquelles aucune date n'a été partager.

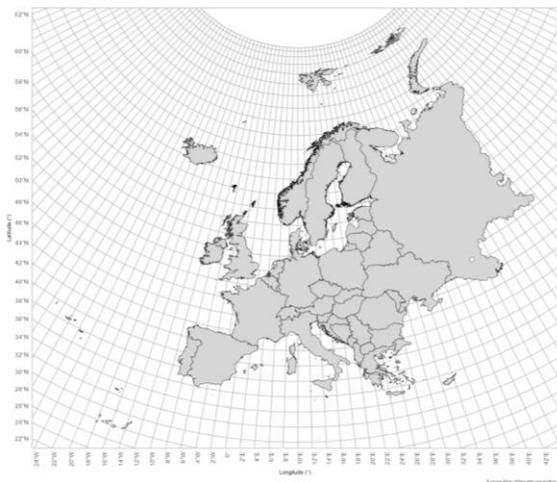
E. aequata



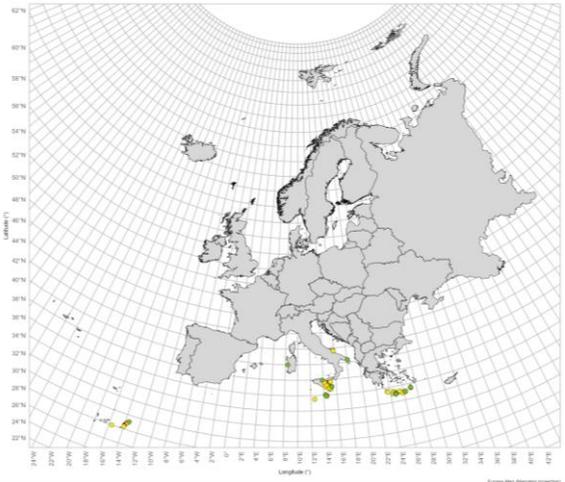
E. albofasciata



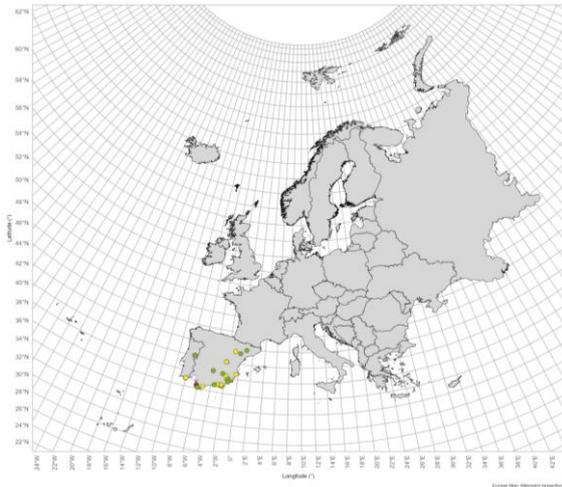
E. alborufa



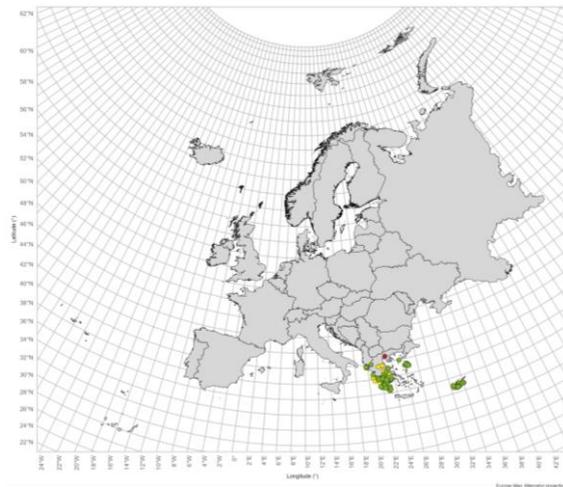
E. algira



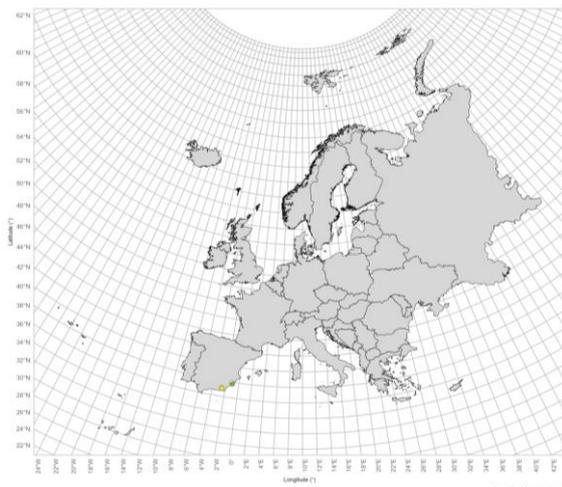
E. barbiventris



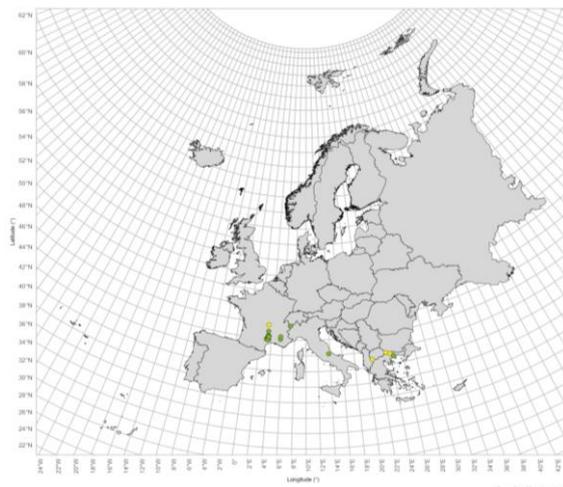
E. bidentata



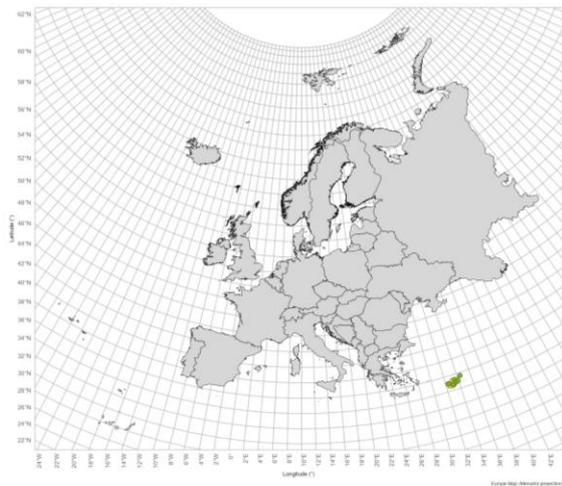
E. brachycera



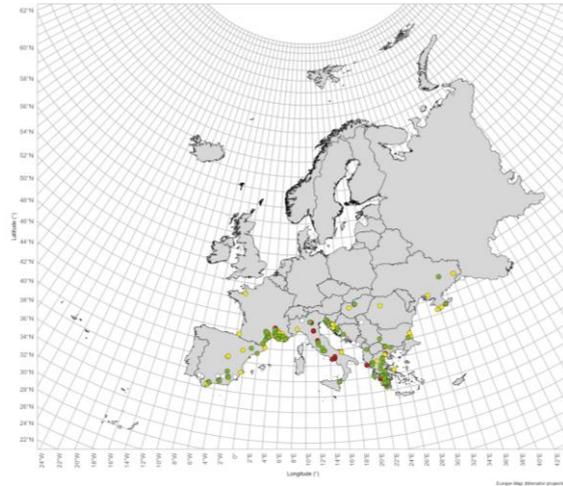
E. breviceps



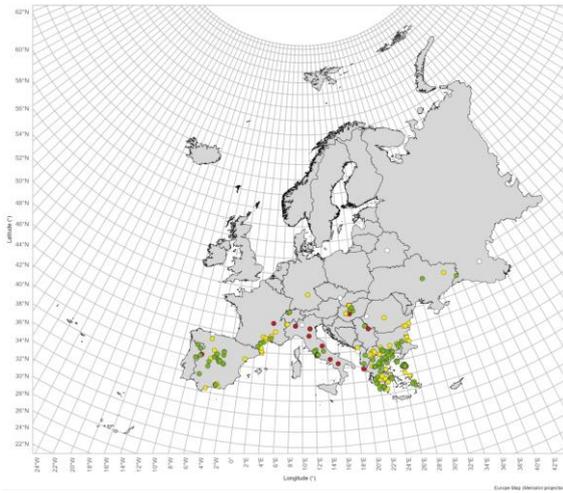
E. caerulescens



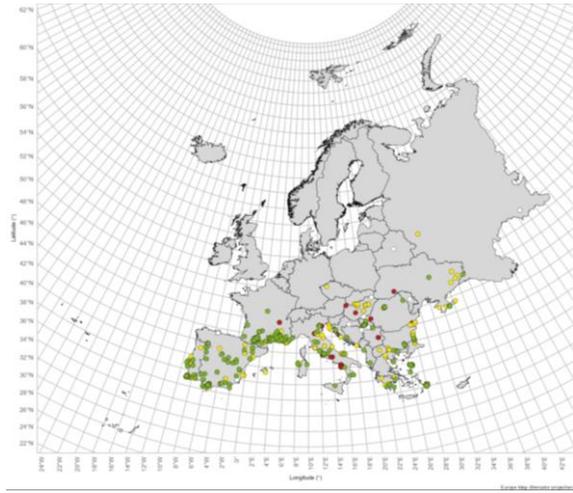
E. caspica



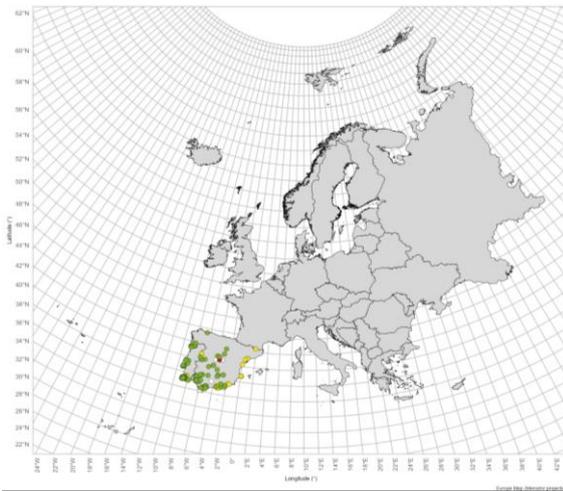
E. cineraria



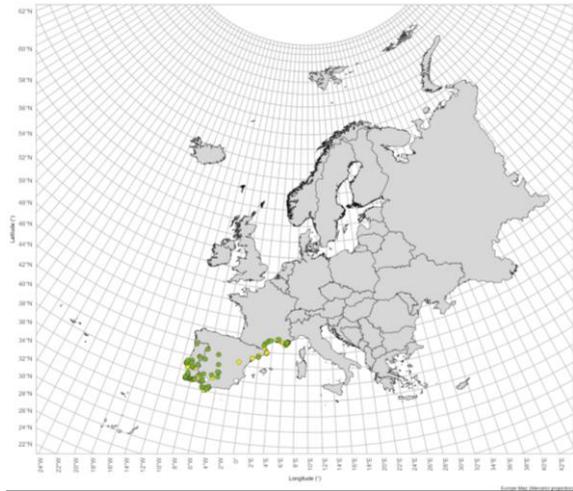
E. clypeata



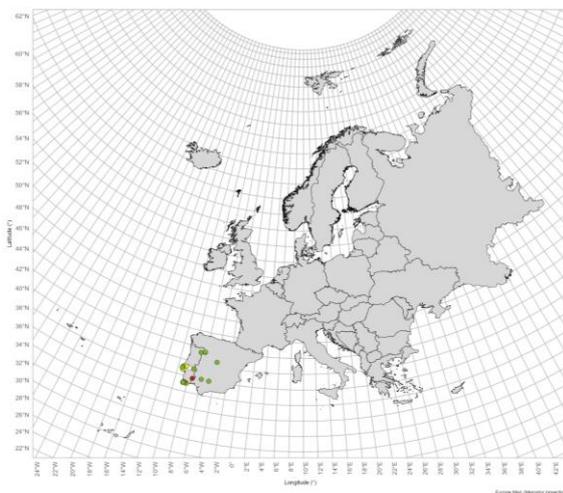
E. codinae



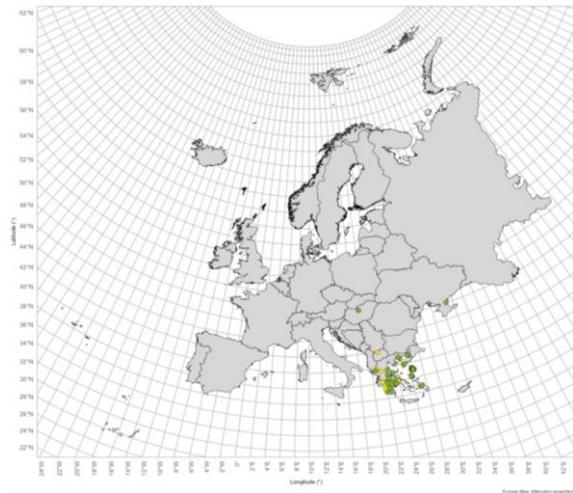
E. collaris



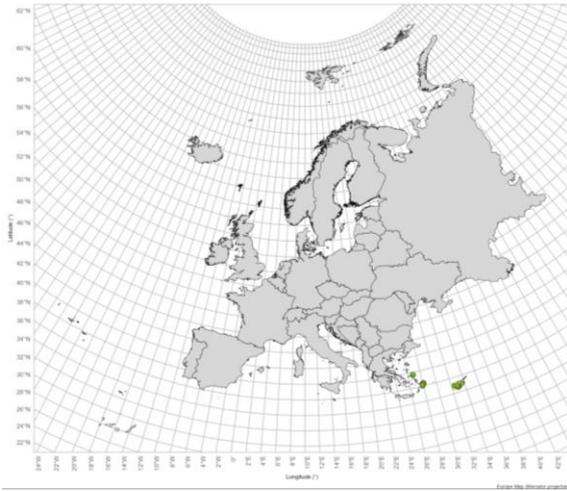
E. confinis



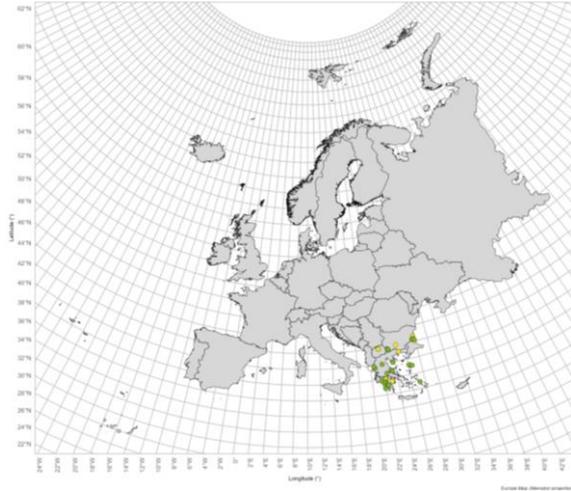
E. curvitaris



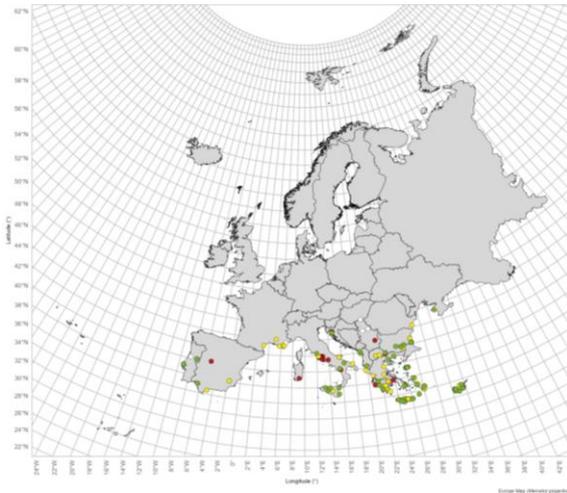
E. cypria



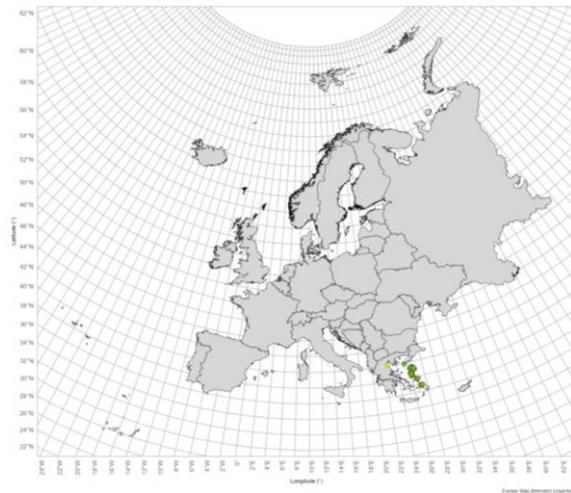
E. dafnii



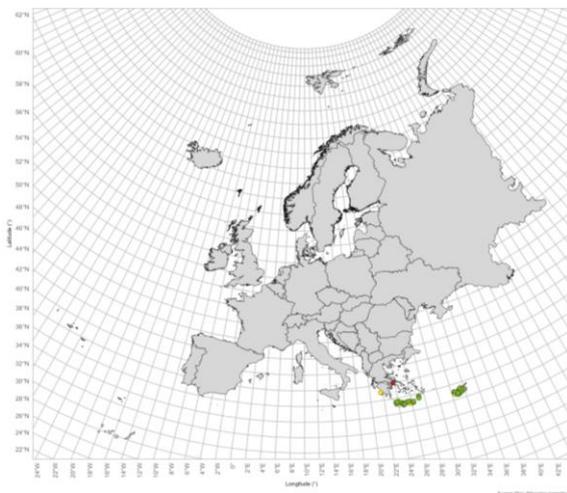
E. dalmatica



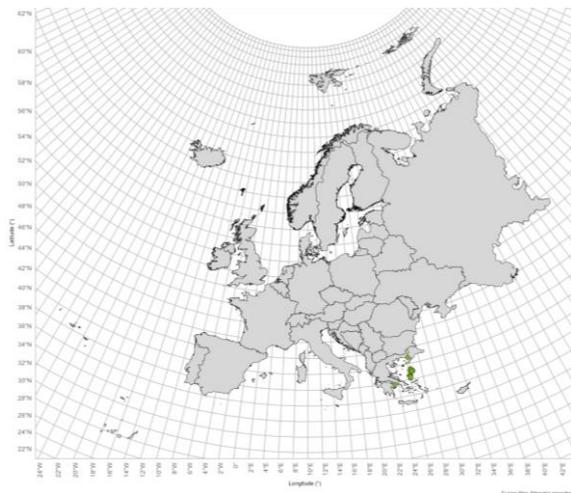
E. digitata



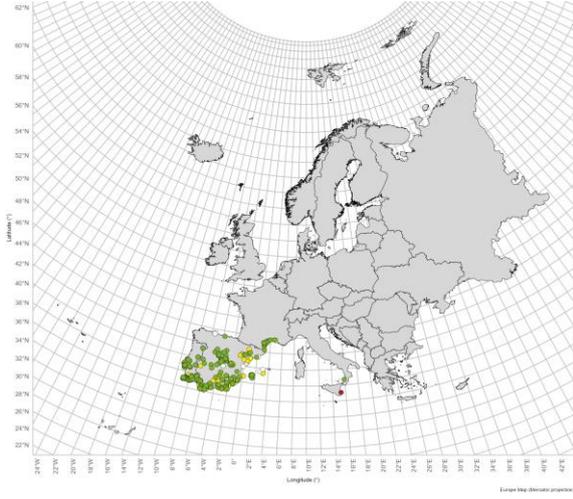
E. dimidiata



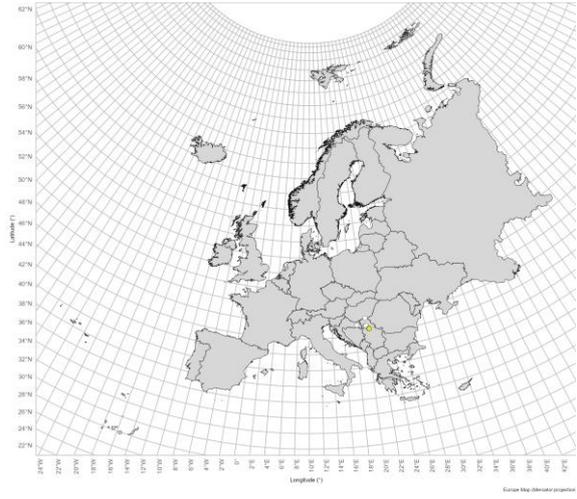
E. ebmeri



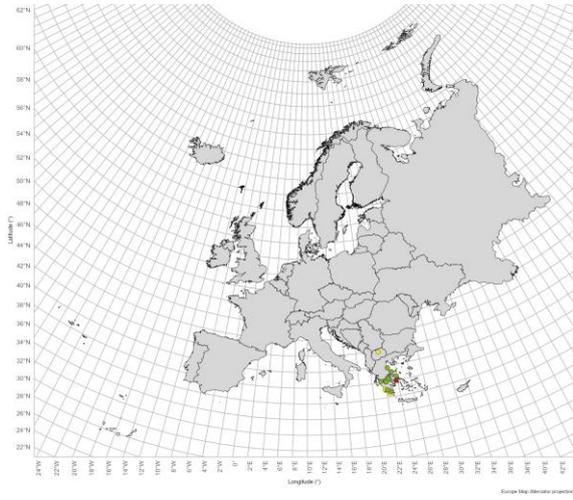
E. elongatula



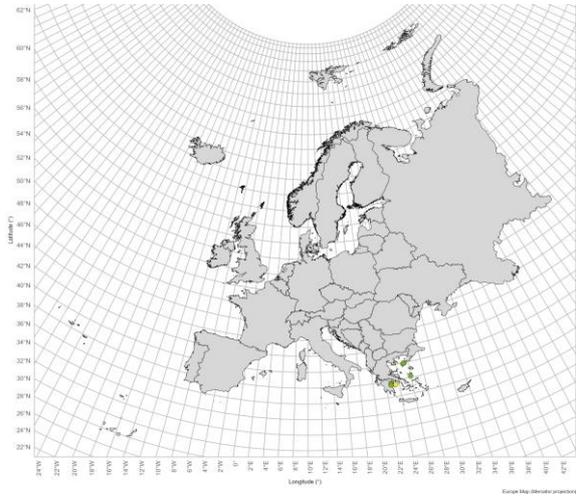
E. excisa



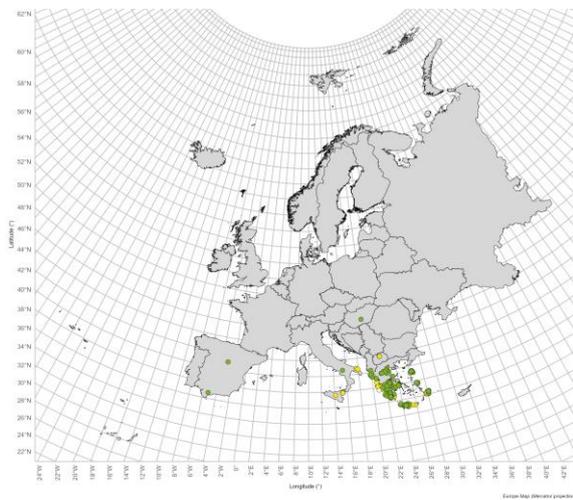
E. fasciata



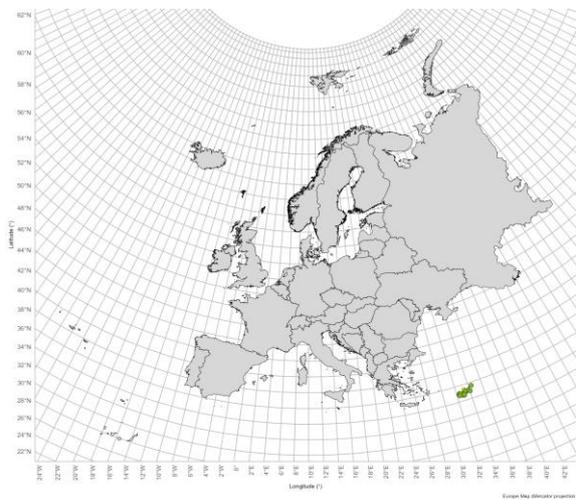
E. flavicornis



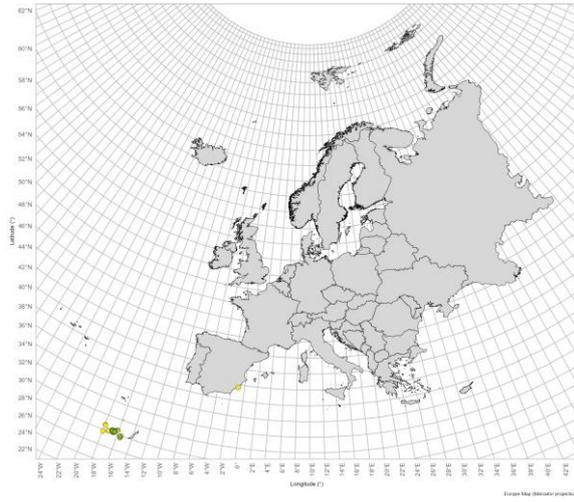
E. furfurea



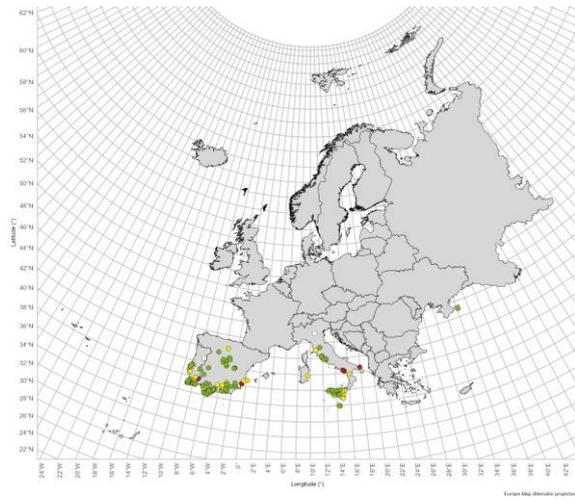
E. gaullei



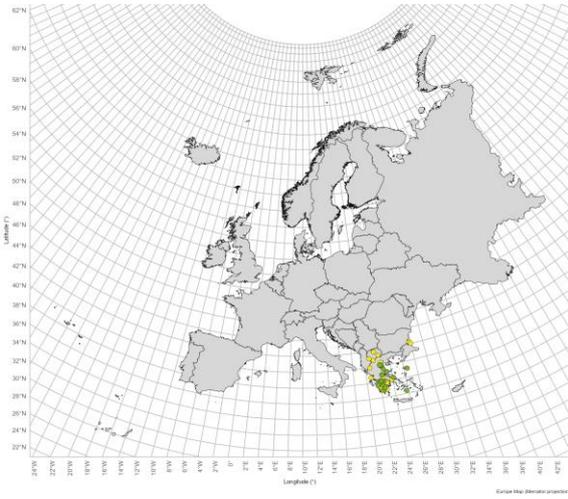
E. gracilipes



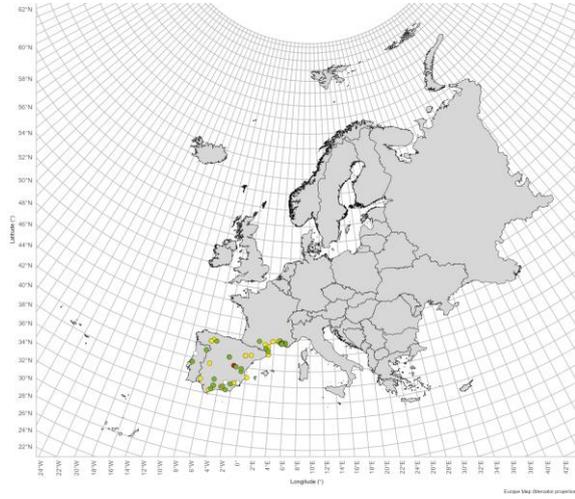
E. grisea



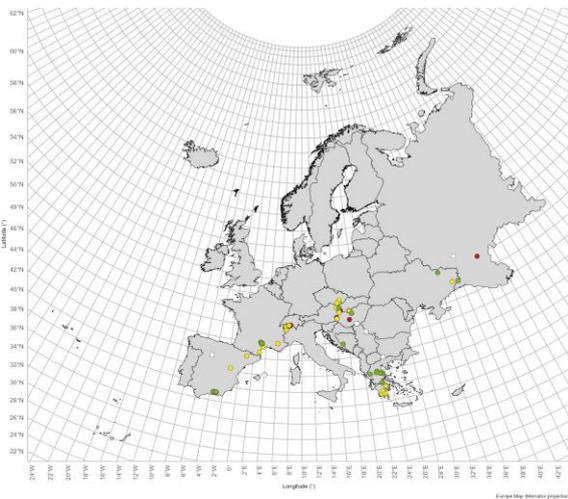
E. helvol



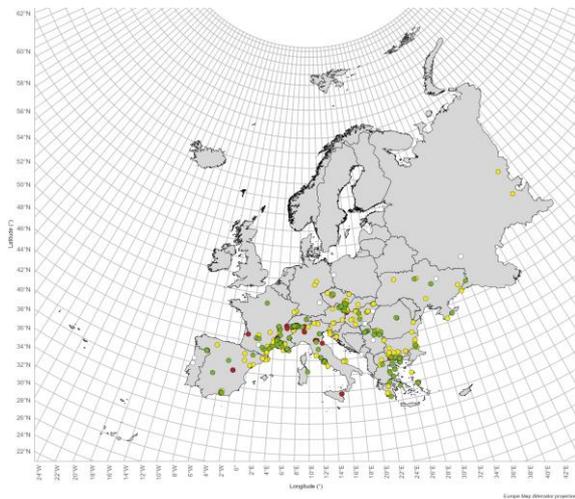
E. hispana



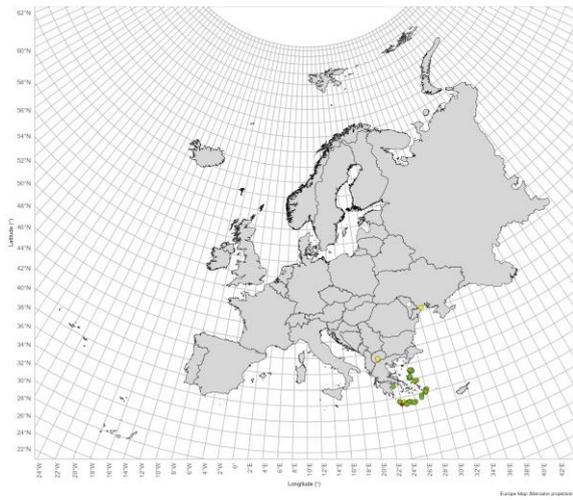
E. hungarica



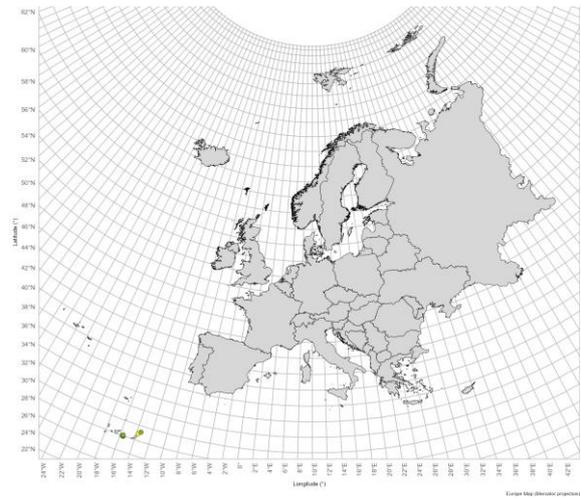
E. interrupta



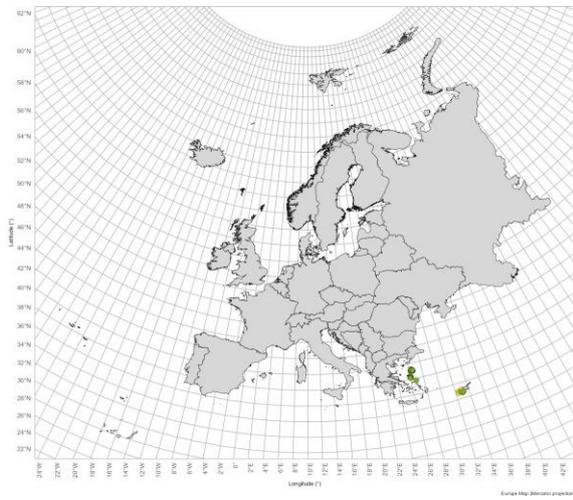
E. kullenber



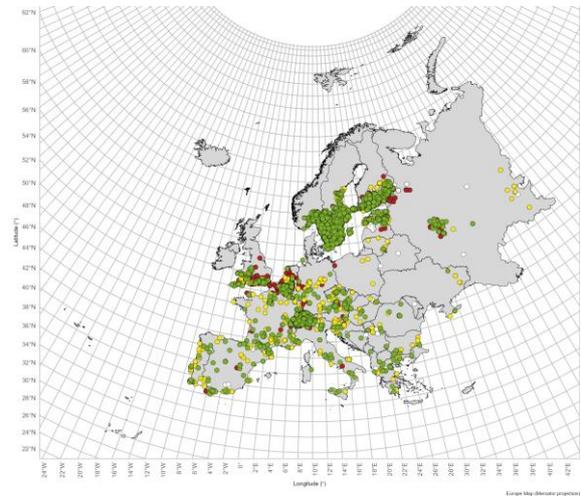
E. lanuginosa



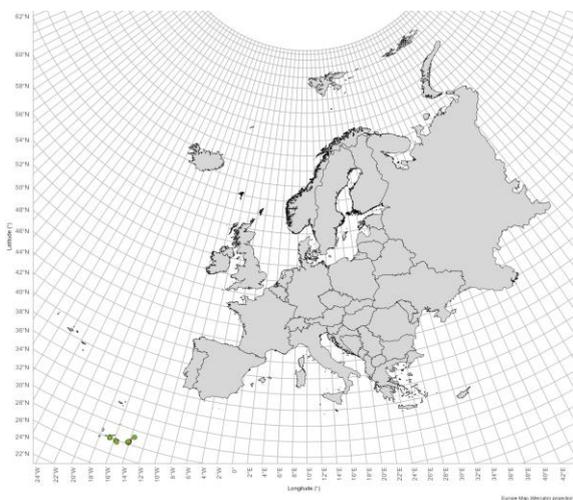
E. laxiscopa



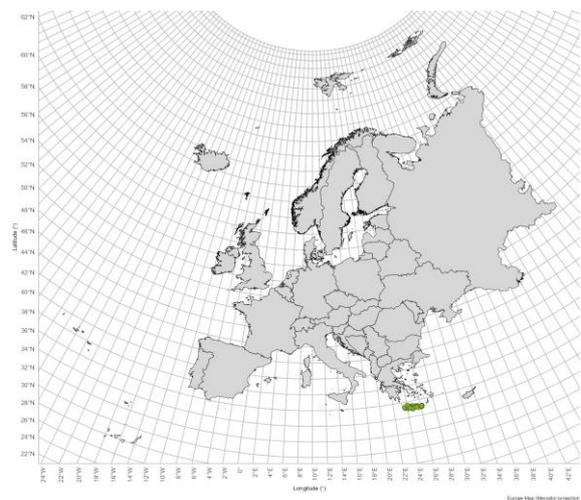
E. longicornis



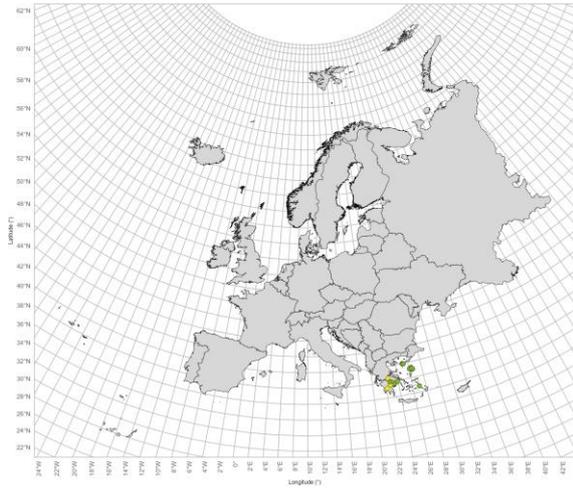
E. maroccana



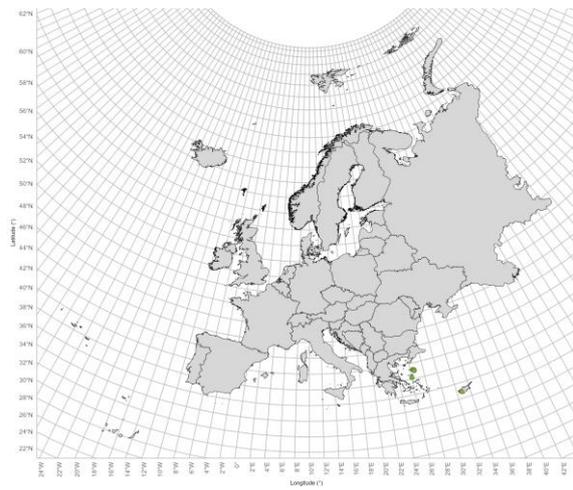
E. matalae



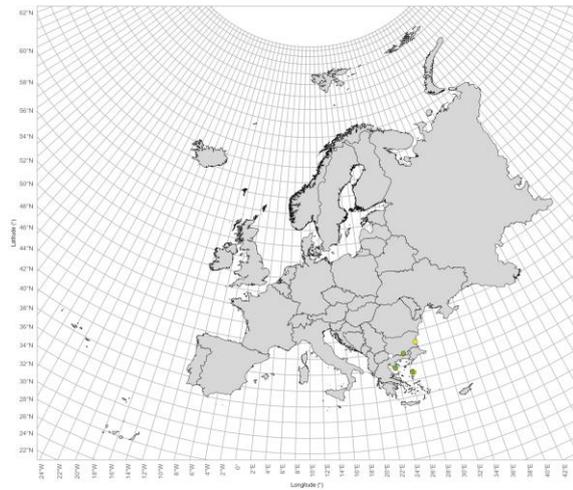
E. mediterranea



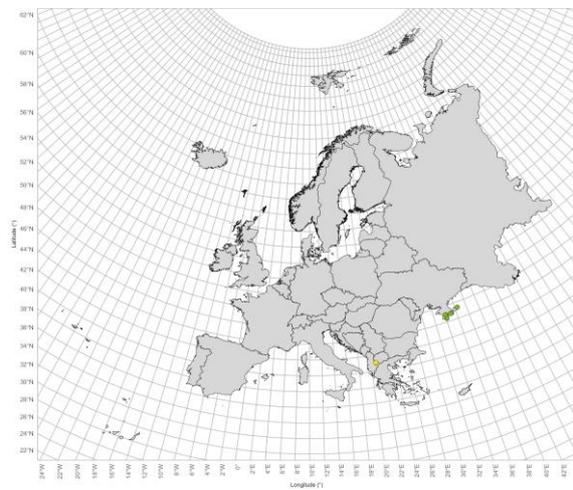
E. melectoide



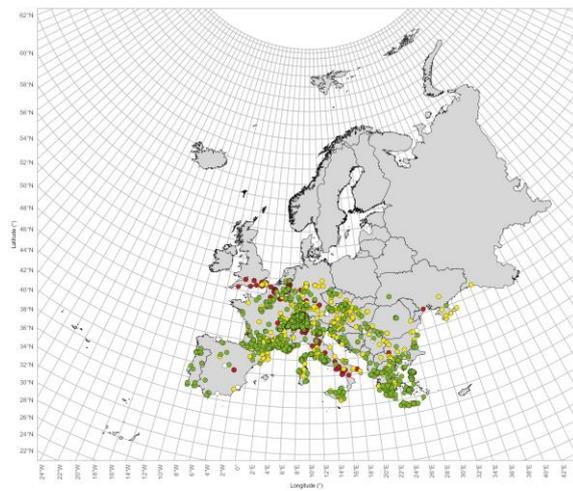
E. microsoma



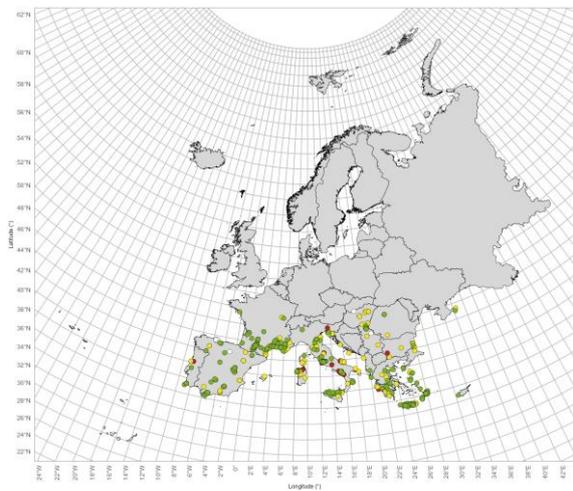
E. morio



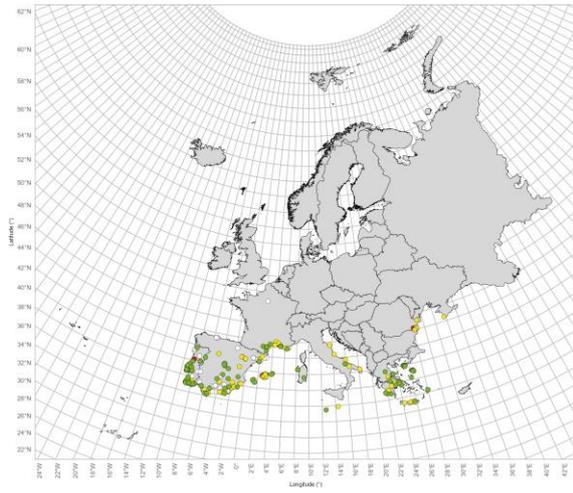
E. nigrescens



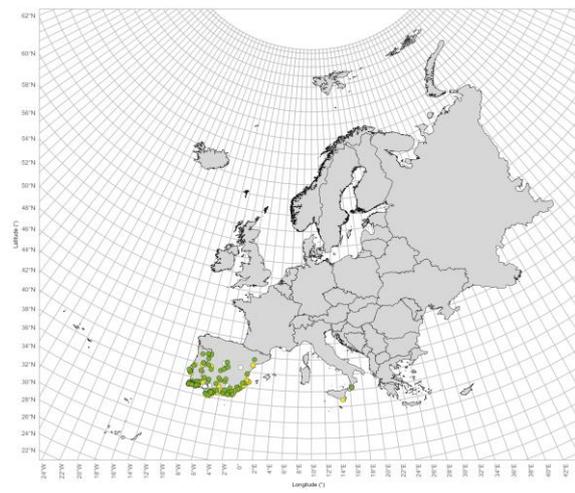
E. nigrifacies



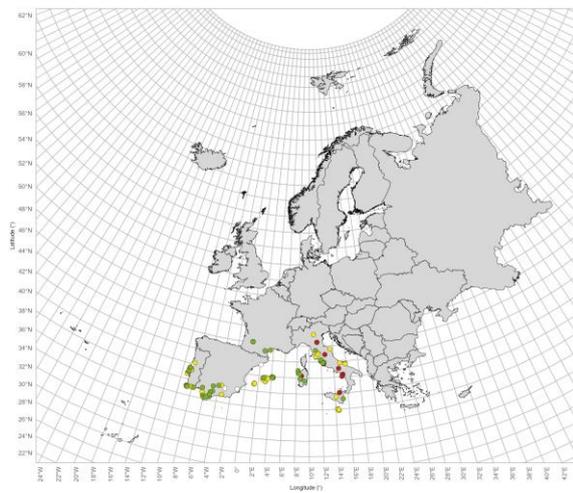
E. nigrilabris



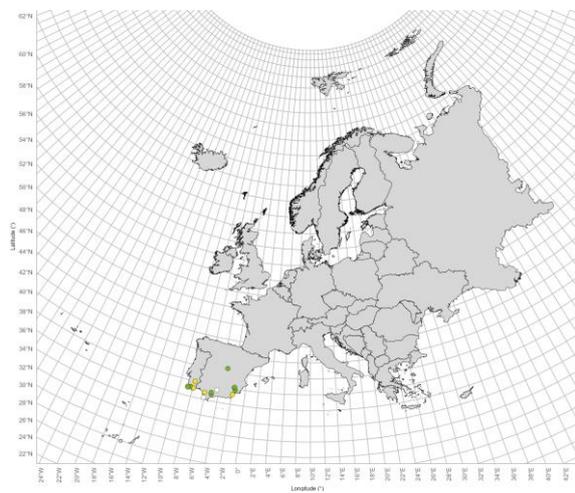
E. notata



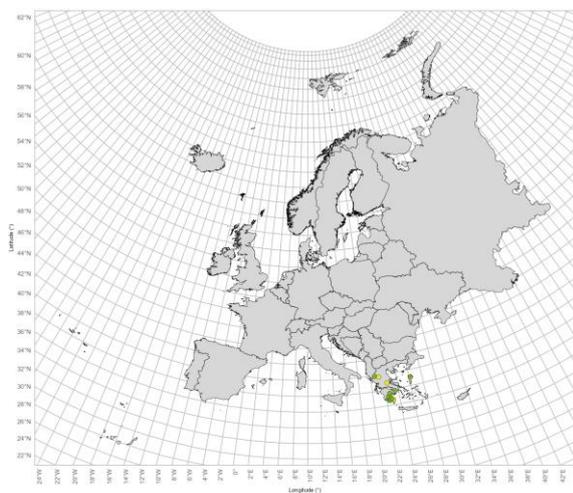
E. numida



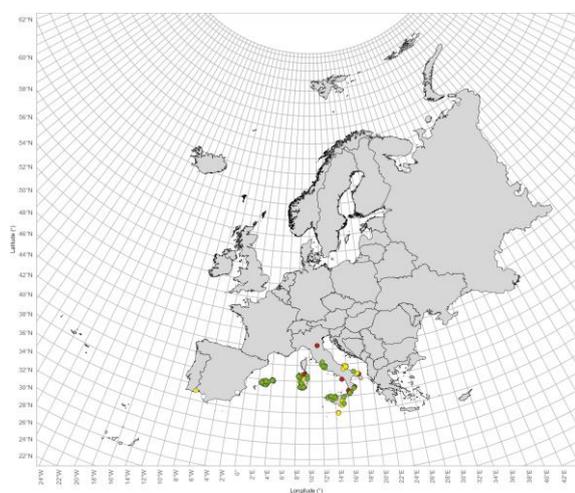
E. obliterated



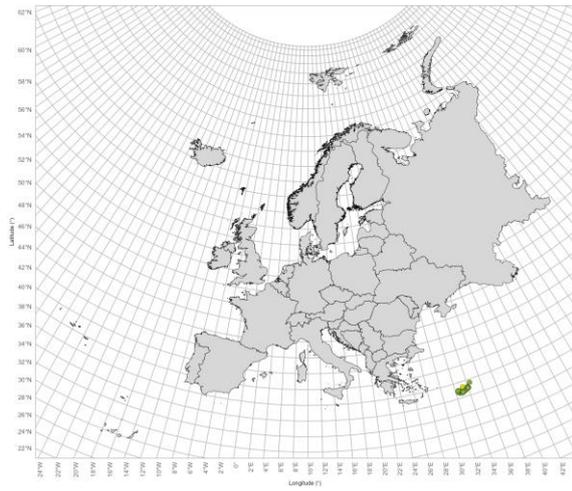
E. obscura



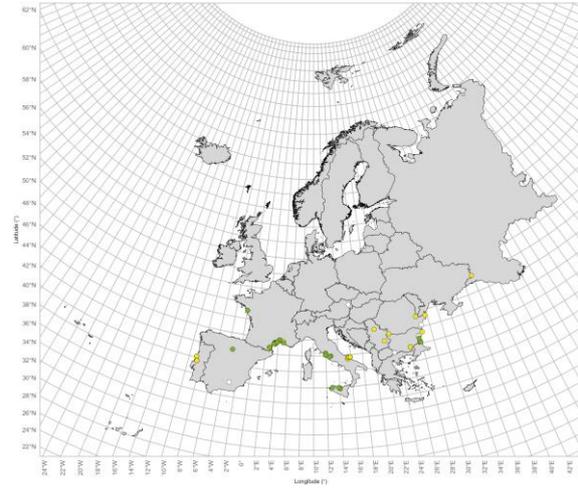
E. oraniensis



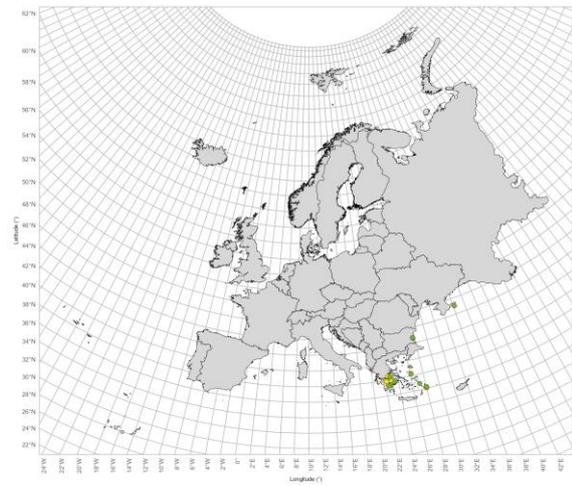
E. palaestinae



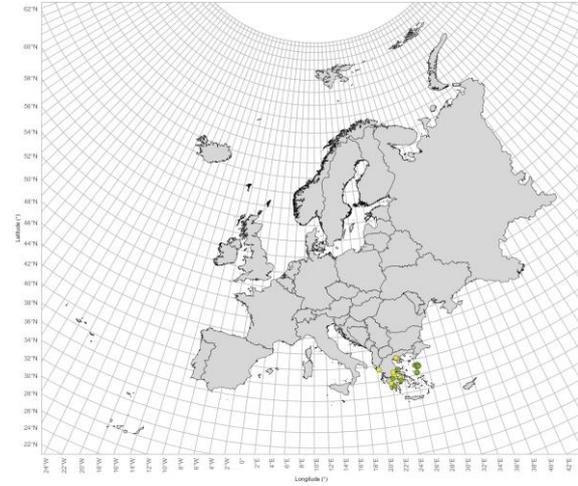
E. pannonica



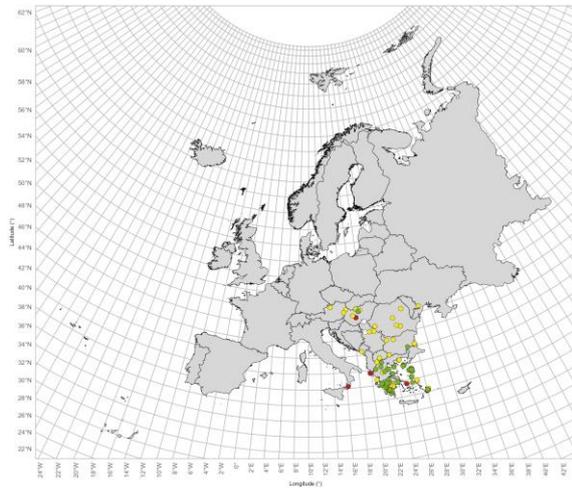
E. paraclypeata



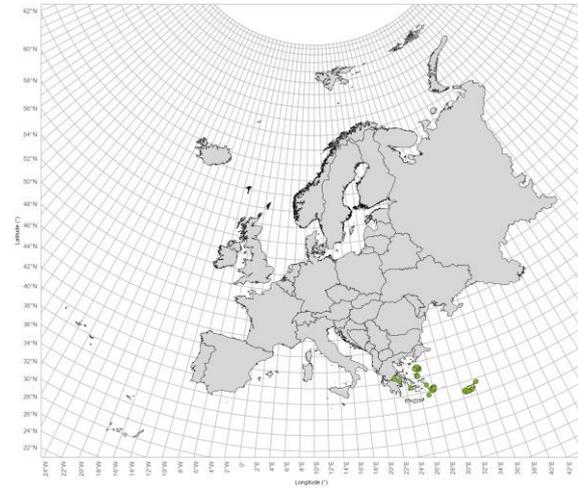
E. parnassia



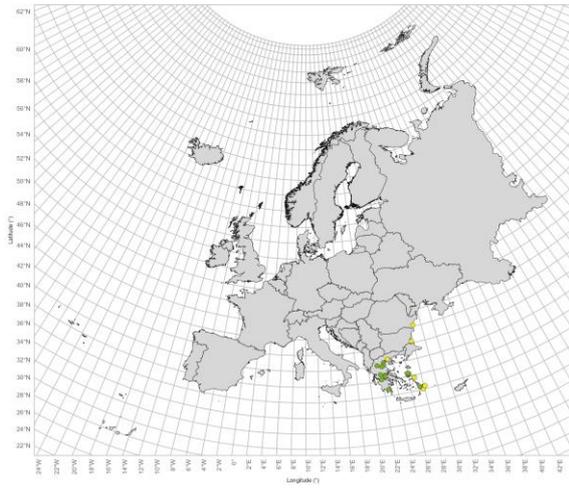
E. parvicornis



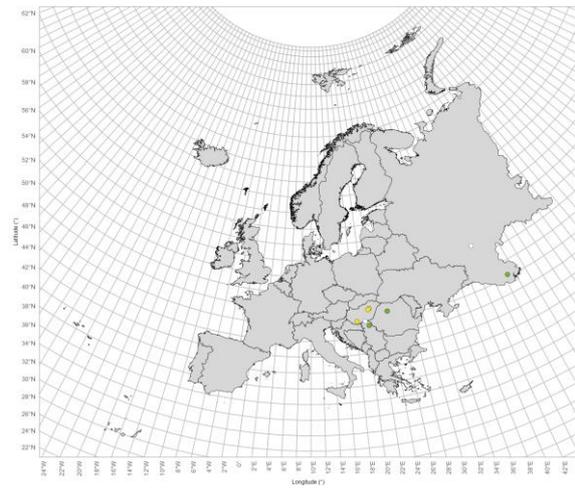
E. penicillata



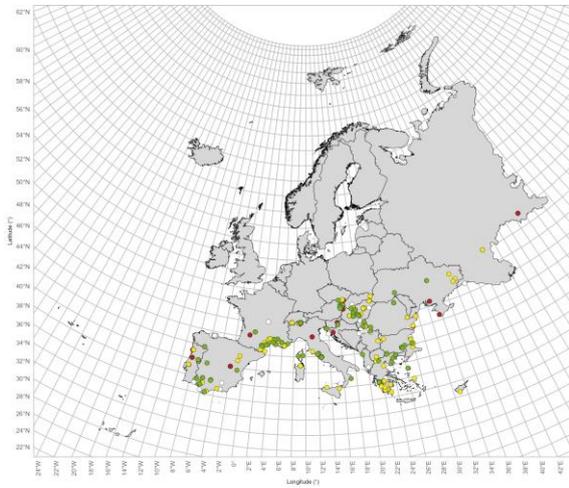
E. plumigera



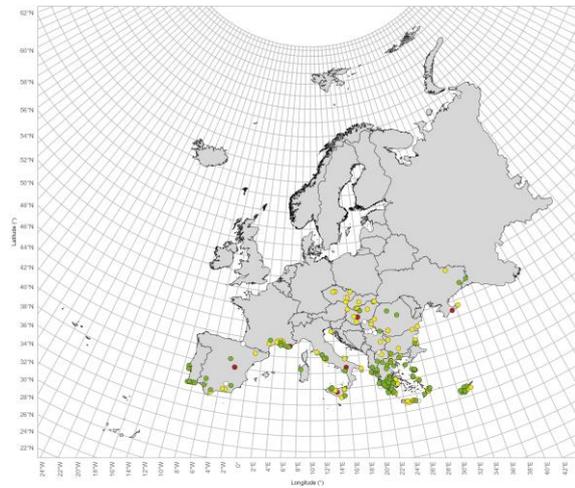
E. pollinaris



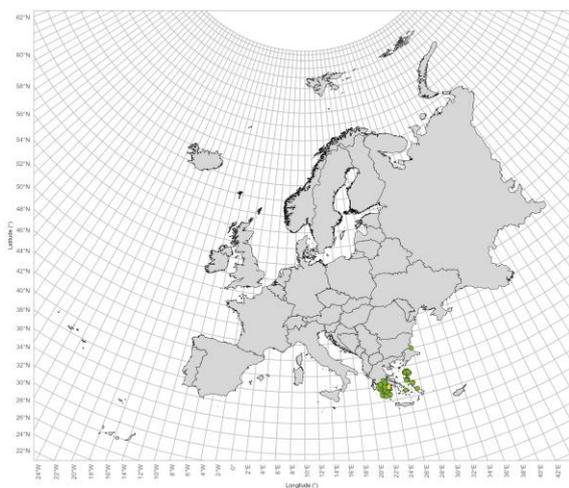
E. pollinosa



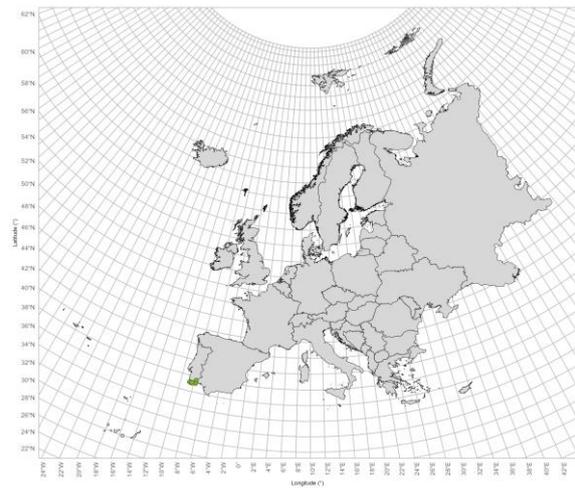
E. proxima



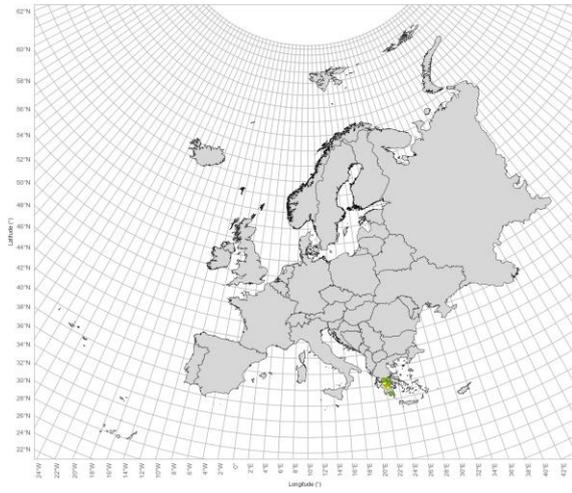
E. pseudeucnemidea



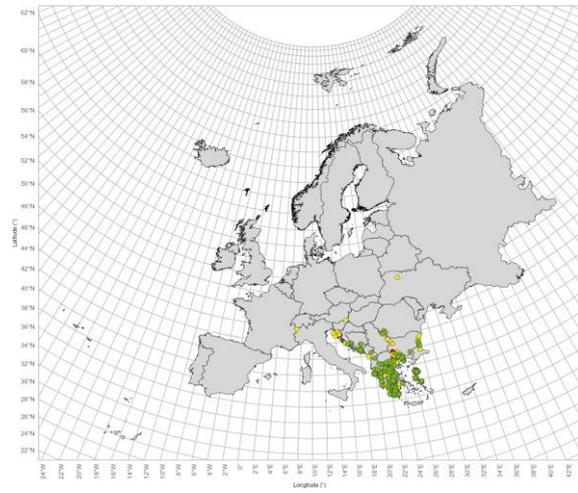
E. punctatissima



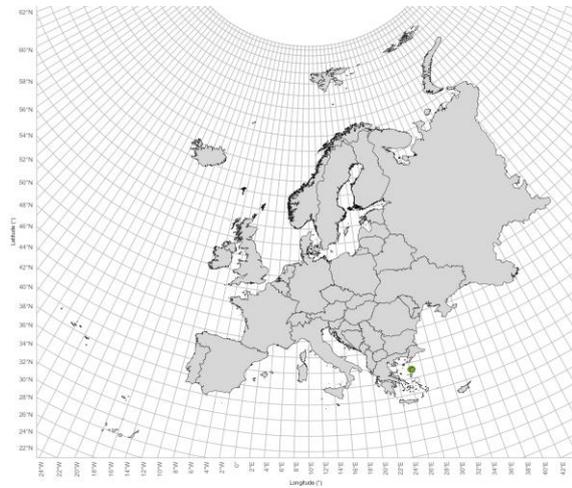
E. puncticollis



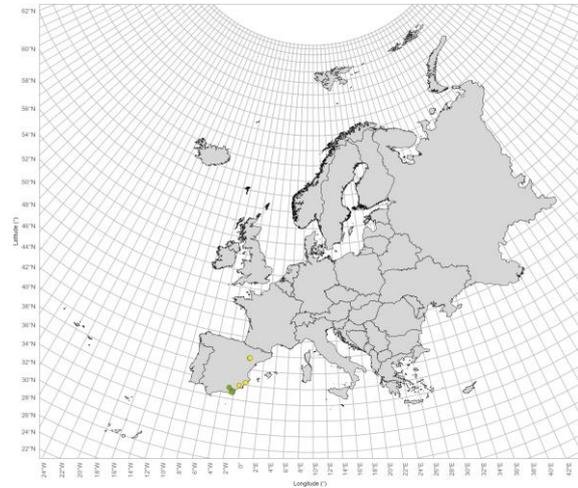
E. punctulata



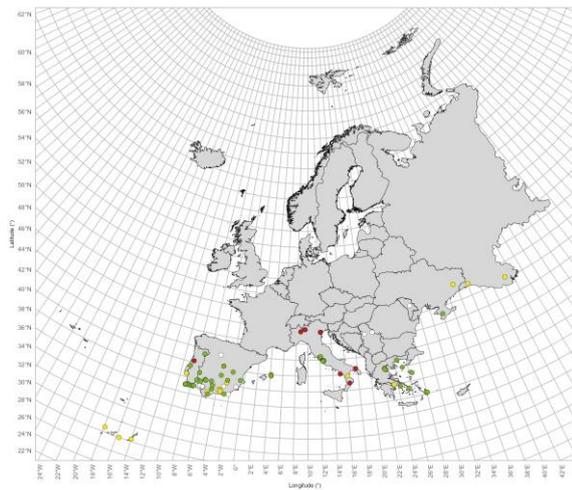
E. pythagoras



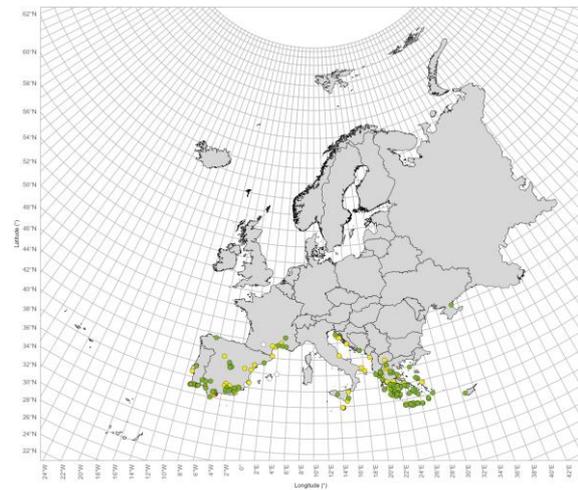
E. quilisi



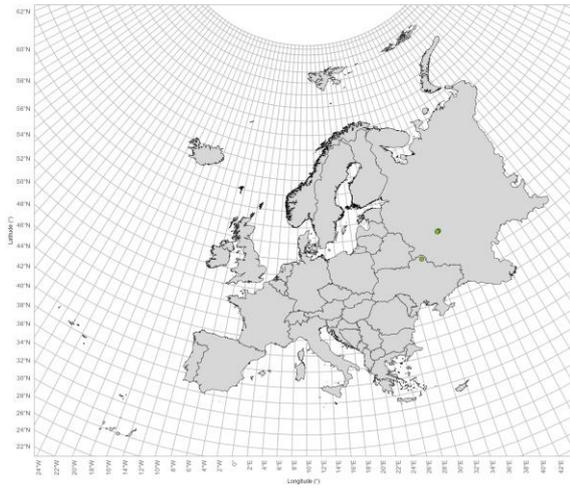
E. rufa



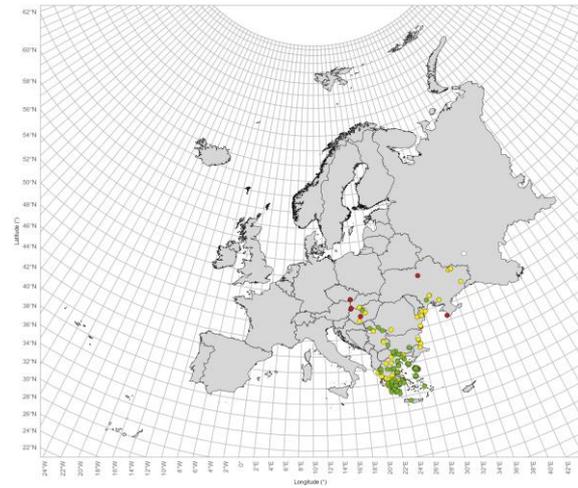
E. ruficollis



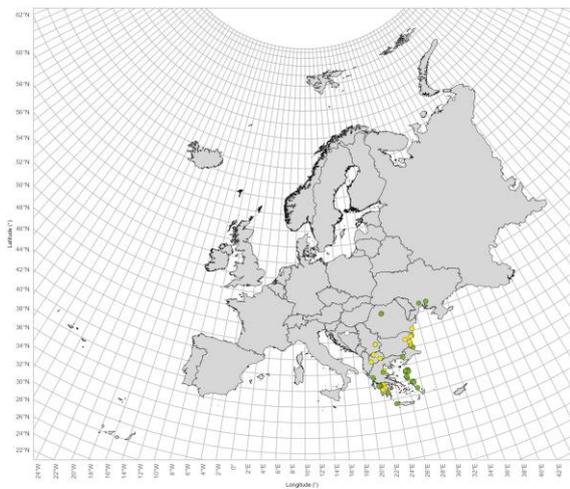
E. rufipes



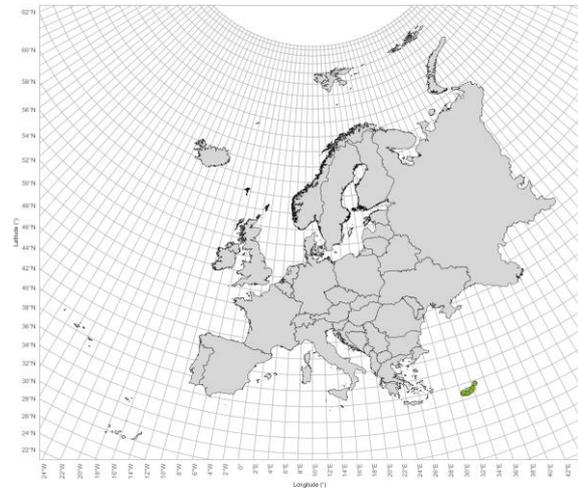
E. seminuda



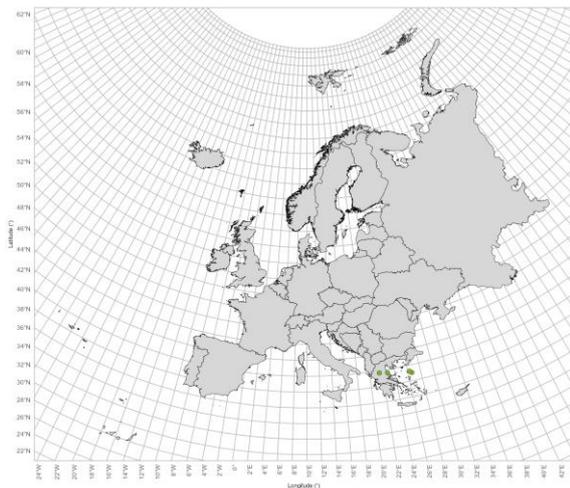
E. squamosa



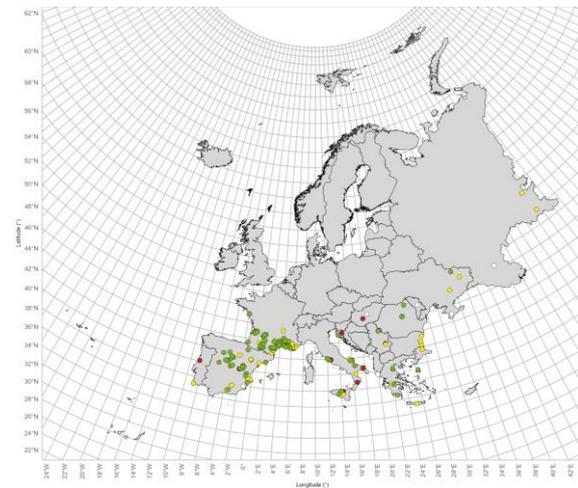
E. syriaca



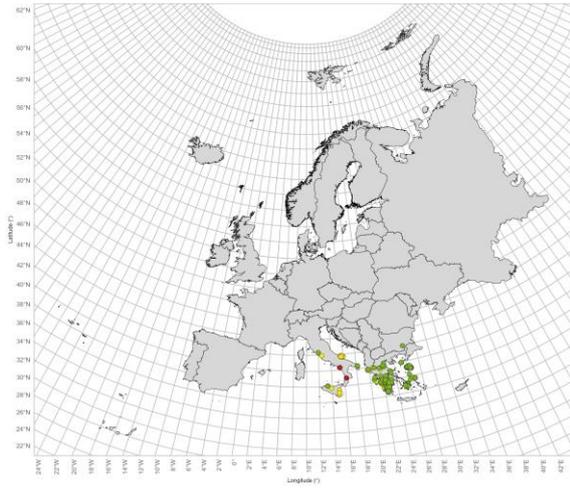
E. taurea



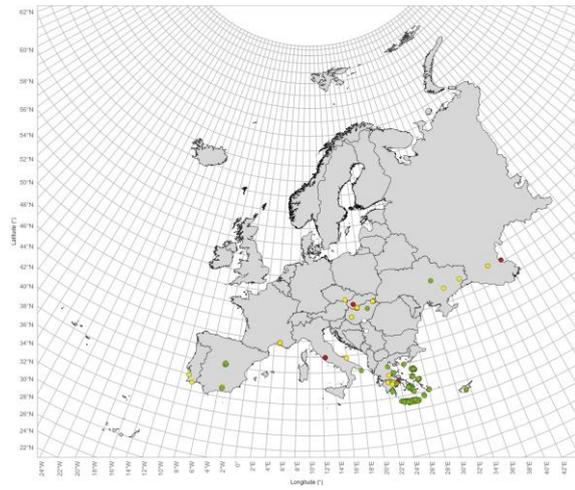
E. taurica



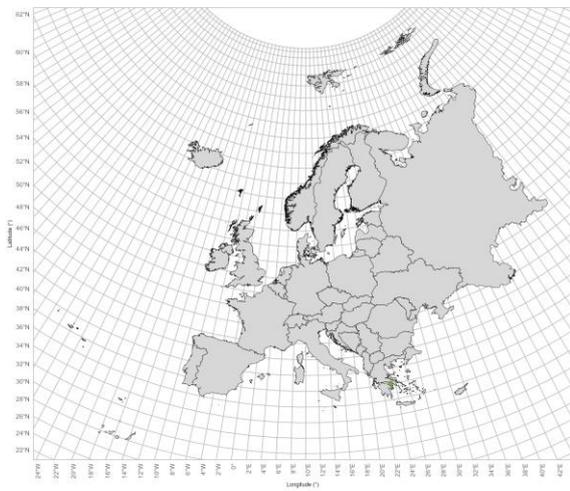
E. terminata



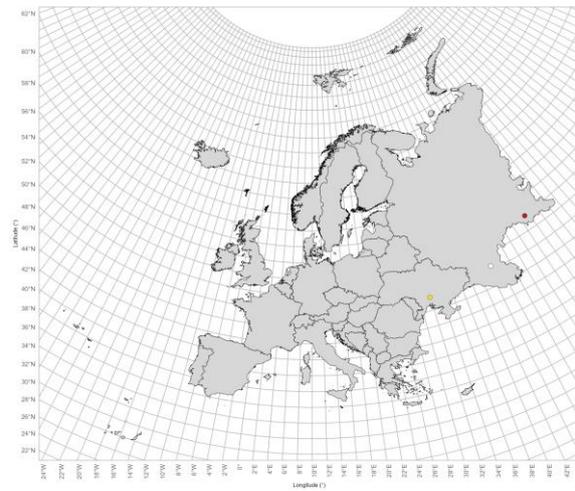
E. tricincta



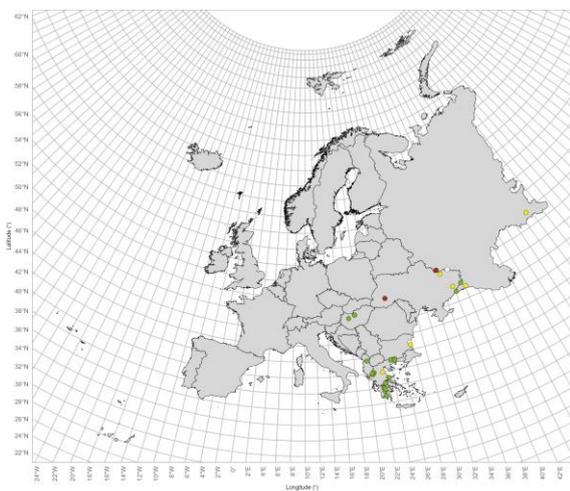
E. tristis



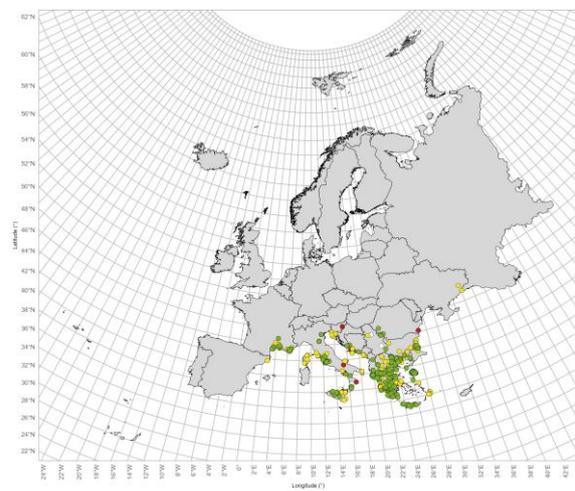
E. velutina



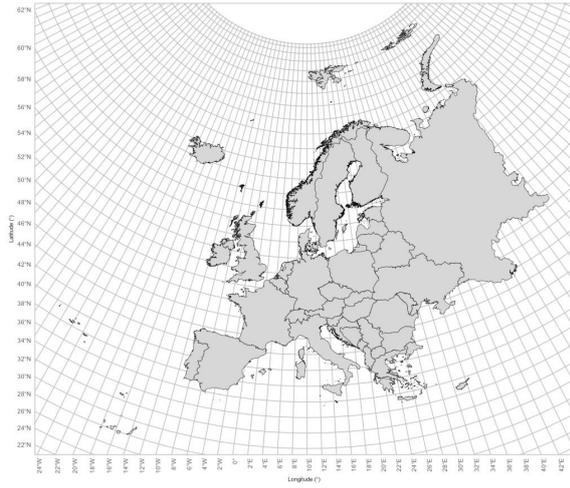
E. vittulata



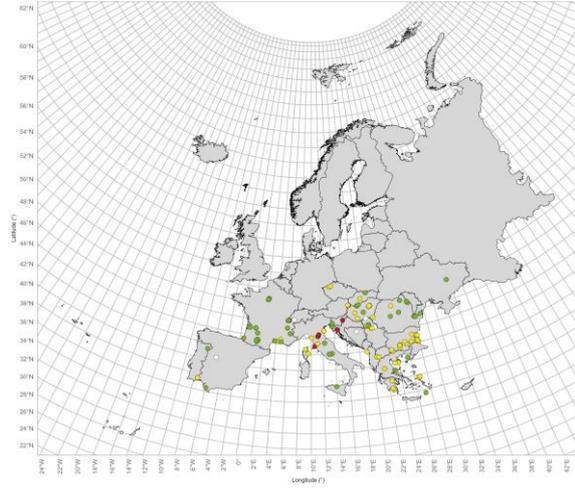
E. vulpes



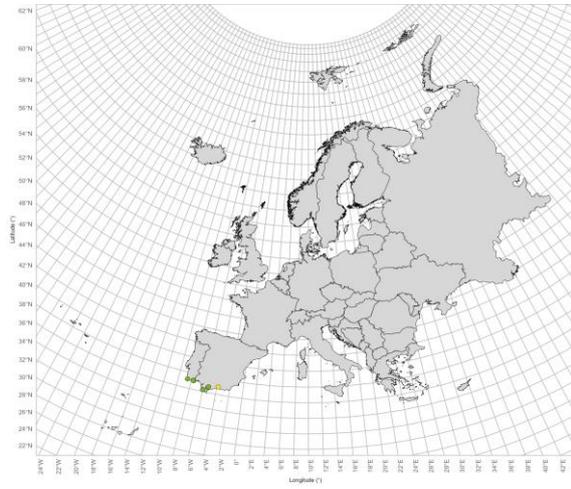
T. alternans



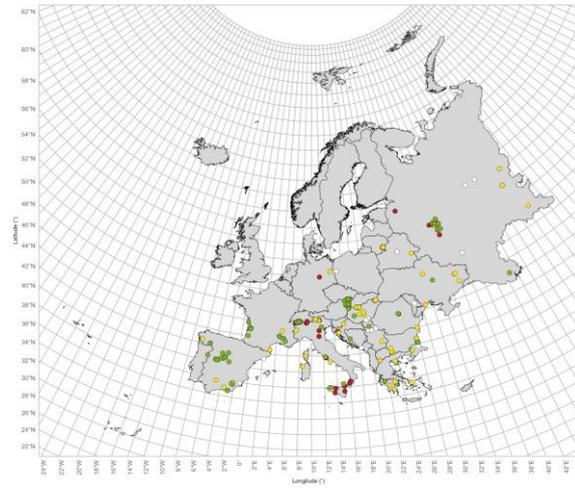
T. alticincta



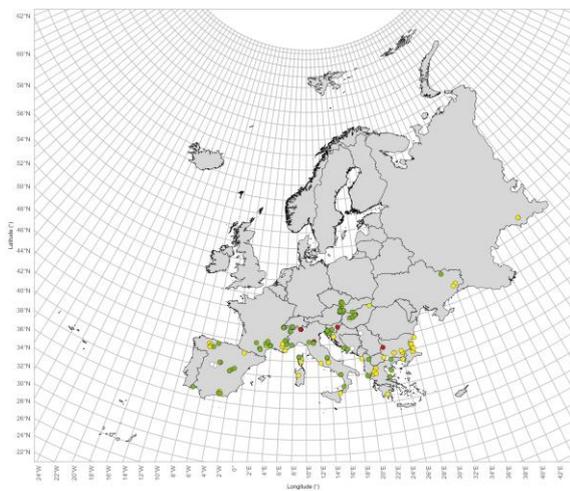
T. cinctella



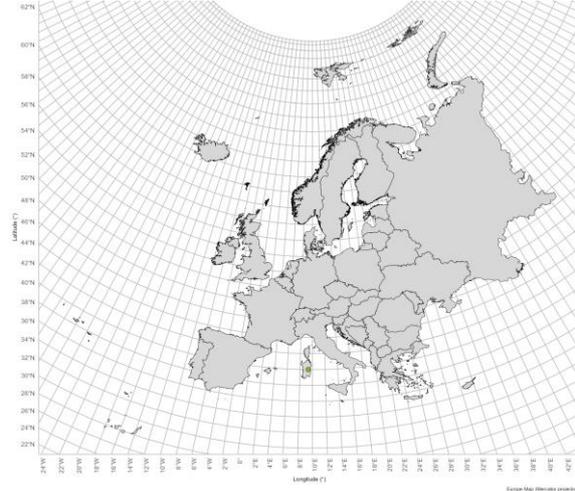
T. dentata



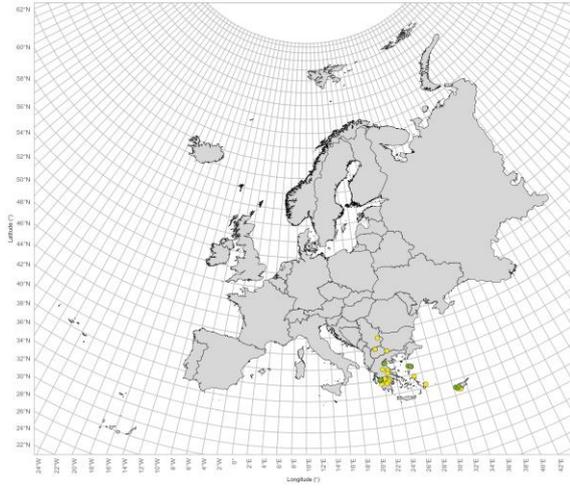
T. fulvescens



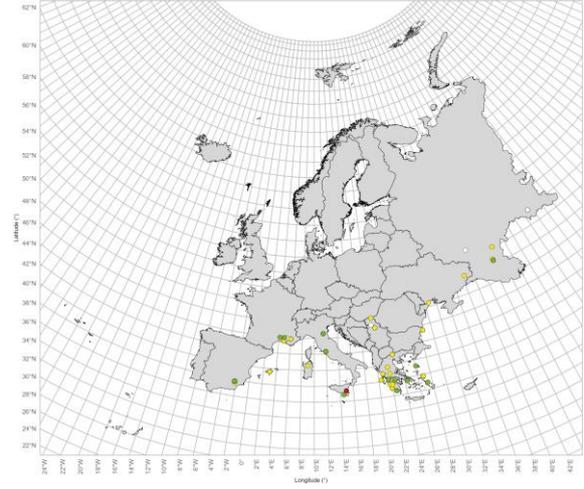
T. gennargentui



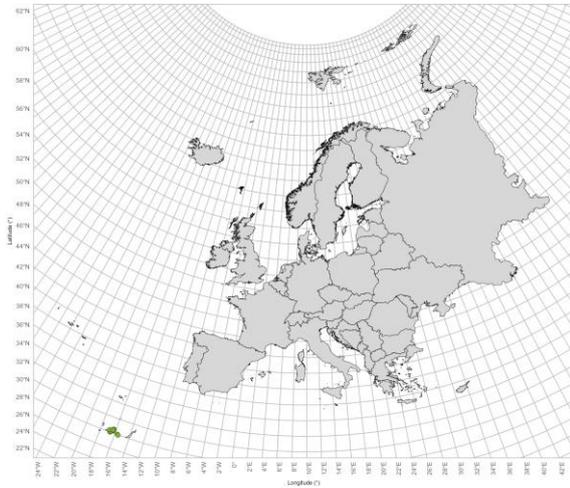
T. glauca



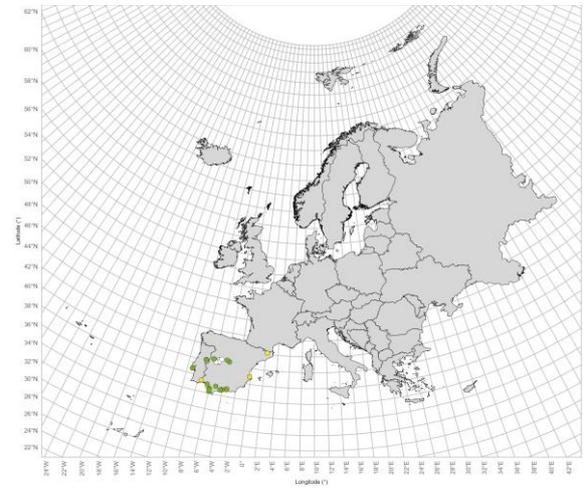
T. graja



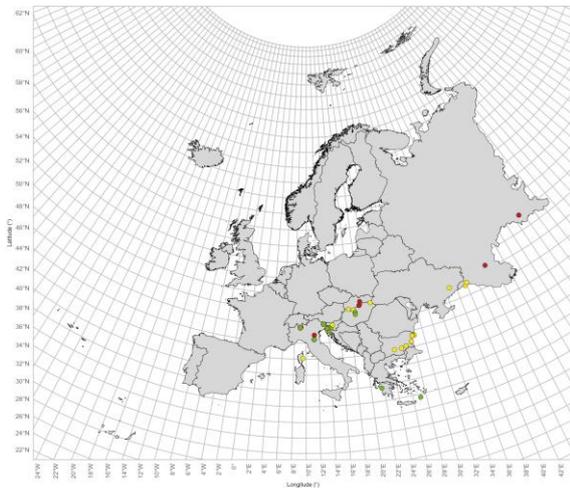
T. hohmanni



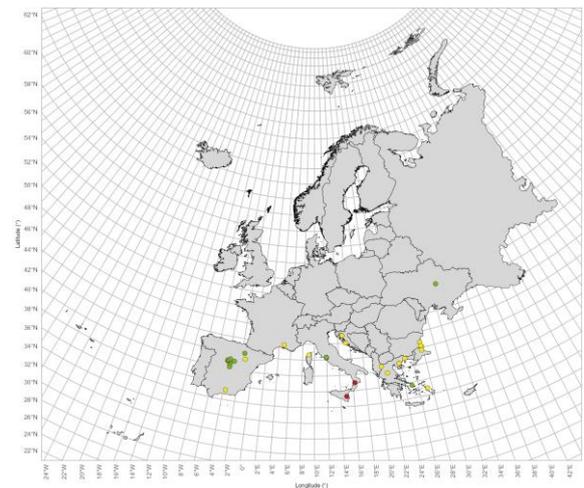
T. iberica



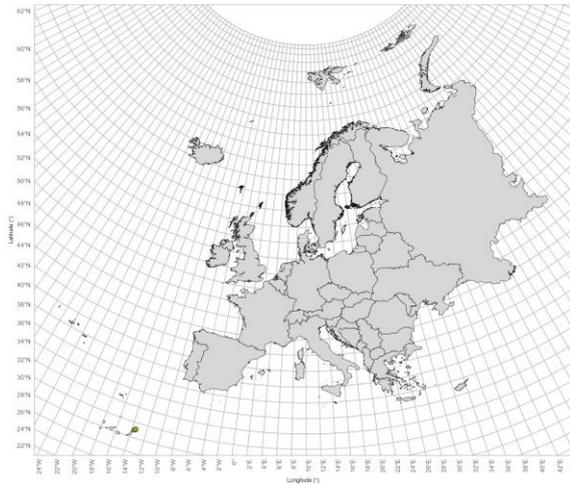
T. inuline



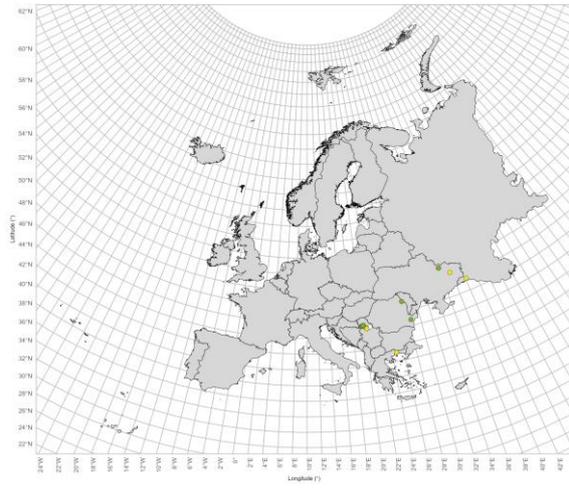
T. julliani



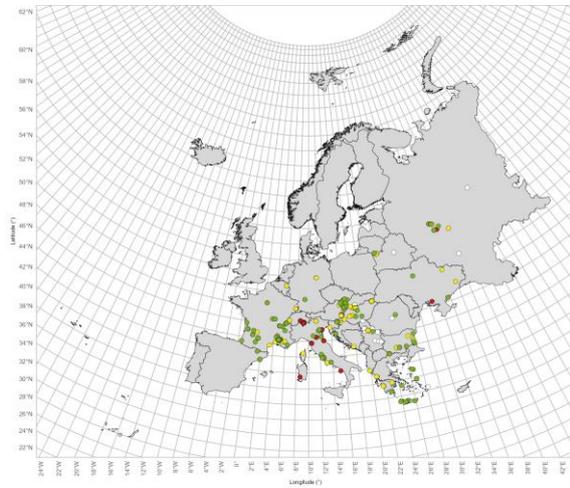
T. lanzarotensis



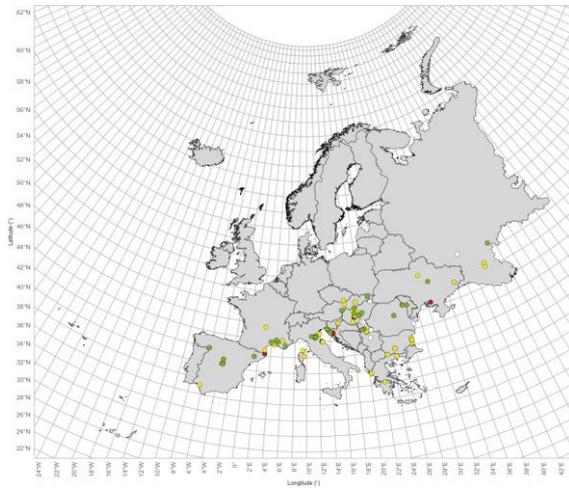
T. lyncea



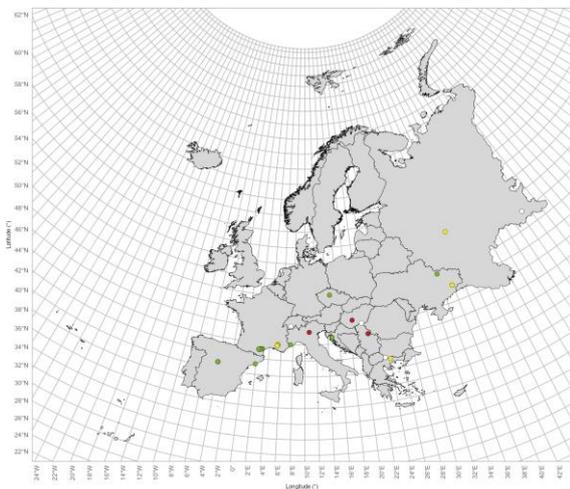
T. malvae



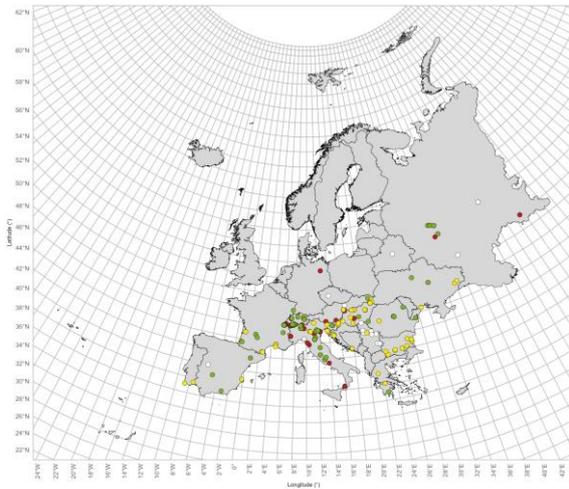
T. nana



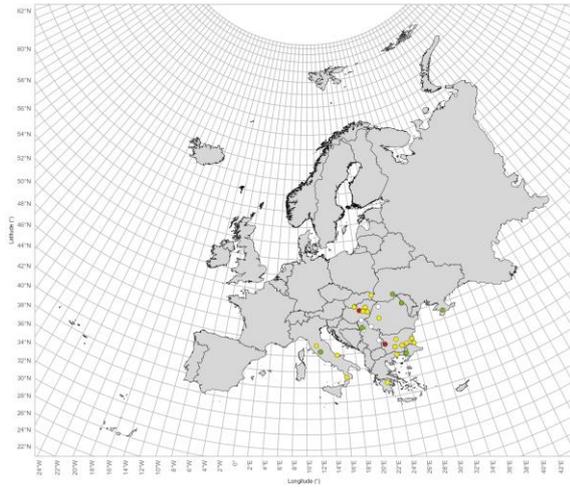
T. pollinosa



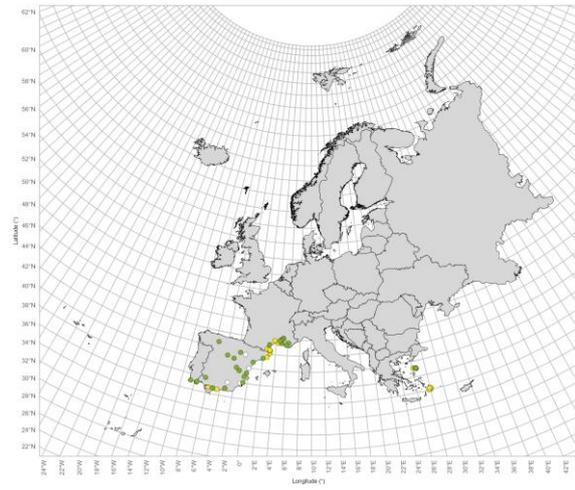
T. salicariae



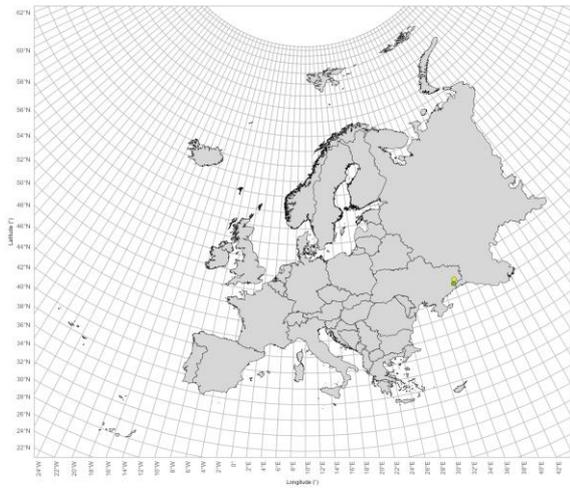
T. scabiosae



T. strigata



T. vicina



Annexe 5: Statut 2014 et 2024 des listes rouges européennes des Eucerini.

Les espèces sont classées par ordre alphabétique et les statuts sont surlignés de leurs couleurs correspondantes à celles de l'IUCN. On retrouve 8 statuts: Non évalué (NE), non applicable (NA), données insuffisantes (DD), préoccupation mineure (LC), quasi menacé (NT), vulnérable (VU), en danger (EN) et en danger critique (CR).

Espèces	Listre rouge 2014	Liste rouge 2024
<i>Eucera aequata</i>	NE	LC
<i>Eucera albofasciata</i>	DD	LC
<i>Eucera alborufa</i>	DD	NA
<i>Eucera algira</i>	DD	LC
<i>Eucera atriceps</i>	NE	NA
<i>Eucera barbiventris</i>	DD	LC
<i>Eucera bidentata</i>	DD	LC
<i>Eucera brachycera</i>	DD	EN
<i>Eucera breviceps</i>	NE	NT
<i>Eucera caerulescens</i>	DD	LC
<i>Eucera caspica</i>	LC	LC
<i>Eucera cineraria</i>	LC	LC
<i>Eucera clypeata</i>	LC	LC
<i>Eucera codinai</i>	DD	LC
<i>Eucera collaris</i>	DD	LC
<i>Eucera confinis</i>	DD	LC
<i>Eucera curvitaris</i>	DD	LC
<i>Eucera cypria</i>	DD	LC
<i>Eucera dafnii</i>	NE	LC
<i>Eucera dalmatica</i>	LC	LC

<i>Eucera digitata</i>	LC	LC
<i>Eucera dimidiata</i>	LC	LC
<i>Eucera ebmeri</i>	DD	LC
<i>Eucera elongatula</i>	DD	LC
<i>Eucera excisa</i>	DD	CR
<i>Eucera fasciata</i>	DD	LC
<i>Eucera ferghanica</i>	NE	NA
<i>Eucera flavicornis</i>	NE	NT
<i>Eucera fufurea</i>	DD	LC
<i>Eucera gaullei</i>	LC	LC
<i>Eucera gracilipes</i>	NT	LC
<i>Eucera grisea</i>	LC	LC
<i>Eucera helvola</i>	DD	LC
<i>Eucera hispana</i>	DD	LC
<i>Eucera hungarica</i>	LC	LC
<i>Eucera intermedia</i>	DD	NA
<i>Eucera interrupta</i>	LC	LC
<i>Eucera kullenbergi</i>	DD	LC
<i>Eucera lanuginosa</i>	DD	LC
<i>Eucera laxiscopa</i>	DD	LC
<i>Eucera longicornis</i>	LC	LC
<i>Eucera maroccana</i>	DD	LC
<i>Eucera mastrucata</i>	DD	NA
<i>Eucera matalae</i>	NE	LC
<i>Eucera mediterranea</i>	DD	LC

<i>Eucera melectoides</i>	DD	LC
<i>Eucera microsoma</i>	LC	LC
<i>Eucera morio</i>	DD	VU
<i>Eucera nigrescens</i>	LC	LC
<i>Eucera nigrifacies</i>	LC	LC
<i>Eucera nigrilabris</i>	DD	LC
<i>Eucera notata</i>	DD	LC
<i>Eucera numida</i>	LC	LC
<i>Eucera obliterata</i>	DD	LC
<i>Eucera obscura</i>	DD	LC
<i>Eucera oraniensis</i>	DD	LC
<i>EUcera palaestinae</i>	DD	LC
<i>Eucera pannonica</i>	DD	LC
<i>Eucera paraclypeata</i>	DD	LC
<i>Eucera parnassia</i>	LC	LC
<i>Eucera parvicornis</i>	DD	NT
<i>Eucera penicillata</i>	DD	LC
<i>Eucera plumigera</i>	DD	LC
<i>Eucera pollinaris</i>	DD	NT
<i>Eucera pollinosa</i>	LC	LC
<i>Eucera proxima</i>	DD	LC
<i>Eucera pseudeucnemidea</i>	DD	LC
<i>Eucera punctatissima</i>	NE	DD
<i>Eucera puncticollis</i>	DD	LC
<i>Eucera punctulata</i>	DD	LC

<i>Eucera pythagoras</i>	DD	LC
<i>Eucera quilisi</i>	DD	VU
<i>Eucera rufa</i>	DD	LC
<i>Eucera ruficollis</i>	DD	LC
<i>Eucera rufipes</i>	DD	LC
<i>Eucera seminuda</i>	LC	LC
<i>Eucera sogdiana</i>	NE	NA
<i>Eucera squamosa</i>	DD	LC
<i>Eucera syriaca</i>	DD	LC
<i>Eucera taurea</i>	DD	LC
<i>Eucera taurica</i>	DD	LC
<i>Eucera terminata</i>	DD	LC
<i>Eucera transitoria</i>	DD	NA
<i>Eucera tricincta</i>	LC	LC
<i>Eucera tristis</i>	NE	DD
<i>Eucera velutina</i>	DD	DD
<i>Eucera vernalis</i>	DD	NA
<i>Eucera vittulata</i>	DD	LC
<i>Eucera vulpes</i>	DD	LC
<i>Tetralonia alticincta</i>	LC	LC
<i>Tetralonia cinctella</i>	DD	LC
<i>Tetralonia dentata</i>	LC	LC
<i>Tetralonia fulvescens</i>	DD	LC
<i>Tetralonia gennergentui</i>	NE	LC
<i>Tetralonia glauca</i>	DD	LC

<i>Tetralonia graja</i>	DD	LC
<i>Tetralonia hohmanni</i>	DD	LC
<i>Tetralonia iberica</i>	DD	LC
<i>Tetralonia inulae</i>	DD	LC
<i>Tetralonia julliani</i>	DD	LC
<i>Tetralonia lanzarotensis</i>	DD	LC
<i>Tetralonia lyncea</i>	DD	LC
<i>Tetralonia malvae</i>	LC	LC
<i>Tetralonia nana</i>	DD	LC
<i>Tetralonia pollinosa</i>	DD	LC
<i>Tetralonia ruficornis</i>	DD	DD
<i>Tetralonia salicariae</i>	DD	LC
<i>Tetralonia scabiosae</i>	DD	LC
<i>Tetralonia strigata</i>	DD	LC
<i>Tetralonia vicina</i>	DD	LC

Annexe 6 : Résultats des Glms et LMs pour les analyses statistiques. Les résultats significatifs (p-value <5%) sont surlignés en vert et ceux presque significatifs en orange.

Lien testé	modèle	p-value
Statut de conservation - ITD	GLM	0,04862
Statut de conservation - longueur des soies	GLM	0,1412
Statut de conservation - longueur de soies normalisé	GLM	0,5412
Statut de conservation - densité des soies	GLM	0,4577
Statut de conservation - indice de pilosité	GLM	0,1075
Statut de conservation - Lectisme	GLM	0,5773
Statut de conservation - période de vol	GLM	0,8401
Statut de conserbation- STI	GLM	0,1256
Statut de conservation- SCI	GLM	0,03764
Statut de conservation - AOO	GLM	0,07886
Statut de conservation - EOO	GLM	0,01925

ITD - longueur des soies	LM	0,0003267
ITD - longueur des soies normalisé	LM	0,3162
ITD - densité des soies	LM	0,001055
ITD - indice de pilosité	LM	0,07505
longueur des soies - densité des soies	LM	2,635e-06
longueur des soies normalisé - densité des soies	LM	0,01154
phénologie - ITD	LM	0,1341
phénologie - longueur de soies	LM	0,2851
phénologie - longueur des soies normalisé	LM	0,9356
phénologie - densité des soies	LM	0,01166
phénologie - indice de pilosité	LM	0,2438
STI -ITD	LM	0,767
STI - longueur des soies	LM	0,6985

STI - densité des soies	LM	0,6115
STI - indice de pilosité	LM	0,4743
pénologie - STI	LM	2,489 e-09
Genre - ITD	LM	0,001323
Genre - longueur des soies	LM	0,0009232
Genre - longueur des soies normalisé	LM	0,02303
Genre - densité des soies	LM	0,003721
Genre - indice de pilosité	LM	0,03613
Genre - Lectisme	GLM	0,9989
Genre - phénologie	GLM	0,002345
Genre - STI	LM	0,01047
Genre - SCI	LM	0,7881
Genre - AOO	LM	0,3334

Genre - EOO	LM	0,09177
Sous-genre - ITD	LM	3,371 e-05
Sous-genre - longueur des soies	LM	0,7073
Sous-genre - longueur des soies normalisée	LM	0,06402
Sous-genre - densité des soies	LM	0,9578
Sous-genre - indice de pilosité	LM	0,6515
Sous-genre - Lectisme	GLM	0,3506
Sous-genre - période de vol	GLM	0,4669
Sous-genre - STI	LM	0,3981
Sous-genre - SCI	LM	0,4957
Sous-genre - AOO	LM	0,416
Sous-genre - EOO	LM	0,5529

Annexe 7 : Traits morphologiques. Les espèces sont classées par ordre croissant avec leurs sous-genres correspondants. L'ITD et la longueur des soies sont exprimés en millimètres, la densité de soies en nombre de soies/mm². Les variables ITD_N et pilosité_N sont les nombres d'individus par espèces qui ont été mesurées pour les traits correspondants. Les valeurs NA correspondent à des données non mesurées.

Espèces	Sous-genres	ITD	ITD_N	Longueur des soies	Densité des soies	Indice de pilosité	pilosité_N
<i>Eucera aequata</i>	<i>Eucera</i>	3.5	10	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera albofasciata</i>	<i>Eucera</i>	2.91	14	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera alborufa</i>	<i>Synhalonia</i>	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera algira</i>	<i>Eucera</i>	3.65	17	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera atriceps</i>	<i>Eucera</i>	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera barbiventris</i>	<i>Synhalonia</i>	3.75	5	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera bidentata</i>	<i>Eucera</i>	2.19	13	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera brachycera</i>	<i>Eucera</i>	4.23	5	0.6	216.67	130.67	3
<i>Eucera breviceps</i>	<i>Cubitalia</i>	4.06	5	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera caerulescens</i>	<i>Eucera</i>	2.14	10	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera caspica</i>	<i>Eucera</i>	3.53	5	0.5	186.67	92.43	3
<i>Eucera cineraria</i>	<i>Eucera</i>	2.73	5	0.31	350	108.5	1
<i>Eucera clypeata</i>	<i>Eucera</i>	3.05	8	0.45	250	114.83	3
<i>Eucera codinai</i>	<i>Eucera</i>	3.59	5	0.47	200	94.67	3
<i>Eucera collaris</i>	<i>Eucera</i>	3.37	5	0.78	184.39	129.25	6
<i>Eucera confinis</i>	<i>Eucera</i>	3.08	10	0.46	266.67	123.5	3
<i>Eucera curvitaris</i>	<i>Eucera</i>	3.37	5	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera cypria</i>	<i>Eucera</i>	3.45	13	0.32	200	64	1
<i>Eucera dafnii</i>	<i>Eucera</i>	3.7	5	NA	NA	NA	NA

<i>Eucera dalmatica</i>	<i>Eucera</i>	3.86	6	0.4	266.67	110	3
<i>Eucera digitata</i>	<i>Eucera</i>	2.41	5	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera dimidiata</i>	<i>Eucera</i>	3.78	7	0.58	150	87	2
<i>Eucera ebmeri</i>	<i>Eucera</i>	3.17	5	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera elongatula</i>	<i>Eucera</i>	2.76	6	0.3	200	60.67	3
<i>Eucera excisa</i>	<i>Eucera</i>	3.14	5	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera fasciata</i>	<i>Eucera</i>	2.7	5	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera ferghanica</i>	<i>Eucera</i>	3.14	3	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera flavicornis</i>	<i>Eucera</i>	2.37	5	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera furfurea</i>	<i>Eucera</i>	3.28	7	0.41	266.67	108	3
<i>Eucera gaullei</i>	<i>Eucera</i>	2.78	10	0.28	316.67	89	3
<i>Eucera gracilipes</i>	<i>Eucera</i>	3.84	6	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera grisea</i>	<i>Eucera</i>	2.55	5	0.43	233.33	100	3
<i>Eucera helvola</i>	<i>Eucera</i>	3.46	5	0.68	216.67	147.17	3
<i>Eucera hispana</i>	<i>Eucera</i>	3.66	5	0.5	190	95	3
<i>Eucera hungarica</i>	<i>Synhalonia</i>	4.33	7	0.43	227.5	98.5	2
<i>Eucera intermedia</i>	<i>Synhalonia</i>	3.05	3	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera interrupta</i>	<i>Eucera</i>	3.16	8	0.41	203.33	84.07	3
<i>Eucera kullenbergi</i>	<i>Eucera</i>	3.36	10	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera lanuginosa</i>	<i>Synhalonia</i>	5.04	6	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera laxiscopa</i>	<i>Eucera</i>	2.52	11	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera longicornis</i>	<i>Eucera</i>	3.5	16	0.42	187.5	79	4
<i>Eucera maroccana</i>	<i>Synhalonia</i>	2.98	9	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera mastrucata</i>	<i>Synhalonia</i>	2.91	5	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera matalae</i>	<i>Eucera</i>	NA	NA	NA	NA	NA	NA

<i>Eucera mediterranea</i>	<i>Synhalonia</i>	4.79	3	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera melectoides</i>	<i>Synhalonia</i>	3.11	5	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera microsoma</i>	<i>Eucera</i>	2.06	6	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera morio</i>	<i>Cubitalia</i>	4.88	3	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera nigrescens</i>	<i>Eucera</i>	3.56	107	0.44	193.33	85.8	3
<i>Eucera nigrifacies</i>	<i>Eucera</i>	2.58	12	0.51	240	121.9	3
<i>Eucera nigrilabris</i>	<i>Eucera</i>	3.9	18	0.73	163.97	117.14	6
<i>Eucera notata</i>	<i>Eucera</i>	3.66	5	0.43	216.67	93.17	3
<i>Eucera numida</i>	<i>Eucera</i>	4.09	10	0.55	200	110	3
<i>Eucera obliterata</i>	<i>Eucera</i>	2.64	5	0.4	223.33	90	3
<i>Eucera obscura</i>	<i>Synhalonia</i>	3.68	10	0.47	200	94.67	3
<i>Eucera oraniensis</i>	<i>Eucera</i>	2.78	6	0.36	246.67	88.63	3
<i>Eucera palaestinae</i>	<i>Eucera</i>	3.05	5	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera pannonica</i>	<i>Eucera</i>	3.49	5	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera paraclypeata</i>	<i>Eucera</i>	2.69	5	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera parnassia</i>	<i>Eucera</i>	2.88	10	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera parvicornis</i>	<i>Cubitalia</i>	3.43	7	0.51	216.67	110.67	3
<i>Eucera penicillata</i>	<i>Eucera</i>	2.39	10	0.37	250	92.5	1
<i>Eucera plumigera</i>	<i>Synhalonia</i>	3.82	10	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera pollinaris</i>	<i>Synhalonia</i>	3.83	2	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera pollinosa</i>	<i>Eucera</i>	3.59	5	0.47	256.67	115.63	3
<i>Eucera proxima</i>	<i>Eucera</i>	3.19	10	0.45	266.67	120	3
<i>Eucera pseudeucnemidea</i>	<i>Eucera</i>	2.42	11	NA	NA	NA	NA

<i>Eucera punctatissima</i>	<i>Eucera</i>	3.2	5	0.47	200	94	3
<i>Eucera puncticollis</i>	<i>Eucera</i>	2.56	5	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera punctulata</i>	<i>Eucera</i>	3.28	7	0.47	216.67	102.58	3
<i>Eucera pythagoras</i>	<i>Eucera</i>	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera quilisi</i>	<i>Synhalonia</i>	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera rufa</i>	<i>Synhalonia</i>	4.34	32	0.46	233.33	106.83	3
<i>Eucera ruficollis</i>	<i>Synhalonia</i>	4.28	8	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera rufipes</i>	<i>Eucera</i>	3.02	1	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera seminuda</i>	<i>Eucera</i>	2.91	5	0.42	260	109.2	2
<i>Eucera sogdiana</i>	<i>Eucera</i>	3.2	5	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera squamosa</i>	<i>Eucera</i>	3.82	5	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera syriaca</i>	<i>Eucera</i>	2.78	5	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera taurea</i>	<i>Eucera</i>	4.31	4	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera taurica</i>	<i>Eucera</i>	3.97	5	0.43	266.67	113	3
<i>Eucera terminata</i>	<i>Eucera</i>	3	10	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera transitoria</i>	<i>Synhalonia</i>	3.54	5	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera tricincta</i>	<i>Synhalonia</i>	3.82	10	0.32	250	78.67	3
<i>Eucera tristis</i>	<i>Cubitalia</i>	4.22	4	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera velutina</i>	<i>Synhalonia</i>	2.86	5	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera vernalis</i>	<i>Synhalonia</i>	3.4	2	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera vittulata</i>	<i>Eucera</i>	3.05	4	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera vulpes</i>	<i>Eucera</i>	2.3	13	0.38	266.67	101.83	3
<i>Tetralonia alticincta</i>	<i>Tetralonia</i>	2.33	8	0.25	283.33	73	3
<i>Tetralonia cinctella</i>	<i>Tetralonia</i>	2.94	12	0.35	266.67	91.67	3

<i>Tetralonia dentata</i>	<i>Tetralonia</i>	3.4	5	0.38	263.33	100.87	3
<i>Tetralonia fulvescens</i>	<i>Tetralonia</i>	2.93	9	0.32	275	85.5	4
<i>Tetralonia gennergentui</i>	<i>Tetralonia</i>	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<i>Tetralonia glauca</i>	<i>Tetralonia</i>	2.75	4	NA	NA	NA	NA
<i>Tetralonia graja</i>	<i>Tetralonia</i>	3.45	5	0.32	300	95	3
<i>Tetralonia hohmanni</i>	<i>Tetralonia</i>	3.09	3	NA	NA	NA	NA
<i>Tetralonia iberica</i>	<i>Tetralonia</i>	2.05	5	NA	NA	NA	NA
<i>Tetralonia inulae</i>	<i>Tetralonia</i>	2.68	5	NA	NA	NA	NA
<i>Tetralonia julliani</i>	<i>Tetralonia</i>	2.52	8	0.23	250	56.83	3
<i>Tetralonia lanzarotensis</i>	<i>Tetralonia</i>	2.47	2	0.38	300	112.5	2
<i>Tetralonia lyncea</i>	<i>Tetralonia</i>	3.18	3	NA	NA	NA	NA
<i>Tetralonia malvae</i>	<i>Tetralonia</i>	3.14	5	0.4	200	80	1
<i>Tetralonia nana</i>	<i>Tetralonia</i>	2.48	2	NA	NA	NA	NA
<i>Tetralonia pollinosa</i>	<i>Tetralonia</i>	3.53	3	NA	NA	NA	NA
<i>Tetralonia ruficornis</i>	<i>Tetralonia</i>	2.1	2	NA	NA	NA	NA
<i>Tetralonia salicariae</i>	<i>Tetralonia</i>	2.71	5	0.29	300	87	3
<i>Tetralonia scabiosae</i>	<i>Tetralonia</i>	2.76	4	NA	NA	NA	NA
<i>Tetralonia strigata</i>	<i>Tetralonia</i>	3.22	8	0.38	263.33	99.77	3
<i>Tetralonia vicina</i>	<i>Tetralonia</i>	2.64	1	NA	NA	NA	NA

Annexe 8 : Traits géographiques et écologiques. Les traits géographiques sont l'aire d'occupation (A00), l'étendue d'occurrence (E00), l'indice de température (STI) et l'indice de continentalité (SCI). Les traits écologiques sont la période de vol et le lectisme. Les NA sont placés au niveau des espèces pour lesquelles on n'a pas d'information sur le trait.

Espèces	E00	A00	STI	SCI	période de vol	Lectisme
<i>Eucera aequata</i>	8986	28	19.16918691	5.93579708	Printemps	Polylectique
<i>Eucera albofasciata</i>	1194328	872	15.83926621	6.31818934	Hiver - été	Oligolectique
<i>Eucera alborufa</i>	0	8	8.275119182	11.63739111	NA	NA
<i>Eucera algira</i>	1668135	208	17.7861143	5.128579566	Hiver - printemps	Oligolectique
<i>Eucera atriceps</i>	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera barbiventris</i>	323728	116	15.6219164	6.0550584	Hiver - été	NA
<i>Eucera bidentata</i>	381851	564	16.1484356	6.354471766	Hiver -été	Polylectique
<i>Eucera brachycera</i>	2077	16	15.915357	6.417775889	Printemps	Polylectique
<i>Eucera breviceps</i>	326372	96	9.685226507	6.189798136	Été	Oligolectique
<i>Eucera caeruleascens</i>	9908	92	18.95597306	6.223668455	Printemps	Oligolectique
<i>Eucera caspica</i>	4056798	804	12.06817588	6.742044744	Printemps - automne	Polylectique
<i>Eucera cineraria</i>	4849100	960	13.39598456	6.844657409	Printemps - été	Oligolectique
<i>Eucera clypeata</i>	5863028	1592	13.33537357	6.322594827	Printemps - été	Polylectique
<i>Eucera codinai</i>	551240	488	14.68336032	5.640480066	Hiver - printemps	Oligolectique
<i>Eucera collaris</i>	599576	484	15.31377843	5.489394348	Hiver - printemps	Polylectique
<i>Eucera confinis</i>	147153	112	14.50888165	5.890425681	Hiver - printemps	NA
<i>Eucera curvitaris</i>	1006869	380	14.89983039	6.730937083	Printemps - été	Oligolectique
<i>Eucera cypria</i>	61247	172	17.11473942	6.176288807	Hiver - printemps	Oligolectique
<i>Eucera dafnii</i>	343803	148	13.8233283	6.908174784	Printemps - été	Oligolectique

<i>Eucera dalmatica</i>	3281264	576	16.28398306	6.371994977	Printemps - été	Polylectique
<i>Eucera digitata</i>	58444	480	15.91152399	6.598188843	Printemps - été	Polylectique
<i>Eucera dimidiata</i>	212536	328	18.05100367	5.896655906	Hiver - printemps	Polylectique
<i>Eucera ebmeri</i>	38216	136	15.17178446	6.505224451	Printemps	Polylectique
<i>Eucera elongatula</i>	1276892	1112	15.53518833	5.868579359	Hiver - printemps	Polylectique
<i>Eucera excisa</i>	11310	32	10.81338194	7.795048205	Printemps - été	NA
<i>Eucera fasciata</i>	72129	64	14.66141049	6.3621701	Printemps - été	Oligolectique
<i>Eucera ferghanica</i>	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera flavicornis</i>	36427	28	16.35369252	6.513792967	Printemps	Oligolectique
<i>Eucera furfurea</i>	2205471	616	15.7883194	6.276812006	Printemps - été	Oligolectique
<i>Eucera gaullei</i>	9605	68	18.26925726	6.137358021	Printemps	Polylectique
<i>Eucera gracilipes</i>	221802	144	16.81309347	3.105354498	Hiver - été	Polylectique
<i>Eucera grisea</i>	2485738	648	14.71697144	5.714939768	Hiver - été	Oligolectique
<i>Eucera helvola</i>	299248	228	12.88488819	6.636829345	Printemps - été	Polylectique
<i>Eucera hispana</i>	559762	216	13.53333303	6.235613645	Hiver - été	Oligolectique
<i>Eucera hungarica</i>	3483962	288	10.80279329	7.092762762	Printemps - été	Polylectique
<i>Eucera intermedia</i>	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera interrupta</i>	6182067	1528	11.36232598	7.025033476	Hiver - été	Oligolectique
<i>Eucera kullenbergi</i>	604028	232	16.39471733	6.226994017	Printemps - été	Oligolectique
<i>Eucera lanuginosa</i>	3562	24	17.32975577	2.975918548	Hiver - printemps	Oligolectique
<i>Eucera laxiscopa</i>	69195	224	16.47658382	6.364824293	Printemps	Oligolectique
<i>Eucera longicornis</i>	9557312	1399 2	7.527580541	6.984658695	Hiver - automne	Oligolectique
<i>Eucera maroccana</i>	16950	32	20.20847187	2.50402568	Hiver - printemps	NA
<i>Eucera mastrucata</i>	NA	NA	NA	NA	NA	NA

<i>Eucera matalae</i>	8792	144	17.12221185	5.59917206	NA	NA
<i>Eucera mediterranea</i>	99261	72	15.7669999	6.662283517	Printemps	Polylectique
<i>Eucera melectoides</i>	46793	28	14.83627025	6.680710417	Printemps	Oligolectique
<i>Eucera microsoma</i>	89501	24	13.41109428	7.380997049	Printemps - été	Oligolectique
<i>Eucera morio</i>	46760	40	11.15062745	7.655639388	Été	Oligolectique
<i>Eucera nigrescens</i>	5478069	7604	11.96159696	6.419262399	Hiver - automne	Oligolectique
<i>Eucera nigrifacies</i>	4387862	1540	14.14757254	6.142618517	Printemps - automne	Oligolectique
<i>Eucera nigrilabris</i>	4080428	892	15.49587229	5.9205271	Hiver - automne	Oligolectique
<i>Eucera notata</i>	1176562	892	16.1280547	5.68317124	Hiver - été	Oligolectique
<i>Eucera numida</i>	1692677	388	16.06038705	5.675603736	Hiver - été	Oligolectique
<i>Eucera oblitterata</i>	157557	72	16.16102145	5.622043614	Hiver - printemps	NA
<i>Eucera obscura</i>	87995	56	16.57069957	6.143744081	Printemps - été	NA
<i>Eucera oraniensis</i>	1156701	612	16.34980712	5.58101586	Printemps - été	Polylectique
<i>Eucera palaestinae</i>	10224	152	18.50459532	5.958164259	Printemps	Oligolectique
<i>Eucera pannonica</i>	3090889	200	12.69181595	6.937298264	Printemps - été	Oligolectique
<i>Eucera paraclypeata</i>	464233	84	15.16473739	6.509388504	Printemps - été	Polylectique
<i>Eucera parnassia</i>	123201	180	15.28234993	6.678204605	Printemps	Polylectique
<i>Eucera parvicornis</i>	1345954	396	13.89984105	6.946733402	Hiver - printemps	Oligolectique
<i>Eucera penicillata</i>	256198	252	16.98927274	6.171147346	Printemps - été	Oligolectique
<i>Eucera plumigera</i>	356536	112	15.27152818	6.48716221	Printemps - été	Polylectique
<i>Eucera pollinaris</i>	751273	32	8.106027299	10.0666945	Printemps - été	NA
<i>Eucera pollinosa</i>	5759377	976	13.46655844	6.810816106	Hiver - été	Oligolectique
<i>Eucera proxima</i>	4660279	1052	14.60057772	6.73469181	Hiver - été	Oligolectique

<i>Eucera pseudeucnemidea</i>	192407	576	14.59598629	6.552027367	Printemps - été	Oligolectique
<i>Eucera punctatissima</i>	1981	20	7.256240934	7.693549852	Été	NA
<i>Eucera puncticollis</i>	7312	44	10.25774462	6.597686993	Printemps - été	NA
<i>Eucera punctulata</i>	1511775	1164	13.15776943	6.816518108	Printemps - été	Oligolectique
<i>Eucera pythagoras</i>	3842	56	15.5097804	6.741065033	Printemps - été	NA
<i>Eucera quilisi</i>	45687	36	16.5276107	6.202333515	Printemps	NA
<i>Eucera rufa</i>	5384951	404	13.96557748	6.719824739	Hiver - été	Oligolectique
<i>Eucera ruficollis</i>	3587509	812	14.88865727	6.207859543	Printemps	Polylectique
<i>Eucera rufipes</i>	2061	16	6.516967781	9.591015887	Printemps	Polylectique
<i>Eucera seminuda</i>	1727190	752	14.28610415	7.002391706	Printemps - été	Polylectique
<i>Eucera sogdiana</i>	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera squamosa</i>	930483	236	13.18066097	7.179956061	Printemps	Oligolectique
<i>Eucera syriaca</i>	8294	68	19.02704385	5.968001057	Printemps	Oligolectique
<i>Eucera taurea</i>	4407	16	14.36727427	7.341761965	Printemps	Polylectique
<i>Eucera taurica</i>	6549944	728	12.90400245	6.272457024	Hiver - automne	Oligolectique
<i>Eucera terminata</i>	710451	816	15.46267987	6.428763192	Printemps - été	NA
<i>Eucera transitoria</i>	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera tricincta</i>	4527698	664	15.89933931	6.199542489	Printemps - été	Polylectique
<i>Eucera tristis</i>	0	4	16.08749962	6.638596802	Printemps	Oligolectique
<i>Eucera velutina</i>	189170	12	8.905991483	9.96547219	Printemps	Polylectique
<i>Eucera vernalis</i>	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<i>Eucera vittulata</i>	1683995	140	8.862952348	7.474130161	Printemps - été	Polylectique
<i>Eucera vulpes</i>	2520747	1788	14.00561336	6.534921497	Printemps - été	Polylectique
<i>Tetralonia alticincta</i>	4173752	452	11.98136521	6.859047048	Été - automne	Oligolectique

<i>Tetralonia cinctella</i>	19850	28	14.97524088	5.739574894	Printemps - été	Oligolectique
<i>Tetralonia dentata</i>	7267507	792	10.42660998	7.282967917	Printemps - automne	Oligolectique
<i>Tetralonia fulvescens</i>	4274389	568	10.79388781	6.807026231	Printemps - été	Oligolectique
<i>Tetralonia gennergentui</i>	0	4	9.941666603	6.003742676	NA	Oligolectique
<i>Tetralonia glauca</i>	373805	144	14.95376259	6.7587449	Printemps - été	Oligolectique
<i>Tetralonia graja</i>	3745595	180	13.69402869	6.533899228	Printemps - été	Oligolectique
<i>Tetralonia hohmanni</i>	4216	56	15.9460326	3.269534707	Printemps	Oligolectique
<i>Tetralonia iberica</i>	313819	116	15.41818647	5.473472721	Printemps - automne	Oligolectique
<i>Tetralonia inulae</i>	3024499	184	10.72901332	7.347497854	Été	Oligolectique
<i>Tetralonia julliani</i>	2524326	128	13.76692248	6.65887177	Été	Oligolectique
<i>Tetralonia lanzarotensis</i>	63	16	19.27554121	2.343929184	Printemps	Oligolectique
<i>Tetralonia lyncea</i>	656306	52	8.950245927	9.154191254	Été	Oligolectique
<i>Tetralonia malvae</i>	4727468	824	11.66579078	6.923731092	Printemps - automne	Oligolectique
<i>Tetralonia nana</i>	3489725	364	12.19596211	7.344475366	Printemps - automne	Oligolectique
<i>Tetralonia pollinosa</i>	2977622	100	11.39379222	6.672662476	Été	Oligolectique
<i>Tetralonia ruficornis</i>	NA	NA	NA	NA	Été	Oligolectique
<i>Tetralonia salicariae</i>	5554554	732	11.45270759	7.114700783	Printemps - automne	Oligolectique
<i>Tetralonia scabiosae</i>	1281655	140	11.47118382	7.401350218	Printemps - automne	Oligolectique
<i>Tetralonia strigata</i>	1754380	232	14.63596213	5.962621158	Printemps - été	Oligolectique
<i>Tetralonia vicina</i>	0	8	8.797222137	10.07982178	NA	Oligolectique

