# RESUMES

**En français**

---

## RESUME COURT

Le projet INULA visait à évaluer l'intérêt d'une plante méditerranéenne commune, l'inule visqueuse *Dittrichia viscosa*,(L.) pour la protection contre des insectes ravageurs de deux agrosystèmes : l'oléiculture et les cultures maraichères ou ornementales sous serres. Les résultats obtenus mettent en évidence une complexité insoupçonnée au niveau des taxons susceptibles d'héberger les auxiliaires de lutte biologique, remettant en cause les mécanismes régulateurs initialement escomptés et modérant l'intérêt de l'inule en tant que plante de service.

## RESUME LONG

***2 pages reprenant les rubriques de la synthèse – A mettre à jour par rapport à votre projet initial***

Sous l'impulsion des politiques nationales ou internationales, une réduction importante du nombre et/ou de la quantité des produits phytosanitaires appliqués est attendue. Cette exigence requiert la recherche et la promotion de solutions alternatives (protection intégrée, lutte biologique), reposant notamment sur l'optimisation de services écosystémiques. D'une façon générale, la mise en pratique de ces stratégies alternatives induit une complexification de la composante biotique des systèmes cultivés et de leurs environnements, complexification dont le bilan bénéfices– coûts doit être précisément compris et modulé. Dans ce contexte, le programme proposé visait à évaluer voire optimiser l'utilisation de l'inule visqueuse, *Dittrichia viscosa* (L.), pour la protection intégrée sous serres (plantes ornementales, plantes maraîchères) et une oléiculture raisonnée voire biologique. Plus particulièrement, deux mécanismes régulateurs ont été testés.

Concernant l'oléiculture, le mécanisme envisagé est le suivant. L'inule héberge un Diptère galligène spécialisé, la mouche de l'inule *Myopites stylata*. Cet insecte galligène pond ses œufs au niveau des fleurs de l'inule qui, après oviposition, se transforme en galles. A l'intérieur de ces galles, les stades pré-imaginaux de *M. stylata* sont susceptibles d'être parasités par des hyménoptères parasitoïdes du genre *Eupelmus*, genre connu pour parasiter également la mouche de l'olive *Bactrocera oleae*. Planter des inules à proximité des champs permettrait alors de favoriser l'abondance locale d'*Eupelmus* et augmenter le parasitisme sur la mouche de l'olive.

Concernant les productions sous serres, l'inule est décrite comme potentiel réservoir de différents insectes phytophages piqueurs-suceurs (pucerons, aleurodes) qui peuvent servir de proies à des punaises prédatrices, en particulier de la famille des Miridae et du genre *Macrolophus*. D'une façon générale, les *Macrolophus* sont naturellement distribués dans les agrosystèmes ou, pour certaines espèces comme *M. pygmaeus* (anciennement désigné par *M. caliginosus*), peuvent être intentionnellement introduites. De ce point de vue, l'utilisation de l'inule visqueuse comme plante de service fait interagir des stratégies de lutte biologique par conservation et par augmentation.

Le premier objectif du projet INULA, aussi bien pour le volet « Serres » que pour le volet « Oléiculture », était d'identifier les espèces pertinentes (bio-agresseurs ciblés, auxiliaires et potentiels hôtes/proies relais) et mieux comprendre leurs écologies à partir de relevés écologiques et d'expérimentations complémentaires. Pour le volet « Oléiculture », un

objectif complémentaire était de comparer les abondances du ravageur ciblé, la mouche de l'olive *Bactrocera oleae*, entre des sites présentant des abondances contrastées en inule visqueuse. Parallèlement, il est apparu nécessaire mieux comprendre l'influence de facteurs locaux (climatiques, écologiques ou édaphiques) et de certaines pratiques (taille des plants) sur la phénologie de l'inule visqueuse et notamment sur le développement des organes (tiges vertes, feuilles et fleurs) en lien avec les espèces d'insectes pertinentes (bio-agresseurs ciblés, auxiliaires et potentiels hôtes/proies relais) (volet « Botanique »).

Pour répondre aux deux premiers objectifs, une trentaine de sites a été sélectionnée en France (Provence- Alpes -Côte d'Azur, Languedoc – Roussillon) et en Italie, incluant des exploitations de culture sous serres dans lesquelles l'inule visqueuse était présente, des oliveraies avec ou sans inules et des zones non agricoles où l'inule était présente. Ces sites ont été ensuite suivis pendant deux ans selon un calendrier d'échantillonnage bien défini. Un travail de caractérisation moléculaire et/ou morphologique a été réalisé sur les taxons susceptibles d'héberger des espèces d'auxiliaires (genres *Eupelmus* et *Macrolophus*). Des expérimentations en conditions plus contrôlées ont également été menées de façon préciser l'écologie d'espèces potentiellement utiles mais peu connues (*E. confusus* et *M. melanotoma*). Parallèlement, des suivis réguliers sur trois sites géographiquement proches mais présentant notamment des conditions climatiques différentes ont été réalisées de façon à comprendre l'impact de conditions locales sur la phénologie de la plante.

D'une façon générale, le résultat principal du projet INULA est la mise en évidence d'une diversité insoupçonnée/mal perçue aux niveaux des auxiliaires potentiels et, corrélativement, une documentation/révision de leurs écologies. Dans le cadre du volet « Serres », les travaux de caractérisation moléculaire et/ou morphologique confirment la distinction entre les espèces *Macrolophus pygmaeus* et *Macrolophus melanotoma*, deux punaises prédatrices, morphologiquement très proches,susceptibles de réguler des bioagresseurs. Sur les sites étudiés, ces deux espèces montrent une ségrégation de niche importante, *M. pygmaeus* étant relativement rares et inféodés aux cultures (probablement souvent en lien avec des lâchers intentionnels) et *M. melanotoma* étant numériquement particulièrement abondant mais essentiellement restreint à l'inule. Des expérimentations complémentaires en conditions simplifiées et contrôlées montrent également que l'espèce *M. melanotoma* semble peu attirée par d'autres plantes (tomates) que l'inule. Dans le cadre du volet « Oléiculture », la révision de la systématique du genre *Eupelmus* met une évidence une diversité insoupçonnée avec, notamment, la description de deux espèces nouvelles, *E. confusus* et *E. gemellus*. Sur les sites considérés, ils s'avèrent que 3 espèces d'*Eupelmus* sont capables de parasiter la mouche de l'olive (*E. confusus*, *E. gemellus* et *E. urozonus*), aucune d'entre elles n'étant toutefois fréquemment associée avec la mouche de l'inule, potentiel hôte-relai. Des expérimentations complémentaires incluant des lâchers augmentatifs sur un site de l'espèce *E. confusus* ne montrent pas d'impacts notables de cette espèce sur le parasitisme des mouches de l'olive et de l'inule.

Ces deux faisceaux de résultats tendent donc à rejeter, pour la zone géographique considérée, le rôle « central » de l'inule visqueuse dans la régulation des bioagresseurs considérés via les mécanismes initialement identifiés. Ces résultats n'excluent toutefois pas complètement un intérêt de l'inule comme contributeurs à la régulation de bioagresseurs des cultures dans d'autres zones géographiques et/ou en association avec d'autres plantes de services et/ou via d'autres mécanismes. Ces résultats n'excluent pas non plus le rôle l'inule comme fournisseur d'autres services écosystémiques (ex : sources de nourriture pour pollinisateurs).

Evidemment, les implications pratiques principales à l'issue du projet INULA sont donc, d'une part, la préconisation d'une certaine « réserve » vis-à-vis de l'intérêt réel de l'inule visqueuse pour la protection des cultures étudiées et, d'autre part, la recherche de

plantes de service alternatives sur la base des informations acquises (éléments de caractérisation, spectres d'hôtes ou autres exigences écologiques). De façon plus prospective, des études seraient bienvenues pour mieux comprendre l'écologie de *M. melanotoma* (régime alimentaire et attraction par rapport aux différentes plantes) de façon, éventuellement, à mobiliser, à bon escient, les populations importantes présentes sur inule aux abords des cultures sous serres. Il semblerait également intéressant et utile d'étendre le travail de caractérisation des communautés associées à l'inule visqueuse et aux cultures considérées à d'autres aires géographiques (Bassin méditerranéen) dans la mesure où des conditions écologiques et/ou climatiques pourraient modifier le fonctionnement des communautés associées à l'inule et générer les services initialement escomptés.

**MOTS-CLÉS**

Biodiversité ; Cultures sous serres *; Dittrichia viscosa* ; *Eupelmus* ; Lutte Biologique ; *Macrolophus* ; Oléiculture ; Services écosystémiques

## In English

**ABSTRACT**

***2 pages based on the headings of the synthesis:***

Under the pressure of national and/or international regulations, a strong reduction of phytosanitary products is expected. To be successful, this trend has to be counterbalaced with the research and promotion of sustainable methods/strategies based on ecosystemic services. In numerous cases, such methods/strategies rely on the complexification of the biotic component, in or around the crops. The costs and benefits associated to this complexification have to precisely evaluated and adequately tuned.

Within this context, the INULA project aimed at evaluating and optimizing the interest/use of the mediterranean plant *Dittrichia viscosa* (L.) for the protection of both olive orchards and market gardening / ornamental crops in greenhouses (hereafter, protected crops). Two regulatory mechanisms were more precisely tested.

For oleiculture, the potential interest of *D. viscosa* was its role as a provider of additional and complementary hosts for parasitoids (*Eupelmus* species) which are known to parasitize the olive fruit fly *Bactrocera oleae*. Indeed, flowers of *D. viscosa* is naturally infested by the gall-inducing Diptera, *Myopites stylata* (Tephritidae). Pre-imaginal instars of *M. stylata* develop within gall between Fall and Spring and may be parasitized by various hymenopteran parasitoids including *Eupelmus* species, this genus parasitizing also *B. oleae*.

For protected crops, *D. viscosa* is described as a potential reservoir of various phytophagous insects (aphids, whiteflies) that may be used as preys by various predators. Among them, predatory bugs belonging to the *Macrolophus* genus may be relevant biocontrol agents. *Macrolophus* species are namely naturally distributed in and/or around crops and some species are commercially available and may also be, more or less massively, intentionally released. Within this context, optimizing the use of *D. viscosa* may contribute to both conservation and augmentation biological control.

Based on field surveys and complementary experimentations, the first objective of INULA, for both protected crops and oleiculture, was thus to unambiguously identify the relevant species (targeted pests, candidate biocontrol agents, substitution preys/hosts) and to better understand their ecologies. About oleiculture, a second objective was to compare the abundance of the pest (*B. oleae*) between orchards with contrasted densities of *D. viscosa*. In parallel, we carried-out investigations in order to better understand the influence of local factors (be they climatic, ecologic or edaphic) as well as some practices (cutting) on the overall plant phenology and the seasonal development of some organs (stems, leaves and flowers).

In order to investigate the two first objectives, about thirty plots were selected in France (Provence – Alpes – Côte d'Azur, Languedoc – Roussillon) and in Italy. These plots included: (i) areas with protected crops and populations of *D. viscosa*; (ii) olive orchards with or without *D. viscosa*; (iii) areas where *D. viscosa* was present with no neighbouring crops. All these plots were then surveyed during two years according with repeated samplings. Additionally, molecular and/or morphological characterizations were routinely realised for relevant taxa (in particular, genera *Eupelmus* and *Macrolophus*). In parallel, regular surveys were organized in three plots (2 in France and ne in Italy) in order to achieve the third objective (phenology of *D. viscosa*).

Undoubtedly, the main result of the INULA project is the evidence of an unexpected biodiversity/complexity of the two main relevant genera, *Macrolophus* and *Eupelmus*. As a

consequence, the ecology of the candidate biocontrol agents was significantly revised. About protected crops, molecular and morphological characterizations confirmed the distinction between the two species, *Macrolophus pygmaeus* and *M. melanotoma*. On one side, *M. pygmaeus* appears to be relatively rare, probably often present because of intended releases and located on crop plants. On the other *M. melanotoma* appears to be numerically abundant but almost completely associated with *D. viscosa*. Complementary investigations in simplified but controlled environments also evidenced that *M. melanotoma* is not attracted by crop plants (e.g. tomato) with regard to *D. viscosa*. About oleiculture, the INULA project contributed to the full revision of the "*Eupelmus urozonus*" species group which was thought to contain candidate biocontrol agents. This revision evidenced an unsuspected diversity of morphologically similar species and two abundant species were described, *E. confusus* and E. *gemellus*. At the scale of the investigated geographical area, three *Eupelmus* species (*E. confusus*, *E. gemellus* and *E. urozonus*) were able to parasitize *B. oleae* but none of them are frequently found in association with *D. viscosa* / *M. stylata*. Complementary experiments using augementative releases of *E. confusus* did not evidence any significant impact of this species on the parasitism rates of *B. oleae* and *M. stylata*.

These results consequently oblige to reject, for the investigated geographical area and the two tested regulatory mechanisms, the main role of *D. viscosa* as a benefial plant. This however does not exclude that *D. viscosa* may contribute to the regulation of the targeted pests in other geographical//ecological conditions and/or *via* different strategies. Our results also do not exclude that *D. viscosa* may provide other ecosystemic services (e.g. nutrition of pollinators).

The practical outputs from the INULA project are, on one hand, the communication of our results (and their limits) and the consecutive "prudence" with regard to the potential benefit of *D. viscosa* and, on the other, to find other banker plants based on our information. At the scientific level, new investigations should be useful to better document the ecologies of some poorly studied species such as *M. melanotoma* or *E. confusus*). In the particular case of *M. melanotoma*, a better of understanding of its diet and its plant-related chemical ecology may help to define new strategies using this very abundant species. An extension of the investigated geographical survey should also be fruitful insofar as different climatic and/or ecological conditions may modify the functioning of the community associated with D. viscosa and the crops.

**KEY WORDS**

Biodiversity ; Biological control ; *Dittrichia viscosa* ; Ecosystemic services ; *Eupelmus* ; *Macrolophus* ; Oléiculture ; Protected crops