



HAL
open science

Macroorganismes de biocontrôle en France, état des lieux

Diane C. Robin, Patrice Marchand

► **To cite this version:**

Diane C. Robin, Patrice Marchand. Macroorganismes de biocontrôle en France, état des lieux. Innovations Agronomiques, 2020, 79, pp.425-439. 10.15454/gtk0-6y86 . hal-04455673

HAL Id: hal-04455673

<https://hal.inrae.fr/hal-04455673v1>

Submitted on 13 Feb 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Macroorganismes de biocontrôle en France, état des lieux

Robin D.C.¹, Marchand P.A.¹

¹ Institut de l'Agriculture et de l'Alimentation Biologiques (ITAB), Pôle Intrants, F-75012 Paris

Correspondance : patrice.marchand@itab.asso.fr

Résumé

L'introduction de macroorganismes dans l'environnement pour l'usage en tant qu'auxiliaires de la protection des cultures est une des quatre composantes du Biocontrôle. Ces prédateurs ou parasitoïdes des ravageurs ont été introduits, volontairement ou involontairement, dans les champs, les serres et les vergers afin de réduire l'impact des bioagresseurs, insectes suceurs, piqueurs ou phytophages. Depuis 2012, l'introduction de ces macroorganismes non indigènes est réglementée en France métropolitaine, et après examen de dossier, impliquant des évaluations d'impact possible, ils sont autorisés ou non à être introduits pour un usage agricole. Toutes les introductions volontaires n'aboutissent pas à l'installation définitive des auxiliaires et des échecs sont possibles. Il faut également noter qu'il n'existe pas de réglementation pour les macroorganismes indigènes, ce qui pose la question de la limite parfois fine entre un macroorganisme indigène et un macroorganisme non indigène.

Mots-clés : Agents de Biocontrôle (BCA), macroorganismes, protection des cultures, réglementation nationale

Abstract: Biocontrol macro-organisms in France, state of the art

The introduction of macroorganisms into the environment for use as crop protection auxiliaries is one of the four components of Biocontrol. These predators or parasitoids of pests are introduced, voluntarily or involuntarily, into the fields, greenhouses and orchards to reduce the impact of pests, sucking insects, biting or phytophagous. Since 2012, the introduction of these non-native macro-organisms is regulated in metropolitan France, and after file review, involving possible impact assessments, they are allowed or not allowed to be introduced for agricultural use. All voluntary introductions do not result in the final installation of auxiliaries and failures are possible. It should also be noted that there is no regulation for native macro-organisms, which raises the question of the fine line between an indigenous macro-organism and a non-native macro-organism.

Keywords: Bio Control Agents (BCA), macro-organisms, crop protection, national regulation

1. Introduction

Dans notre objectif de décrire le plus précisément l'ensemble des agents du Biocontrôle en fonction de la réglementation qui encadre leur usage, nous nous sommes intéressés en premier lieu aux agents dépendant du règlement phytosanitaire CE 1107/2009 (pesticides) que sont les médiateurs chimiques, les substances naturelles et les microorganismes (Marchand, 2015, 2016, 2017a,b ; Charon, 2019 ; Robin, 2019a,b), puis dans un deuxième temps des agents en dehors de ce règlement, les macroorganismes. Les macroorganismes constituent l'un des quatre piliers du Biocontrôle (avec les médiateurs chimiques, les substances naturelles et les micro-organismes (CGAER, 2017). L'utilisation de macroorganismes, qualifiés d'auxiliaires dans la protection des cultures, dans le cadre de la

protection des plantes est très ancienne (Askew, 1971 ; Cook, 1988) avec des parasitoïdes. Très majoritairement, les utilisations et commercialisations sont pour des usages entomophages. Ils peuvent être utilisés de deux façons : en introduction ou en augmentation (Lenteren, 2011). L'introduction dans l'environnement de macroorganismes consiste en lâchers inondatifs et peut conduire à l'utilisation de macroorganismes non indigènes. Les usages et modes d'action sont multiples, depuis les usages d'insectes en parasitoïdes d'autres espèces jusqu'à des opportunités herbicides (Frick, 1978 ; Frick, 1979). S'ils sont déjà présents dans l'environnement, cette technique très ancienne est appelée augmentation (Keever, 1986). L'augmentation consiste en l'utilisation de prédateurs déjà existants sur le terrain (Voegelé, 1991) qui sont élevés en prévision de lâchers (Colombel, 2017). L'introduction est l'acclimatation de nouvelles espèces non existantes sur le terrain (incluant les serres) pour les mêmes utilisations qu'en lâchers inondatifs.

1.1 Fonctions et modes d'action principaux des macroorganismes

L'usage ultra-majoritaire de ces macroorganismes est le remplacement des insecticides dans la lutte contre les insectes ravageurs des cultures. Les modes d'actions de ces macroorganismes « insecticides » consistent en deux tactiques différentes, la prédation et le parasitisme (Holling, 1959 ; Royama, 1971). La prédation fait appel aux prédateurs qui attaquent et mangent les bioagresseurs. Les facteurs influençant les relations entre les prédateurs et les cibles sont nombreux (Ferrero, 2011 ; Azandémè-Hounmalon, 2016). Le parasitisme est l'action de parasitoïdes qui insèrent leurs œufs/descendance dans les larves des futurs bioagresseurs, empêchant ainsi leur émergence. Les deux actions permettent une réduction des populations de ravageurs soit directement sur les générations n à un temps t par prédation, soit indirectement sur les générations $n+1$ par prédation de la génération n (pas de descendance $n+1$) ou parasitisme de la $n+1$ qui ne donnera pas d'adultes (donc pas de génération $n+2$). Quel que soit le mode d'action (parasitisme ou prédation) il faut ainsi développer toute la filière d'approvisionnement de ces macroorganismes (Palevsky, 2010) pour envisager leur utilisation à grande échelle.

La première utilisation par introduction d'insectes entomophages connue est décrite par Riley à la fin du 19^{ème} siècle (Riley, 1886, 1887) ; elle a consisté en l'introduction de la coccinelle *Rodolia cardinalis* Mulsant (Coleoptera, Coccinellidae) (synonymes : *Novius cardinalis*, *Vedalia cardinalii*) pour lutter contre *Icerya purchasi* en 1887 (Riley, 1887 ; Marchal, 1913) : « Développé et élevé en masse, cet auxiliaire fut distribué aux agriculteurs. En moins de deux ans, la population de la cochenille australienne fut réduite en deçà d'un seuil de nuisibilité économiquement supportable. La lutte biologique était née. » (Kreiter, 2011). L'utilisation la plus connue en France d'insectes entomophages est la lutte contre les pucerons. En effet ; la coccinelle indigène européenne *Adalia bipunctata* peut dévorer jusqu'à 90 pucerons par jour à l'état adulte et jusqu'à 150 à l'état larvaire.

Néanmoins, le succès de ce moyen de lutte biologique est aujourd'hui battu en brèche par l'introduction volontaire en Europe et en Amérique du Nord d'une espèce de coccinelle asiatique, *Harmonia axyridis* (San Martin, 2005). D'autres cas de dérives similaires sont observés (Evans, 2011), conduisant à l'introduction d'auxiliaires qui deviennent des espèces invasives sitôt leur tâche accomplie et leurs cibles éradiquées (au moins temporairement et/ou localement).

1.2 Fonctions secondaires des macroorganismes

En dehors des usages/utilisations « insecticides » quasi exclusives, des utilisations de macroorganismes pour le contrôle des végétaux indésirables, donc des usages qualifiables d'« herbicides », sont envisagées régulièrement (Sforza, 2007), mais pas encore autorisées.

D'autres usages plus exploratoires sont aussi décrits, en particulier des macroorganismes qui se nourrissent du mildiou de la vigne, donc des usages qualifiables de « fongicides » (Zemek, 1997 ; English-Loeb, 1999 ; Melidossian, 2005 ; English-Loeb, 2007).

1.3 Marché des macroorganismes

Après un pic d'introduction dans les années 70, ces macroorganismes représentent en France et dans le monde une part non négligeable du marché du Biocontrôle. En 2018, en France, presque 120.000 hectares de cultures de maïs ont été protégés par des trichogrammes (*Trichogramma brassicae*) utilisés comme parasitoïdes (Tabonne, 2019), presque 1 million d'hectares en Europe (Meissle, 2010) et 32 millions d'hectares dans le monde (Lenteren, 2000). Les brevets correspondant sont aussi en croissance régulière (Saenz-de-Cabezón, 2010). Ils connaissent une utilisation croissante (Matyjaszczyk, 2009 ; Herth, 2011 ; Marrone, 2014) en particulier ces dernières années (Paris, 2019), suivant l'augmentation globale croissante des produits de Biocontrôle (IBMA, 2019).

1.4 Evolution réglementaire

Pendant longtemps ces macroorganismes non endogènes utilisés comme agents de biocontrôle n'ont pas été réglementés (Bilger, 1997 ; Lenteren, 1997 ; Neale, 2000 ; Matyjaszczyk, 2009), ni nationalement, ni au niveau européen, parfois avec la génération de problèmes sérieux voire tragiques, comme ceux décrits par Leppanen et al. (Leppanen, 2019) : *Harmonia axyridis* est l'exemple le plus connu en devenant une espèce invasive. Le décret du 30 janvier 2012 (Légifrance, 2012) introduit des dispositions de gestion pour les macroorganismes non indigènes utiles à la protection des végétaux, notamment dans le cadre de la lutte biologique et la protection intégrée des cultures (PIC). Il réglemente les macroorganismes non indigènes pour leur entrée et leur introduction sur le territoire français métropolitain, mais pas les macroorganismes indigènes. Ce premier décret explicite toutes les définitions et les conditions de dépôt des demandes nationales et métropolitaines (Reynaud, 2016). Il a été renforcé par le décret du 26 février 2015 (Légifrance, 2015) qui liste des macroorganismes dispensés de demande d'autorisation d'entrée sur un territoire et d'introduction dans l'environnement. La France métropolitaine est séparée dans ce règlement en deux territoires distincts : la France continentale métropolitaine et la Corse d'une part, les départements et régions d'outre-mer (DROM) d'autre part.

Cette étude cible les macroorganismes utilisés dans les départements de la France métropolitaine continentale (hors Corse) dans le cadre du Biocontrôle, que ce soit par introduction ou augmentation, et que ces utilisations et implantations aient réussi ou non (Légifrance, 2012).

2. Matériel et méthodes

Les macroorganismes ont été recherchés par la consultation des avis de l'Anses et des guides Index ACTA phytosanitaire depuis 2012, et complétés par des recherches bibliographiques. Pour mener à bien cette étude, la réalisation d'une base de données était nécessaire. Les bases entomologiques existantes et des compléments bibliographiques ont été utilisés.

2.1 Bases documentaires

Les macroorganismes référencés comme présents en France par la liste de l'OEPP (EPPO, 2019) ont également été pris en compte. La présence des macroorganismes a été vérifiée grâce à la base Fauna Europa (Fauna Europa, 2019) et à l'Inventaire National du Patrimoine Naturel (INPN, 2019). La principale difficulté de cette collecte de données réside dans les nombreux synonymes que peuvent

avoir les noms d'insectes, ce qui peut causer l'apparition de doublons. Pour éviter cela, des recherches ont été effectuées sur les bases Encyclopedia of Life (Encyclopedia of Life, 2019) et l'Inventaire National du Patrimoine naturel (INPN, 2019) afin de répertorier les synonymes et d'éliminer les doublons.

2.2 Bibliographie

Le point de départ a été la liste des macroorganismes du décret du 26 février 2015 référençant les macroorganismes non indigènes. Les Index Phytosanitaires ACTA de 1992, date de la première mention des macroorganismes dans l'index ACTA (ACTA, 1992) à 2016 puis les Index ACTA Biocontrôle 2017 à 2019 ont été utilisés pour répertorier une majorité de macroorganismes qui sont et ont été commercialisés en France (ACTA, 2016).

D'autres recherches bibliographiques ont permis de compléter en partie les données manquantes. Cependant, la précision et l'exactitude des données varient, ce qui a contraint à réduire l'échelle de précision, principalement en ce qui concerne l'origine précise des macro-organismes (qui a été pour certaines espèces compliquée à trouver), et leur date de première utilisation (dû au manque de réglementation). Le registre des autorisations Anses a été consulté (Reynaud, 2016 ; Anses, 2019). Ces données ont été rassemblées dans une base pour répondre aux hypothèses de cette étude. Le nom scientifique, la classe, l'ordre et la famille ont été référencés. De même quel type de lutte biologique a été utilisée et quand elle a été utilisée, ainsi que le territoire d'origine du macroorganisme. La ou les familles de proies de ces macroorganismes auxiliaires ont également été répertoriées.

3. Résultats

Le but était d'obtenir la liste la plus exhaustive possible et historique des macroorganismes utilisés comme auxiliaires en France métropolitaine (hors Corse). L'Anses, publie un certain nombre d'avis, dont ceux dédiés aux macroorganismes non-indigènes. Les avis concluent sur la probabilité d'établissement du macroorganisme dans l'environnement, la probabilité de dispersion du macroorganisme dans l'environnement, le risque potentiel pour la santé humaine et/ou animale, le risque potentiel pour la santé des végétaux, le risque potentiel pour l'environnement et la biodiversité et l'efficacité et bénéfices du macroorganisme et concluent finalement sur la demande d'introduction (Reynaud, 2016). Le nombre total d'avis de l'Anses concernant ces macroorganismes publiés est actuellement de 21 (Anses, 2019); mais tous ne concernent pas le territoire de la France métropolitaine continentale, ainsi on en trouve pour la Corse et les DOM. Le nombre moyen d'avis de l'Anses par an est donc d'environ 3 ce qui est faible. Le nombre d'avis de l'Anses correspondant à des macroorganismes réellement utilisés sur le terrain par rapport au nombre de macroorganismes non indigènes n'est par ailleurs pas référencé car non contrôlable, de même que les volumes. Les premiers avis de 2012 correspondant à 92 macroorganismes sur les 147 qui ont été recensés comme utilisés en France métropolitaine (hors Corse) et dans les autres « Territoires » (Outre-Mer plus Corse), mentionnent 37 introductions et 116 utilisations par augmentation.

Il est à noter que dans le cas particulier de la lutte contre *Cydia pomonella*, la demande pour l'introduction de macroorganismes auprès de l'Anses concernait des insectes stériles, pour une souche non indigène stérilisée (Anses, 2018).

3.1 Analyse de l'évolution des macroorganismes

3.1.1 Evolution quantitative

Les premières utilisations des macroorganismes en France métropolitaine (hors Corse) sont apparues dans les années 1890 (Figure 1). On ne remarque pas d'évolution notable jusqu'aux années 1950 :

durant ce laps de temps le nombre de nouvelles utilisations oscille entre 1 et 3 par décennie. Ce n'est qu'à partir de cette décennie (1950-60) que l'utilisation des macroorganismes commence à se développer. Le pic de nouvelles utilisations est atteint dans les années 1990 avec 45 nouvelles introductions, ce qui concorde avec leur première apparition dans l'Index ACTA Phytosanitaire en 1992 (Figure 1).

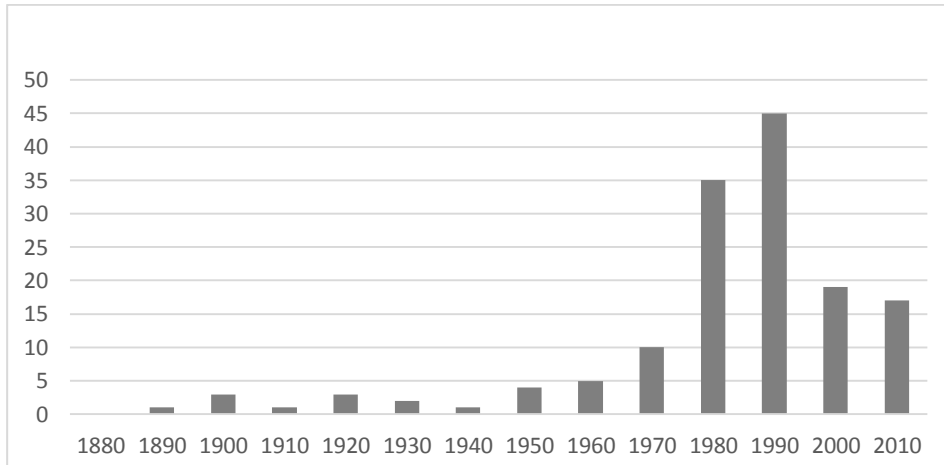


Figure 1 : Nombre de macroorganismes utilisés pour la première fois en France au cours du temps

3.1.2 Evolution temporelle

La première utilisation commerciale de macroorganismes en France référencée par l'Index Phytosanitaire ACTA remonte à 1992 (Figure 2). Depuis, le nombre d'espèces référencées n'a cessé d'augmenter, à l'exception de l'année 2016 (67 macroorganismes référencés), qui a diminué de 5 macroorganismes par rapport au maximum de 2015 (72), possiblement par manque de rentabilité commerciale.

Le nombre de macroorganismes semble néanmoins être stable depuis lors.

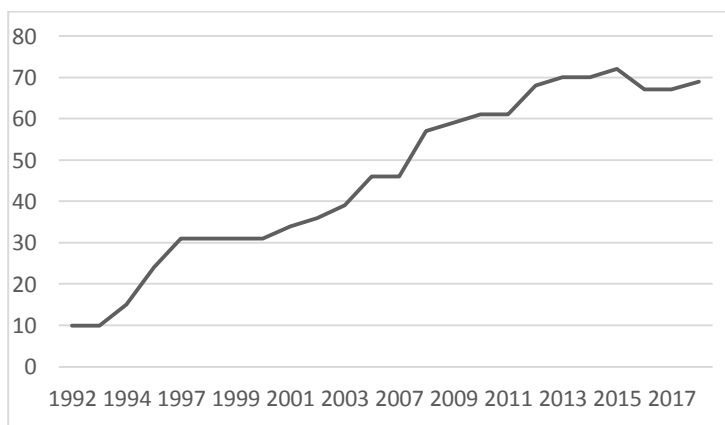


Figure 2 : Macroorganismes commercialisés au cours du temps en France selon l'index ACTA

3.1.3 Evolution qualitative

L'analyse de l'évolution des deux familles (prédateurs/parasitoïdes) définies par les deux modes d'action montre peu de différence entre leur nombre d'utilisations, à part un retard temporel dans l'utilisation des prédateurs (Figure 3) sans doute résultant du délai nécessaire pour mettre en place la recherche du prédateur spécifique correspondant aux nouveaux bioagresseurs arrivant nouvellement sur le territoire.

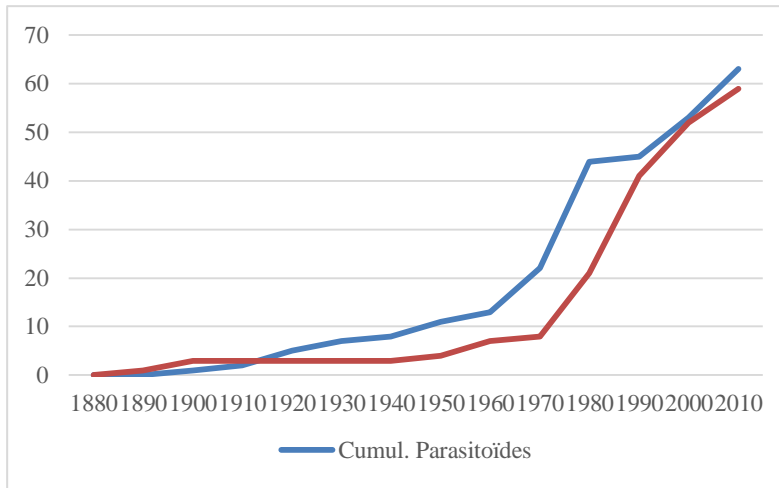


Figure 3 : Evolution de l'utilisation des macroorganismes (prédation/parasitisme) au cours du temps.

3.1.4 Evolution géographique

Les origines géographiques des macroorganismes utilisés ont été comptabilisées afin d'élucider les mécanismes de recherche des auxiliaires aboutissant aux décisions des metteurs en marché et finalement aux autorisations, mais il est compliqué de répertorier les échecs ou le taux de réussite et donc de pouvoir évaluer la représentativité réelle en fonction des origines géographiques. Cependant, nous montrons que les origines des macroorganismes ne sont pas constantes au cours du temps, sans doute couplées aux vagues d'invasions successives des bioagresseurs. Il faut noter que certains macroorganismes utilisés sont cosmopolites et proviennent de plusieurs continents, sans origine précise, ce qui peut parfois poser la question du terme « indigène » pour certains macroorganismes. De l'observation des graphiques en résulte la conclusion que les additions sont relativement disparates en nombre par décennie (Figure 4 a) mais ne correspondant jamais à une origine majoritaire par tranche.

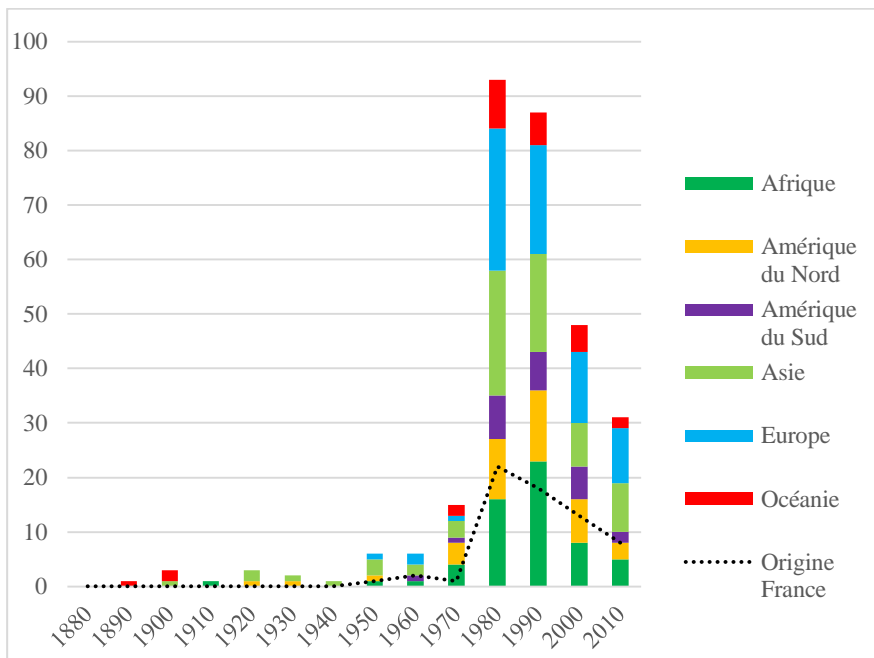


Figure 4a : Origine des macroorganismes (prédation + parasitisme) utilisés en fonction du temps.

En ce qui concerne les origines par continent (Figure 4b) les macroorganismes originaires d'Océanie et d'Amérique (Nord ou Sud) sont relativement peu nombreux (15% et 9%), et on observe qu'aucune origine spécifique ne l'emporte de façon significative même si la part de l'Asie, la plus représentée, correspond à 27%.

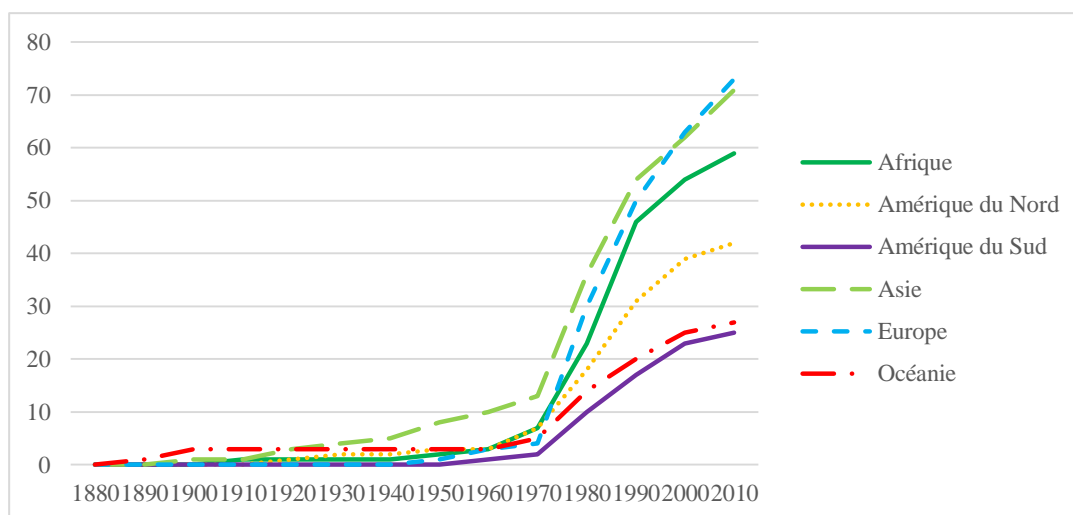


Figure 4b : Origine des macroorganismes utilisés en fonction du temps, données cumulées.

3.2 Données

Les listes des macroorganismes qui ont été référencés comme ayant été utilisés en France, même sur une courte durée, ont été construites à l'aide des diverses données collectées. Deux tableaux distincts ont été établis, correspondant aux deux origines différentes. Les macroorganismes non-indigènes qui ont été utilisés, exploités donc en introduction, ont été listés par famille et espèces dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Macroorganismes non-indigènes utilisés en France.

Espèce	Date de 1 ^{ère} utilisation	Origine
<i>Ageniaspis citricola</i>	1994	Asie du Sud-Est
<i>Allotropa burrelli</i>	1945	Japon
<i>Amblydromalus limonicus</i>	2013	Amérique du Nord, Centrale et du Sud, Hawaii, Nouvelle-Zélande, Australie
<i>Amitus spiniferus</i>	1971	Amérique centrale
<i>Anagyrus fusciventris</i>	1990	Australie
<i>Anaphes nitens</i>	1978	Australie
<i>Aphelinus mali</i>	1920	Amérique du Nord
<i>Aphidius colemani</i>	1992	Afrique du Nord, Moyen-Orient, Inde
<i>Aphytis holoxanthus</i>	1956	Inde, Pakistan
<i>Aphytis lepidosaphes</i>	1956	Chine
<i>Aphytis melinus</i>	1962	Inde, Pakistan
<i>Aphytis proclia</i>	1924	Asie de l'Est
<i>Aphytis yanonensis</i>	1984	Chine
<i>Bracon hebetor</i>	1980	Inde
<i>Cales noacki</i>	1970	Amérique du Sud
<i>Cephalonomia tarsalis</i>	2016	Zone intertropicale
<i>Chilocorus baileyi</i>	1985	Australie
<i>Chilocorus circumdatus</i>	1985	Asie du Sud-Est
<i>Chilocorus nigritus</i>	1985	Asie du Sud
<i>Coccidoxenoides perminutus</i>	2009	Régions circontropicales et subtropicales"
<i>Coccobius fulvus</i>	1980	Asie du Sud-Est
<i>Coccophagus gurneyi</i>	1985	Australie
<i>Comperiella bifasciata</i>	1924	Sud de la Chine
<i>Cotesia marginiventris</i>	1993	Amériques
<i>Cryptolaemus montrouzieri</i>	1908	Australie

<i>Delphastus catalinae</i>	1993	Néarctique / Néotropique
<i>Delphastus pusillus</i>	1993	Amérique
<i>Diversinervus elegans</i>	1979	Érythrée
<i>Encarsia berlesei</i>	1906	Japon, Asie de l'Est
<i>Encarsia formosa</i>	1930	Amérique centrale, sud du Néarctique
<i>Encarsia lahorensis</i>	1973	Inde, Pakistan
<i>Encarsia perniciosi</i>	1932	Asie de l'Est
<i>Encyrtus infelix</i>	1992	Région Afrotropicale
<i>Eretmocerus eremicus</i>	1994	Amérique du Nord, Sud du Néarctique
<i>Franklinothrips magalops</i>	1992	Afrique, Israël, Inde
<i>Franklinothrips vespiformis</i>	1990	Asie
<i>Gyranusoidea litura</i>	1990	Afrique
<i>Harmonia axyridis</i>	1964	Asie de l'Est
<i>Hippodamia convergens</i>	1993	Amérique du Nord
<i>Hypoaspis aculeifer</i>	1995	Europe
<i>Iberorhizobius rondensis</i>	2016	Péninsule ibérique
<i>Karnyothrips melaleucus</i>	1994	Pantropicale
<i>Leptomastix dactylopii</i>	1992	Amérique du Sud, Néotropique
<i>Lindorus forestieri</i>	1981	Australie
<i>Lindorus lophantae</i>	1908	Australie
<i>Lysiphlebus testaceipes</i>	1973	Cuba
<i>Macrocheles robustulus</i>	2012	Cosmopolite
<i>Macrolophus pygmaeus</i>	1990	Paléarctique
<i>Mastrus ridens</i>	2017	Sud du Kazakhstan et du Nord-Ouest de la Chine.
<i>Metaphycus anneckeii</i>	2000	Afrique du Sud
<i>Metaphycus flavus</i>	1959	Néarctique
<i>Metaphycus helvolus</i>	1960	Afrique du Sud
<i>Metaphycus lounsburyi</i>	1979	Californie, Australie, Hawaii, Afrique du Sud
<i>Metaphycus swirskii</i>	1973	Est de l'Afrique
<i>Metaseiulus occidentalis</i>	1991	Néarctique
<i>Microterys nietneri</i>	1987	Asie du Sud-Est
<i>Neodryinus typhlocybae</i>	1996	Amérique du Nord
<i>Neoseiulus fallacis</i>	2013	Amérique du Nord
<i>Ophyra aenescens</i>	2004	Amérique du Nord
<i>Orius insidiosus</i>	1991	Amérique du Nord
<i>Podisus maculiventris</i>	1996	Amérique du Nord
<i>Praon volucre</i>	2012	Paléarctique
<i>Psyllaepagus pilosus</i>	1994	Australie
<i>Psytalia concolor</i>	1918	Lybie, Tunisie
<i>Psytalia lounsburyi</i>	2008	Afrique
<i>Rodolia cardinalis</i>	1897	Australie
<i>Scutellista caerulea</i>	1990	Afrique
<i>Serangium parcesetosum</i>	1973	Inde, Ancienne URSS
<i>Steinernema carpocapsae</i>	1984	Europe
<i>Steinernema feltiae</i>	1984	Europe
<i>Steinernema kraussei</i>	2001	Europe, Amérique du Nord
<i>Stratiolaelaps scimitus</i>	1994	Paléarctique
<i>Tetracnemoidea brevicornis</i>	1992	Australie
<i>Tetracnemoidea peregrina</i>	1992	Amérique du Nord
<i>Thripoctenus javae</i>	1995	Zones tropicales et subtropicales d'Afrique, d'Asie et d'Australie
<i>Torymus sinensis</i>	2016	Chine
<i>Trichogramma achaeae</i>	2011	Inde, Russie, USA, Antilles
<i>Trichogramma brassicae</i>	1980	Europe
<i>Trichogramma evanescens</i>	1993	Europe
<i>Typhlodromips montdorensis</i>	2003	Îles du Pacifique et régions occidentales du continent australien

Les macroorganismes indigènes, utilisés en augmentation contre des bioagresseurs ravageurs des cultures, ont été listés dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Macroorganismes indigènes utilisés en France.

Espèce	<i>Coccophagus rusti</i>	<i>Muscidifurax raptorellus</i>
<i>Acerophagus maculipennis</i>	<i>Coccophagus scutellaris</i>	<i>Nasonia vitripennis</i>
<i>Adalia bipunctata</i>	<i>Dacnusa sibirica</i>	<i>Neoseiulus barkeri</i>
<i>Amblyseius andersoni</i>	<i>Diaeretiella rapae</i>	<i>Neoseiulus californicus</i>
<i>Amblyseius swirskii</i>	<i>Diglyphus isaea</i>	<i>Neoseiulus cucumeris</i>
<i>Anagrus atomus</i>	<i>Encarsia citrina</i>	<i>Opius pallipes</i>
<i>Anagrus pseudococci</i>	<i>Encyrtus aurantii</i>	<i>Orius albidipennis</i>
<i>Anthocoris nemoralis</i>	<i>Ephedrus cerasicola</i>	<i>Orius laevigatus</i>
<i>Anthocoris nemorum</i>	<i>Episyrphus balteatus</i>	<i>Orius majusculus</i>
<i>Aphelinus abdominalis</i>	<i>Eretmocerus mundus</i>	<i>Phasmarhabditis hermaphrodita</i>
<i>Aphidius ervi</i>	<i>Euseius gallicus</i>	<i>Phytoseiulus persimilis</i>
<i>Aphidius matricariae</i>	<i>Exochomus quadripustulatus</i>	<i>Rhizophagus grandis</i>
<i>Aphidoletes aphidimyza</i>	<i>Feltiella acarisuga</i>	<i>Spalangia cameroni</i>
<i>Aprostocetus hagenowii</i>	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	<i>Sphaerophoria rueppellii</i>
<i>Atheta coriaria</i>	<i>Heterorhabditis megidis</i>	<i>Stethorus punctillum</i>
<i>Bracon brevicornis</i>	<i>Hippodamia undecimnotata</i>	<i>Trichogramma cacoeciae</i>
<i>Cheyletus eruditus</i>	<i>Hippodamia variegata</i>	<i>Trichogramma dendrolimi</i>
<i>Chilocorus bipustulatus</i>	<i>Holepyris sylvanidis</i>	<i>Trichogramma embryophagum</i>
<i>Chrysoperla carnea</i>	<i>Iphiseius degenerans</i>	<i>Trichogramma euproctidis</i>
<i>Chrysoperla affinis</i>	<i>Leptomastidea abnormis</i>	<i>Trichopria drosophilae</i>
<i>Chrysoperla lucasina</i>	<i>Leptomastix epona</i>	<i>Typhlodromus pyri</i>
<i>Coccinella septempunctata</i>	<i>Metaphycus stanleyi</i>	
<i>Coccophagus lycimnia</i>	<i>Micromus angulatus</i>	

Ces macroorganismes appartiennent à différentes familles, mais il convient de citer les plus représentées. Les familles de macroorganismes les plus utilisées sont décrites dans le Tableau 3. Elles sont le reflet des résultats conjugués des efficacités, de la facilité de production, d'utilisation, et d'adoption par les utilisateurs.

Tableau 3 : Familles des macroorganismes les plus utilisés en France.

Famille	Genre	Famille	Genre
Aelothripidae	Franklinothrips	Laelapidae	Hypoaspis, Stratiolaelaps
Anthocoridae	Anthocoris, Orius	Macrochelidae	Macrocheles
Aphelinidae	Aphelinus, Aphytis, Cales, Coccobius, Encarsia, Eretmocerus	Miridae	Macrolophus
Bethylidae	Cephalonomia, Holepyris	Muscidae	Ophyra
Braconidae	Aphidius, Bracon, Cotesia, Dacnusa, Diaeretiella, Ephedrus, Lysiphlebus, Opius, Praon, Psytalia	Mymaridae	Anagrus, Anaphes
Cecidomyiidae	Aphidoletes, Feltiella	Pentatomidae	Podisus
Cheyletidae	Cheyletus	Phasmarhabditidae	Phasmarhabditis
Chrysopidae	Chrysoperla	Phlaeothripidae	Karnyothrips
Coccinellidae	Adalia, Chilocorus, Coccinella, Cryptolaemus, Delphastus, Exochomus,	Phytoseiidae	Amblydromalus, Amblyseius, Euseius, Iphiseius,

	Harmonia, Hippodamia, Iberorhizobius, Lindorus, Rodolia, Serangium, Stethorus		Metaseiulus, Neoseiulus, Phytoseiulus, Typhlodromips, Typhlodromus
Diapriidae	Trichopria	Platygasteridae	Allotropa, Amitus
Dryinidae	Neodryinus	Pteromalidae	Muscidifurax, Nasonia, Scutellista, Spalangia
Encyrtidae	Acerophagus, Ageniaspis, Anagyrus, Coccidoxenoides, Comperiella, Diversinervus, Encyrtus, Gyranusoidea, Leptomastidea, Leptomastix, Methaphycus, Microterys, Psyllaephagus, Tetracnemoidea	Rhizophagidae	Rhizophagus
Eulophidae	Aprostocetus, Diglyphus, Thripoctenus	Staphylinidae	Atheta
Hemerobiidae	Micromus angulatus	Steinernematidae	Steinernema
Heterorhabditidae	Heterorhabditis	Syrphidae	Episyrphus, Sphaeophoria
Ichneumonidae	Mastrus	Torymidae	Torymus
		Trichogrammatidae	Trichogramma

En parallèle des macroorganismes auxiliaires utilisés en Biocontrôle, les bioagresseurs ciblés dans la lutte biologique, appartiennent à différentes familles ; il convient de citer les plus représentées afin de comprendre quelles sont les familles les plus combattues, parce qu'elles sont faciles à combattre par cette méthode, ou que leur intérêt soit autre, en particulier l'absence de résidus dans cette protection des cultures (Charon, 2019). Les familles de ravageurs les plus visées par la lutte avec des auxiliaires sont décrites dans le Tableau 4.

Tableau 4 : Familles des ravageurs les plus ciblés en France.

Acarina	Coccoidea	Nematoda
Aleyrodoidea	Coleoptera	Psyllidae
Aphidoidea	Diptera	Thysanoptera
Cicadellidae	Lepidoptera	

4. Discussion

La première hypothèse de cette étude est qu'il y a un ralentissement de l'introduction de nouveaux macroorganismes non indigènes dû à la réglementation. La deuxième hypothèse est que les macroorganismes utilisés sont de plus en plus spécialisés. Enfin la troisième hypothèse est qu'avec l'augmentation du nombre de ravageurs d'origine asiatique (Martinez, 2014) comme la punaise diabolique (*Halyomorpha halys*), l'utilisation d'auxiliaires originaires de cette même région augmente naturellement. Inversement, des auxiliaires d'origine asiatique peuvent être utilisés contre des cibles locales (Borowiec, 2018). L'analyse des données a permis la confirmation ou l'infirmité des hypothèses initiales. Le ralentissement de l'utilisation des macroorganismes n'est pas vraiment dû à l'apparition de la réglementation car parmi les macroorganismes d'origine exotique, utilisés depuis plus ou moins longtemps, un seul est concerné par la réglementation et 5 ont été retirés entre 2015 et 2016, date de mise en application de l'arrêté sur les macroorganismes non-indigènes.

L'origine des auxiliaires d'Asie semble prédominante lors de la dernière décennie, mais beaucoup d'auxiliaires viennent également d'Afrique, ce qui pourrait être dû à l'impact du réchauffement climatique, mais cela reste une hypothèse. En ce qui concerne les deux types d'auxiliaires, les parasitoïdes ont longtemps été plus nombreux mais les prédateurs semblent les rattraper, sans doute dû à des résultats plus rapides et à une moins grande spécificité lors des utilisations. Concernant les

cibles, les Familles de ravageurs les plus visées correspondent à des phénomènes concomitants : impact économique, manque ou diminution des solutions conventionnelles/chimiques, et besoin de solutions alternatives respectueuses de l'environnement. Pour toutes ces raisons l'utilisation des macroorganismes est en plein essor et sans doute d'avenir. En effet, nous avons déjà noté une diminution du nombre total de substances actives pesticides chimiques disponibles (Robin, 2019) mais le déclin s'est accéléré puisque presque 10% des substances actives ont disparues en moins d'un an. Dans cette perspective, les tentatives d'utilisation des macroorganismes qui n'ont pas actuellement abouti par manque d'efficacité, de problèmes d'installation ou de rentabilité sont sans doute à réévaluer en considérant la perte d'au moins 50 substances actives en un an (EU, 2019) en évitant les erreurs et les échecs retentissants consécutifs à l'introduction volontaire d'espèce en Europe et en Amérique du Nord comme celle de la coccinelle asiatique, *Harmonia axyridis* (San Martin, 2005 ; Roy et al., 2006).

4.1 Taux de réussite

Toute introduction ne rime pas avec réussite, et si les premières introductions ont été couronnées de succès (Kox, 1975 ; Zwölfer et Harris, 1984 ; Hodkinson, 1999), confortant des décennies prometteuses, les clefs du succès sont nombreuses et complexes (Hart et al, 2002 ; Siling, 2005). De même, l'obtention d'une autorisation dans le cadre des macroorganismes non-indigènes n'est pas forcément couplée à la réussite.

4.2 Evolution des macroorganismes au niveau national

Désormais, dans le cadre de la directive (CE) n ° 128/2009 qui établit un cadre d'action communautaire visant à atteindre l'utilisation durable des pesticides entrée en vigueur en 2011 (CE, 2009) qui promeut la protection biologique intégrée et donc le Biocontrôle, les macroorganismes sont éligibles au niveau national pour les Certificats d'Economies en Produits Phytopharmaceutiques (CEPP) dans le cas de la réduction des traitements sous serre (DGAL, 2019). Les macroorganismes font donc désormais partie des solutions de protection des plantes mises en avant dans le but de la réduction des pesticides chimiques. Ce nouveau statut peut de façon effective promouvoir encore plus ces solutions, en termes d'usages et de volumes/surfaces mis en œuvre par solution, et ainsi réduire les coûts et les rendre plus accessibles encore.

5. Conclusion

La réglementation sur les macroorganismes, développée par la France et unique en Europe, a commencé à poser un cadre sur l'introduction et l'utilisation des macroorganismes non indigènes. Cependant, cette réglementation a ses limites : elle n'encadre que les macroorganismes non indigènes et ne permet pas de connaître de façon exhaustive les macroorganismes indigènes utilisés ni de mesurer leur importance respective.

Remerciements

Les auteurs souhaitent remercier Bruno Jaloux (AgrocampusOuest), Marie-Stéphane Tixier (Montpellier Supagro) et Edwige Charbonnier (ACTA) pour la transmission des informations qui ont permis ce travail. Ces travaux sur la réglementation concernant les macroorganismes ont été lancés et soutenus par le ministère de la Transition Écologique, via l'Agence Française de Biodiversité (XP-BC 2017-2019).

Références bibliographiques

- Abbas M.S.T., 1989. Studies on *Trichogramma buesi* as a biocontrol agent against *Pieris rapae* in Egypt. *Entomophaga* 34(4), 447–451.
- ACTA, 1992. Index Phytosanitaire ACTA n° 28 et les tomes suivants jusqu'en 2016 (n° 52).
- ACTA, 2017. Index ACTA biocontrôle n° 1 et les tomes suivants jusqu'en 2019 (n° 3).
- Anses, 2018. Avis relatif à une demande d'autorisation d'introduction dans l'environnement d'un macroorganisme non indigène utile aux végétaux, Souche non indigène stérilisée de *Cydia pomonella* de l'AOP Dynamic Noix. Accessible : https://www.anses.fr/fr/system/files/CYDIAPOMON_MO17-007_Ans.pdf Accessibilité : (15 nov. 2019).
- Anses, 2019. Avis concernant les macroorganismes. <https://www.anses.fr/fr/content/liste-des-avis-macroorganismes> Accessibilité : (15 nov. 2019).
- Askew R.R., 1971. Parasitic insects. London, Heinemann Educational Bks 1-316.
- Azandémè-Hounmalon G.Y., et al., 2016. Visual, vibratory, and olfactory cues affect interactions between the red spider mite *Tetranychus evansi* and its predator *Phytoseiulus longipes*. *Journal of Pest Science* 89(1), 137-152. doi : 10.1007/s10340-015-0682-y
- Bilger F., 1997. Use and registration of macro-organisms for biological crop protection. *EPPO Bulletin* 27(1), 95–102.
- Borowiec N., et al., 2018. Early population dynamics in classical biological control: establishment of the exotic parasitoid *Torymus sinensis* and control of its target pest, the chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus*, in France. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 166(5), 367-379
- CE, 2009. Directive (CE) No 128/2009 du 21 octobre 2009 instaurant un cadre d'action communautaire pour parvenir à une utilisation des pesticides compatible avec le développement durable. JO L 309 du 24.11.2009, p. 71–86.
- Encyclopedia of Life, 2019. <https://eol.org/> Accessibilité : (15 nov. 2019).
- Charon M., Robin D., Marchand P.A., 2019. The major interest for crop protection of agrochemical substances without maximum residue limit (MRL). *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement* 23(1), 22-29, doi : 10.25518/1780-4507.17666
- CGAER, 2017. Les produits de biocontrôle pour la protection des cultures. Rapport n° 16055. p. 7-87.
- Cook R.J., 1988. Biological control and holistic plant-health care in agriculture. *American Journal of Alternative Agriculture* 3(2-3), 51-62.
- Colombel E., Venard M., Tabone E., 2017. Technique d'élevage des trichogrammes. *Cahier des techniques INRA, Entomologie* 2(9), 1-9.
- DGAL, 2019. Certificats d'Economies en Produits Phytopharmaceutiques (CEPP), Action n°2019-052. Réduire les traitements phytopharmaceutiques en introduisant des macroorganismes auxiliaires sous serres, p. 1-4.
- English-Loeb G., et al., 1999. Control of Powdery Mildew in Wild and Cultivated Grapes by a Tydeid Mite. *Biological Control* 14, 97–103.
- English-Loeb G., et al., 2007. Biological Control of Grape Powdery Mildew Using Mycophagous Mites. *Plant Disease* 91(4), 421-429. doi: 10.1094/PDIS-91-4-0421
- EU, 2019. EU Pesticides Database. <https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=homepage&language=EN> Accessibilité : (15 nov. 2019).
- Evans E.W., Soares A.O. & Yasuda H., 2011. Invasions by ladybugs, ladybirds, and other predatory beetles. *BioControl* 56(4), 597–611, doi: 10.1007/s10526-011-9374-6
- Fauna Europa, 2019. <https://fauna-eu.org/> Taxonomy explorer Database. <https://fauna-eu.org/online-databases> Accessibilité : (15 nov. 2019).
- Ferrero M., et al., 2011. Biological control of *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard and *Tetranychus urticae* Koch by *Phytoseiulus longipes* Evans in tomato greenhouses in Spain [Acari: Tetranychidae, Phytoseiidae]. *Biological Control* 58(1), 30-35, doi: 10.1016/j.biocontrol.2011.03.012

- Frick K.E., 1978. Purple nutsedge (*Cyperus rotundus* L.): A case for augmentation. pp. 145–151. In T. E. Freeman (ed.) - Proc. IV Inter. Symp. Biol. Control of Weeds, Univ. of Florida, 198 pp.
- Frick K.E., et al., 1979. Comparative Biocontrol of Purple Nutsedge (*Cyperus rotundus*) and Yellow Nutsedge (*C. esculentus*) with *Bactra verutana* under Greenhouse Conditions. *Weed Science* 27(2), 178-183.
- Hart A.J., et al ; 2002. Effects of temperature on the establishment potential in the U.K. of the non-native glasshouse biocontrol agent *Macrolophus caliginosus*. *Physiological Entomology* 27(2), 112-123. doi.org/10.1046/j.1365-3032.2002.00276.x
- Herth A., 2011. Le bio-contrôle pour la protection des cultures 15 recommandations pour soutenir les technologies vertes. Rapport au Premier ministre François Fillon, Mission parlementaire auprès de Bruno Le Maire, ministre de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, de la Ruralité et de l'Aménagement du territoire. 156 pages. https://agriculture.gouv.fr/sites/minagri/files/documents/pdf/le_biocontrole_Rapport_Herth_web_mail.pdf Accessibilité : (15 nov. 2019).
- Hodkinson, 1999. Biocontrol of eucalyptus psyllid *Ctenarytaina eucalypti* by the Australian parasitoid *Psyllaephagus pilosus*: a review of current programs and their success. *Biocontrol News and information* 20(4), 129N-134N.
- Holling C., 1959. Some Characteristics of Simple Types of Predation and Parasitism. *The Canadian Entomologist* 91(7), 385-398. doi:10.4039/Ent91385-7
- INPN, 2019. Inventaire National du Patrimoine naturel. <https://inpn.mnhn.fr/accueil/donnees-referentiels> Accessibilité : (15 nov. 2019).
- Keever D.W. et al., 1986. Augmentation of Natural Enemies for Suppressing Two Major Insect Pests in Stored Farmers Stock Peanuts, *Environmental Entomology* 15(3), 767–770.
- Kok L.T., Surles W.W., 1975. Successful Biocontrol of Musk Thistle by an Introduced Weevil, *Rhinocyllus conicus*. *Environmental Entomology* 4(6), 1025–1027. doi.org/10.1093/ee/4.6.1025
- Kreiter P., 2011. AFPP. Les cochenilles : ravageur principal ou secondaire Montpellier, 25 oct. 2011. La lutte biologique et les cochenilles : plus de cent ans d'histoire, pp. 1-10.
- Légifrance, 2012. Décret n° 2012-140 du 30 janvier 2012 relatif aux conditions d'autorisation d'entrée sur le territoire et d'introduction dans l'environnement de macro-organismes non indigènes utiles aux végétaux, notamment dans le cadre de la lutte biologique. *Journal officiel république française*. N°0026 du 31 janvier 2012, p. 1803, texte n° 48.
- Légifrance, 2015. Arrêté du 26 février 2015 établissant la liste des macro-organismes non indigènes utiles aux végétaux, notamment dans le cadre de la lutte biologique dispensés de demande d'autorisation d'entrée sur un territoire et d'introduction dans l'environnement. *Journal officiel république française*. N°0094 du 22 avril 2015, p. 7077, texte n° 34.
- Lenteren J.C. van, 1997. Benefits and risks of introducing exotic macro biological control agents into Europe. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* 27(1), 15-27.
- Lenteren J.C. van, 2000. Success in biological control of arthropods by augmentation of natural enemies. In *Biological control: Measures in success*. Ed. Gurr & Wratten. Springer.
- Lenteren J.C. van, 2012. The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. *BioControl* 57(1), 1-20.
- Leppanen C., Frank D.M., Simberloff D., 2018. Circumventing regulatory safeguards: *Laricobius* spp. and biocontrol of the hemlock woolly adelgid. *Insect Conservation and Diversity* 12(2), 89-97.
- Marchal P., 1913. L'Ycerya Purrchasi en France et l'acclimatation de son ennemi d'origine australien le *Novius cardinalis*. *Annales des Epiphyties*. T. I, p. 19, 20 e 22, Paris.
- Marchand P.A., 2015. Basic Substances: An approval opportunity for Low Concern Natural Products under EU pesticide regulation. *Pest Management Science* 71 (9), 1197-1200, doi:10.1002/ps.3997
- Marchand P.A., 2016. Basic substances under EC 1107/2009 phytochemical regulation: experience with non-biocide and food products as biorationals. *Journal of Plant Protection Research* 56(3), 312-318, doi: 10.1515/jppr-2016-0041

- Marchand P.A., 2017a. Basic Substances under EU Pesticide Regulation: an opportunity for Organic Production? *Organic Farming* 3(1), 16–19, doi: 10.12924/of2017.03010016
- Marchand P.A., 2017b. Basic and Low risk Substances under EU pesticide regulation: A new choice for biorationals portfolio of Small and Medium-sized Enterprises. *Journal of Plant Protection Research* 57(4), 433-440, doi: 10.1515/jppr-2017-0056
- Marrone P.G., 2014. The Market and Potential for Biopesticides. In ACS Symposium Series Vol. 1172. *Biopesticides: State of the Art and Future Opportunities*. Chapter 16, 245-258, doi: 10.1021/bk-2014-1172.ch016
- Martinez M., Germain J.-F., Streito J.-C., 2014. AFPP – Colloque Ravageurs et insectes invasifs et émergents. Montpellier 21 Oct. *Actualités entomologiques : Nouveaux insectes ravageurs introduits en France Métropolitaine (Période juillet 2005 à juin 2014)*, pp. 1-15.
- Matyjaszczyk E., 2009. Placing biopesticides on the Polish market. *Pestycydy/Pesticides*. (1-4), 89-97.
- Meissle M., Bilger F., Mouron P., Kabiri F., Pons X., 2010. Lutte non chimique contre la pyrale du maïs utilisant des Trichogrammes ou du maïs Bt. De la Théorie à la Pratique, *ENDURE : Étude de Cas sur le Maïs – Guide Numéro 1*, 6 pages.
- Melidossian et al., 2005. Suppression of Grapevine Powdery Mildew by a Mycophagous Mite. *Plant Disease* 89(12), 1331-1338.
- Neale M., 2000. The regulation of natural products as crop protection agents. *Pest Management Science* 56(8), 577-680.
- OEPP, 2019. Taxonomy explorer Database. <https://gd.eppo.int/taxonomy> Accessibilité : (15 nov. 2019).
- Palevsky E., et al., 2010. Development of an economic rearing and transport system for an arid-adapted strain of the predatory mite, *Neoseiulus californicus*, for spider mite control. In: Sabelis M., Bruin J. (eds) *Trends in Acarology*. Springer, Dordrecht, 425-429, doi: 10.1007/978-90-481-9837-5_69
- Paris B., et al., 2019. OTELHO: Vers une horticulture connectée, suivi des macroorganismes pour réduire les pesticides. *Innovations Agronomiques* 76, 87-102. doi: 10.15454/jxidxu
- Reynaud P., Gautier B., 2016. Evaluation and regulation of non-indigenous macro-organisms: experience in France. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* 46 (2), 259–262, doi: 10.1111/epp.12291
- Riley C.V., 1886. Report of the Entomologist for the year 1886. Government Printing Office, Washington D.C.
https://archive.org/stream/reportofentomolo1886wash/reportofentomolo1886wash_djvu.txt
Accessibilité : (15 nov. 2019).
- Riley C.V., 1887. On *Icerya purchasi*, an insect injurious to fruit trees. London, 1887. The British Association for the Advancement of Science Report 767.
- Robin D.C., Marchand P.A., 2019a. Biocontrol active substances: evolution since the entry in vigour of Reg. 1107/2009. *Pest Management Science* 75(4), 950-959, doi: org/10.1002/ps.5199
- Robin D.C., Marchand P.A., 2019b. Evolution of Regulation (EU) No 540/2011 since its entry into force. *Journal of Regulatory Science* 7, 1-7, doi: org/10.21423/jrs-v07robin
- Roy H., Brown P., Majerus M., 2006. *Harmonia Axyridis*: a successful biocontrol agent or an invasive threat ? In: Eilenberg J., Hokkanen H. (Eds). *An Ecological and Societal Approach to Biological Control*. Progress in Biological Control, vol 2. Springer, Dordrecht, Chapter 15, 295-309. doi.org/10.1007/978-1-4020-4401-4_15
- Royama T., 1971. A comparative study of models for predation and parasitism. *Population Ecology*. 13(S1), 1-91, doi: 10.1007/BF02511547 (corrected by Royama T. 1973. A comparative study of models for predation and parasitism. *Population Ecology* 15(2), 121, doi: 10.1007/BF02510714
- Sáenz-de-Cabezón J.I.F., Zalom F.G., Lopez-Olguin J.F., 2010. A Review of Recent Patents on Macroorganisms as Biological Control Agents. *Recent Patents on Biotechnology* 4, 48-64.
- San Martin G., et al., 2005. La coccinelle asiatique *Harmonia axyridis*, *Insectes* 136(1), 7-11.

Sforza R., Jones W.A., 2007. Potential for classical biocontrol of silverleaf nightshade in the Mediterranean Basin. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin 37(1), 156-162, doi: 10.1111/j.1365-2338.2007.01109.x

Stiling P., Cornelissen T., 2005. What makes a successful biocontrol agent? A meta-analysis of biological control agent performance. Biological Control 34(3), 236–246. doi:10.1016/j.biocontrol.2005.02.017

Tabone E., 2019. An oophagous parasitoid widely used in biocontrol: the Trichogramma. Successes and failures. 9th annual meeting of the EFOR network, May 2019, Paris, France. (hal-02154474)

Voegelé J., 1981. Lutte biologique contre *Ostrinia nubilalis* à l'aide des trichogrammes. EPPO Bulletin 11(2), <https://doi.org/10.1111/j.1365-2338.1981.tb01772.x> Accessibilité : (15 nov. 2019).

Zemek R., Prenerova E., 1997. Powdery mildew (Ascomycotina: Erysiphales) – an alternative food for the predatory mite *Typhlodromus pyri* Scheuten (Acari: Phytoseiidae). Experimental & Applied Acarology 21, 405–414.

Zwölfer H., Harris P., 1984. Biology and host specificity of *Rhinocyllus conicus* (Froel.) (Col., Curculionidae), a successful agent for biocontrol of the thistle, *Carduus nutans* L. Zeitschrift für Angewandte Entomologie 97(5), 36-62. doi.org/10.1111/j.1439-0418.1984.tb03714.x

Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 3.0).



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue « Innovations Agronomiques », la date de sa publication, et son URL ou DOI).