

COMPTE RENDU

Synthèse bibliographique et résultats d'expérimentations des réseaux sanitaires et de développement apicole sur l'attractivité et la sélectivité des pièges et des appâts utilisés pour le piégeage des fondatrices du frelon à pattes jaunes (*Vespa velutina*) au printemps

Sophie POINTEAU,

Cheffe de projet Frelon asiatique, ITSAP-Institut de l'abeille

Mars 2023



ITSAP – Institut de l'abeille
UMT PrADE / INRAe - UR 406 A&E
Domaine Saint Paul - Site Agroparc
228 route de l'Aérodrome - CS 40509
84914 AVIGNON CEDEX 9

Résumé

Le frelon à pattes jaunes, *Vespa velutina* (Hymenoptera : Vespidae), est une espèce exotique envahissante prédatrice de l'abeille domestique. La lutte contre cette espèce invasive suscite une grande attente de la filière apicole, et parmi les méthodes existantes, le piégeage des frelons est largement pratiqué. Réalisé au printemps, il vise à capturer les femelles fondatrices pendant la phase critique d'initiation des nids à l'aide de pièges munis d'appâts sucrés. Les travaux compilés dans ce rapport visent à fournir un bilan de connaissances sur l'attractivité et la sélectivité des dispositifs de piégeage utilisés en condition de printemps afin de mieux préciser les lacunes à combler par les futures études et fournir des informations utiles à l'organisation d'actions de piégeage de printemps dans les secteurs où la prédation du frelon devient problématique pour l'apiculture. Les résultats compilés dans ce rapport sont issus d'études basées sur des données chiffrées et convergent toutes vers les mêmes chiffres que ce soit en termes d'attractivité et de sélectivité des dispositifs de piégeage, et de période optimale de capture des fondatrices au printemps. En moyenne les dispositifs de piégeage capturent de 1 à 6 fondatrices par piège par semaine et les fondatrices représentent moins de 2% du total des captures, incluant principalement des Diptères, des Lépidoptères, des Coléoptères et d'autres Hyménoptères (fourmis, abeilles, *V. crabro*, guêpes). La période optimale de capture s'étale de début avril à mi-mai, pour des températures moyennes hebdomadaires comprises entre 10°C et 15°C. Le faible nombre de fondatrices capturées au printemps et la faible sélectivité des dispositifs de piégeage, combinés à la diversité des espèces non-cible capturées, soulignent la nécessité de poursuivre les travaux d'amélioration de la sélectivité des pièges et des appâts. La sélectivité de l'attractif, la conception du piège et sa localisation à proximité de ruchers sont des points cruciaux pour optimiser la capture des fondatrices de *V. velutina* au printemps tout en réduisant la captures des espèces non-cibles.

Sommaire

1. INTRODUCTION	4
2. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE.....	5
2.1. CARACTÉRISTIQUES DES PIÈGES ET DES APPATS	6
2.2. FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX.....	8
2.3. PÉRIODE DE PIÈGEAGE	9
3. RECUEIL DE TRAVAUX D'EXPERIMENTATION	10
3.1. MATÉRIELS ET MÉTHODES	10
3.1.1. Sites d'étude	10
3.1.2. Protocole de piégeage et de comptage.....	11
3.1.3. Analyse des données	12
3.2. RESULTATS	12
3.2.1. Nombre de fondatrices capturées et probabilité de capture	12
3.2.2. Sélectivité	18
3.2.3. Dynamique de captures de <i>V. velutina</i> et de <i>V. crabro</i>	21
3.3. DISCUSSION.....	24
4. ANALYSE DE DONNÉES DE CAPTURE.....	27
5. CONCLUSION.....	29
Remerciements.....	30
Références.....	31
Annexe 1	33

1. INTRODUCTION

Le frelon à pattes jaunes, *Vespa velutina* Lepeletier 1836 (Hymenoptera : Vespidae), est une espèce exotique envahissante (EEE) originaire d'Asie. Signalé pour la première fois en Europe dans le sud-ouest de la France en 2004 (Arca, 2012), il a rapidement colonisé l'ensemble du territoire métropolitain, à l'exception de la Corse, ainsi que de nombreux pays voisins (Rome & Villemant, 2023). C'est une espèce prédatrice généraliste et opportuniste qui chasse une large diversité d'insectes (abeilles, mouches, guêpes sociales) ainsi qu'un large spectre d'autres animaux, et qui cible principalement les proies localement abondantes dont l'abeille domestique (Rome et al., 2021). Les frelons en prédation impactent les colonies d'abeilles en fin d'été et en automne (Fig.1) via la capture des butineuses et la paralysie de l'activité de vol qui peut compromettre la préparation à l'hivernage et la survie des colonies (Requier et al., 2019). L'effet sur les activités apicoles s'observe sur les petites colonies en début de saison, puis sur les ruchers de production lorsque la prédation sur les abeilles atteint son apogée à l'automne. Pour ces raisons, *V. velutina* est classé EEE en France (2013) et EEE préoccupante pour l'Union Européenne (2016).

La lutte contre *V. velutina* suscite une grande attente de la filière apicole. Les niveaux de populations atteints sur le territoire national ainsi que l'étendue des territoires colonisés ne permettent pas d'envisager l'éradication de cette espèce. Seule la mise en place d'une stratégie collective de surveillance et de lutte peut permettre de limiter les populations dans les secteurs où la prédation du frelon devient problématique pour l'apiculture. Les réseaux de surveillance (Plateforme ESA) et de lutte (GDS France & FNOSAD, 2022) s'organisent et s'harmonisent, et seules les méthodes de lutte jugées efficaces et dont l'impact sur l'environnement est jugé acceptable sont privilégiées. Il s'agit principalement de méthodes de lutte curatives qui consistent à détecter et détruire les nids de frelons et à réduire la pression de prédation dans les ruchers en automne. Malgré la controverse existante liée à son impact environnemental et à l'absence de consensus scientifique sur son efficacité (Dauphin & Thomas, 2009 ; Haxaire & Villemant, 2010 ; Monceau et al., 2012, 2017 ; Turchi & Dérillard, 2018), le piégeage des fondatrices de *V. velutina* au printemps est depuis longtemps déployé dans certains territoires afin de prévenir l'implantation des nids et ainsi réduire l'impact du frelon sur les ruches en automne. Une étude menée par l'ITSAP-Institut de l'abeille et le Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN - UMS PatriNat) entre 2016 et 2019, à la demande du ministère de l'Agriculture, a mis en évidence un effet du piégeage des fondatrices de *V. velutina* au printemps sur l'implantation des nids (Pointeau et al., in prep.). Si ce premier résultat permet de formuler des propositions pour la mise en œuvre d'un piégeage de printemps organisé à l'échelle d'un territoire, des difficultés subsistent toutefois car la sélectivité et l'attractivité des pièges demeurent peu caractérisés.

Le printemps est une période cruciale pour de nombreux insectes. Les dispositifs de piégeage sont susceptibles de générer un impact important sur l'entomofaune non-cible, soulignant la nécessité de poursuivre les travaux d'évaluation et d'amélioration des dispositifs de piégeage, en particulier en condition de printemps (Rome et al., 2011, 2013 ; Rojas-Nossa et al., 2018 ; Rodríguez-Flores et al., 2019 ; Lioy et al., 2020). L'ITSAP-Institut de l'abeille, dont la mission principale est d'acquérir des références techniques et scientifiques au service de l'apiculture et de la pollinisation, s'intéresse à l'évaluation et l'élaboration de méthodes de lutte contre *V. velutina* afin de conseiller et d'accompagner les apiculteurs et leur filière en matière de bonnes pratiques sanitaires apicoles. Depuis 2016 et avec l'appui de l'UMS PatriNat, l'institut évalue l'efficacité du piégeage et des dispositifs de piégeage au printemps.

Ce projet, financé par l'interprofession des produits de la ruche (financement AO InterApi 2022) a pour objectif de constituer une synthèse des résultats disponibles à ce jour sur l'attractivité et la sélectivité des pièges et des appâts utilisés pour le piégeage des fondatrices de *V. velutina* au

printemps. Ce travail vise à fournir un bilan de connaissances afin de mieux préciser les lacunes à combler par les futures études et fournir des informations utiles à l'organisation d'actions de lutte. Cette démarche repose sur 3 approches : 1) une synthèse bibliographique de la littérature scientifique et technique 2) un recueil de travaux d'expérimentation menés dans le réseau ADA-ITSAP et 3) une analyse des données de captures recueillies au cours de l'étude menée par l'ITSAP entre 2016 et 2019.

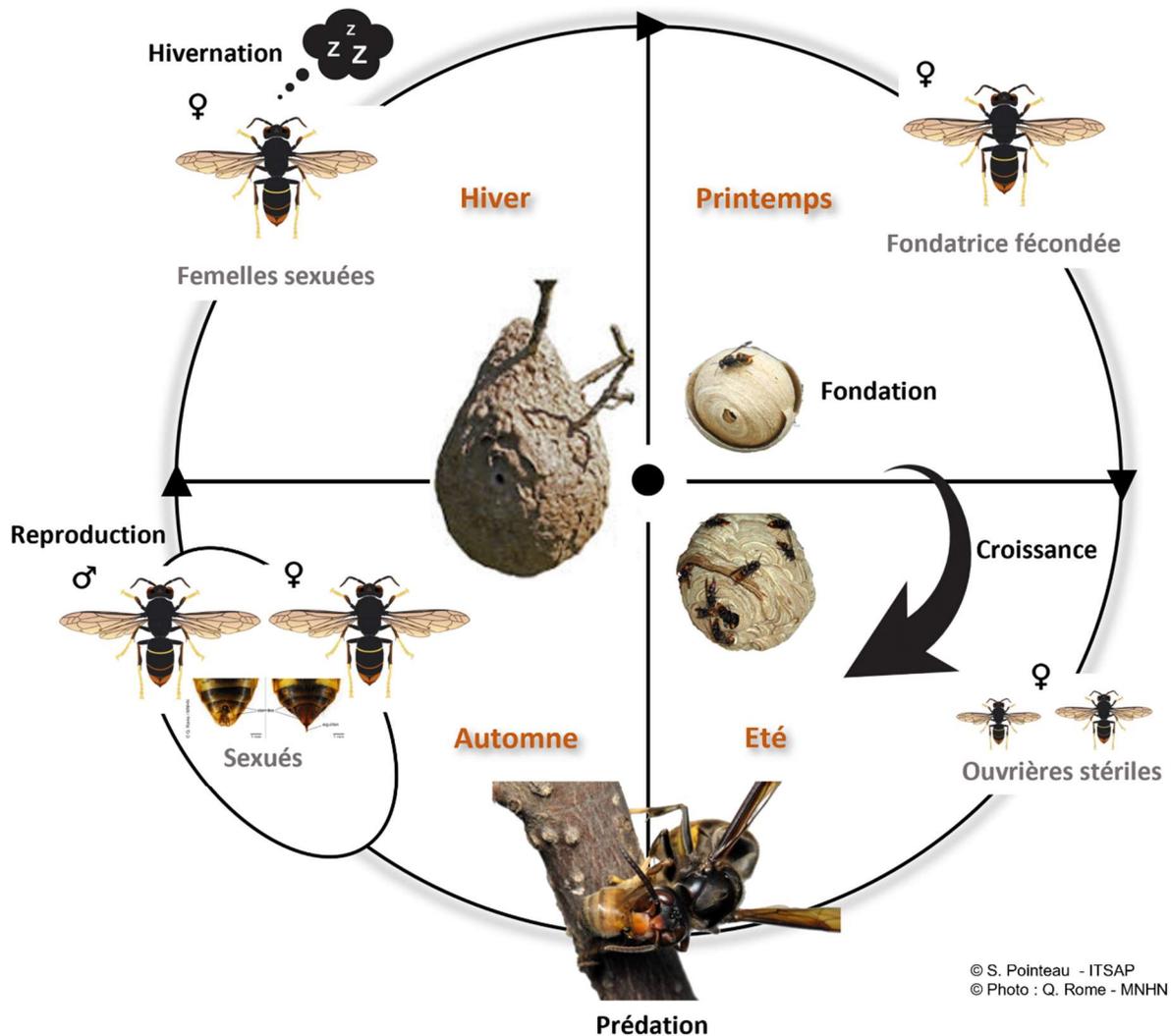


Fig.1. Cycle biologique du frelon asiatique à pattes jaunes, *Vespa velutina*.

2. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

Le piégeage des fondatrices de *V. velutina* est communément utilisé dans un but de surveillance (Demichelis et al., 2014 ; Porporato et al., 2014 ; Gato-Castro & Andrade, 2017) et de gestion de ses populations (Monceau et al., 2012, 2017). Pour cela, divers modèles de pièges munis d'appâts alimentaires peuvent être utilisés pendant la phase critique d'initiation des nids au printemps (Haxaire & Villemant, 2010 ; Monceau et al., 2012 ; Turchi & Dérijard, 2018). L'attractivité (i.e. le nombre de fondatrices capturées par piège) et la sélectivité (i.e. la proportion de fondatrices capturées par rapport aux captures totales) des dispositifs de piégeage utilisés conditionnent l'efficacité et l'impact

environnemental des campagnes de piégeage selon : (1) les caractéristiques du piège et de l'appât (2) les facteurs environnementaux, et (3) la période de capture.

2.1. CARACTERISTIQUES DES PIEGES ET DES APPATS

Les appâts sucrés, commerciaux ou artisanaux, sont communément utilisés comme attractifs pour piéger les fondatrices de *V. velutina* car ils fournissent les carbohydrates recherchés par l'insecte à cette période de son cycle biologique (Tableau 1). Ils sont généralement agrémentés d'une composante alcoolique sensée repousser les abeilles (Monceau et al., 2012 ; Turchi & Dérjard, 2018). L'appât artisanal, le plus communément utilisé, est constitué d'un mélange de bière, de sirop de fruit et de vin blanc. Les appâts commerciaux sont généralement formulés à base d'arômes alimentaires ou d'huiles essentielles de plantes (Rojas-Nossa et al., 2018). Les pièges, commerciaux ou artisanaux, sont des récipients ayant la forme de bouteille, de dôme/cloche ou de nasse avec une ou plusieurs entrées qui permettent aux insectes de pénétrer dans l'enceinte du piège mais qui limitent la sortie (Tableau 1, Fig.2). Les insectes meurent ensuite d'épuisement ou de noyade. Certains pièges peuvent être munis d'aménagements permettant la sortie des petits insectes (Rojas-Nossa et al., 2018 ; Rodríguez-Flores et al., 2019 ; Liroy et al., 2020 ; GDS 26 & GDS 07, 2021). La diversité des pièges et des appâts utilisables, et des combinaisons possibles, peut impacter l'attractivité et la sélectivité des dispositifs de piégeage et conduire à une efficacité du piégeage et un impact sur l'entomofaune non-cible différents. Pour l'heure, la littérature scientifique et technique, s'élevant à 10 articles au total (Tableau 1), s'accorde sur une faible attractivité et sélectivité des dispositifs de piégeage au printemps en dépit de variations dans la conception des pièges ou la formulation des appâts testés, dans les sites de piégeage et leur environnement, ou dans la fréquence des relevés (Rome et al., 2011 ; Rojas-Nossa et al., 2018 ; Rodríguez-Flores et al., 2019 ; Liroy et al., 2020 ; GDS 26 & GDS 07, 2021).

Attractivité

Les dispositifs de piégeage évalués au printemps présentent un faible niveau d'attractivité avec un nombre moyen de fondatrices capturées inférieur à 1 fondatrice par piège par jour (i.e. entre 1 et 6 fondatrices par piège par semaine) (Dauphin & Thomas, 2009 ; Haxaire & Villemant, 2010 ; Monceau et al., 2012, 2017 ; Rojas-Nossa et al., 2018 ; Rodríguez-Flores et al., 2019 ; Liroy et al., 2020).

Sélectivité

La sélectivité des dispositifs de piégeage évalués au printemps est faible avec un grand nombre d'insectes (et autres arthropodes ou animaux) non-cibles capturés en rapport au nombre de fondatrices capturées. Ainsi, tous dispositifs de piégeage confondus et en considérant le nombre total d'insectes piégés, *V. velutina* représente de 0,7% à 1,9% du total des captures selon les études (Dauphin & Thomas, 2009 ; Haxaire & Villemant, 2010 ; Monceau et al., 2012, 2017 ; Rojas-Nossa et al., 2018 ; Rodríguez-Flores et al., 2019 ; Liroy et al., 2020 ; Goulnik, 2021). Pour les dispositifs de piégeage les plus performants, le pourcentage de fondatrices capturées en moyenne par piège est autour de 3,5% (Rodríguez-Flores et al., 2019 ; Liroy et al., 2020). Au printemps, les pièges associés à l'appât traditionnel à base de bière sucrée tendent à capturer plus de fondatrices (de 1,4% à 3,7% de fondatrices capturées par piège) comparativement aux pièges contenant des appâts commerciaux (de 0,1% à 1,2% de fondatrices capturées par piège) (Liroy et al., 2020 ; Goulnik, 2021). Toutefois, cette *a priori* « meilleure performance » de certains dispositifs de piégeage est à relativiser car le pourcentage d'insectes non-cibles piégés reste toujours supérieur à 95%. Une évaluation du piège Jabeprode®

menée dans le Drôme et l’Ardèche a montré que les fondatrices de *V. velutina* représente 72% du total des captures effectuées au printemps 2021 (GDS 26 & GDS 07, 2021). Toutefois, ce résultat est à relativiser car les auteurs ont considéré uniquement les individus présents dans le compartiment de capture et pas la présence éventuelle d’insectes dans le compartiment appât du piège.

Quelle que soit l’étude considérée, les Diptères (mouches) sont les insectes les plus impactés par le piégeage de printemps puisqu’ils représentent entre 48% et 92% du total des captures. Les autres ordres d’insectes fréquemment piégés sont les Lépidoptères (papillons), dont certaines populations sont déjà en forte régression en France, et les Coléoptères (scarabées, carabes, charançons, coccinelles, etc.) (Dauphin & Thomas, 2009 ; Haxaire & Villemant, 2010 ; Rome et al., 2011 ; Rojas-Nossa et al., 2018 ; Rodríguez-Flores et al., 2019 ; Liroy et al., 2020 ; Goulnik, 2021 ; Gilbert et al., 2022). Chez les Hyménoptères (abeilles, guêpes, fourmis), les fourmis sont les plus représentées avec un pourcentage allant de 3,8% à 48% du total des captures en fonction de la méthode de comptage, i.e. respectivement le nombre de colonies de fourmis ou le nombre total d’individus (Dauphin & Thomas, 2009 ; Haxaire & Villemant, 2010 ; Rojas-Nossa et al., 2018 ; Rodríguez-Flores et al., 2019 ; Liroy et al., 2020). Le frelon d’Europe, *V. crabro*, représente de 0,2% à 1,3% du total des captures selon les études. Les autres Hyménoptères impactés sont les guêpes sociales et les abeilles (domestiques et sauvages) avec des pourcentage inférieurs à 1% des captures (Rojas-Nossa et al., 2018 ; Rodríguez-Flores et al., 2019 ; Liroy et al., 2020 ; Goulnik, 2021).

Tableau 1. Pièges et appâts utilisés pour le piégeage *V. velutina* et évalués en condition de printemps.

Appât	Littérature scientifique et technique
Appâts artisanaux	Rodríguez-Flores et al., 2019
Bière - Sirop sucré - Alcool	Dauphin & Thomas, 2009 ; Villemant & Haxaire, 2010 ; Rome et al., 2011 ; Monceau et al., 2012 ; Rojas-Nossa et al., 2018 ; Liroy et al., 2020 ; Goulnik, 2021 ; GDS 26 & GDS 07, 2021 ; Gilbert et al., 2022
Jus de cirier	Rome et al., 2011 ; GDS 26 & GDS 07, 2021 ; Gilbert et al., 2022
Appâts commerciaux	Rodríguez-Flores et al., 2019
Avispa’clac©	Rojas-Nossa et al., 2018
VespaCatch©	Rojas-Nossa et al., 2018 ; Liroy et al., 2020 ; Goulnik, 2021 ; Gilbert et al., 2022
Pièges artisanaux	Rodríguez-Flores et al., 2019
Bouteille (Esat-Alpha, Tap-Trap©)	Villemant & Haxaire, 2010 ; Rome et al., 2011 ; Monceau et al., 2012 ; Rojas-Nossa et al., 2018 ; Liroy et al., 2020 ; Goulnik, 2021 ; Gilbert et al., 2022
Nasse	GDS 26 & GDS 07, 2021 ; Gilbert et al., 2022
Pièges commerciaux	Rodríguez-Flores et al., 2019 ; Dauphin & Thomas, 2009
Dôme/cloche (ex : Avispa’clac©)	Rojas-Nossa et al., 2018
VespaCatch©	Rojas-Nossa et al., 2018 ; Liroy et al., 2020 ; Goulnik, 2021 ; Gilbert et al., 2022

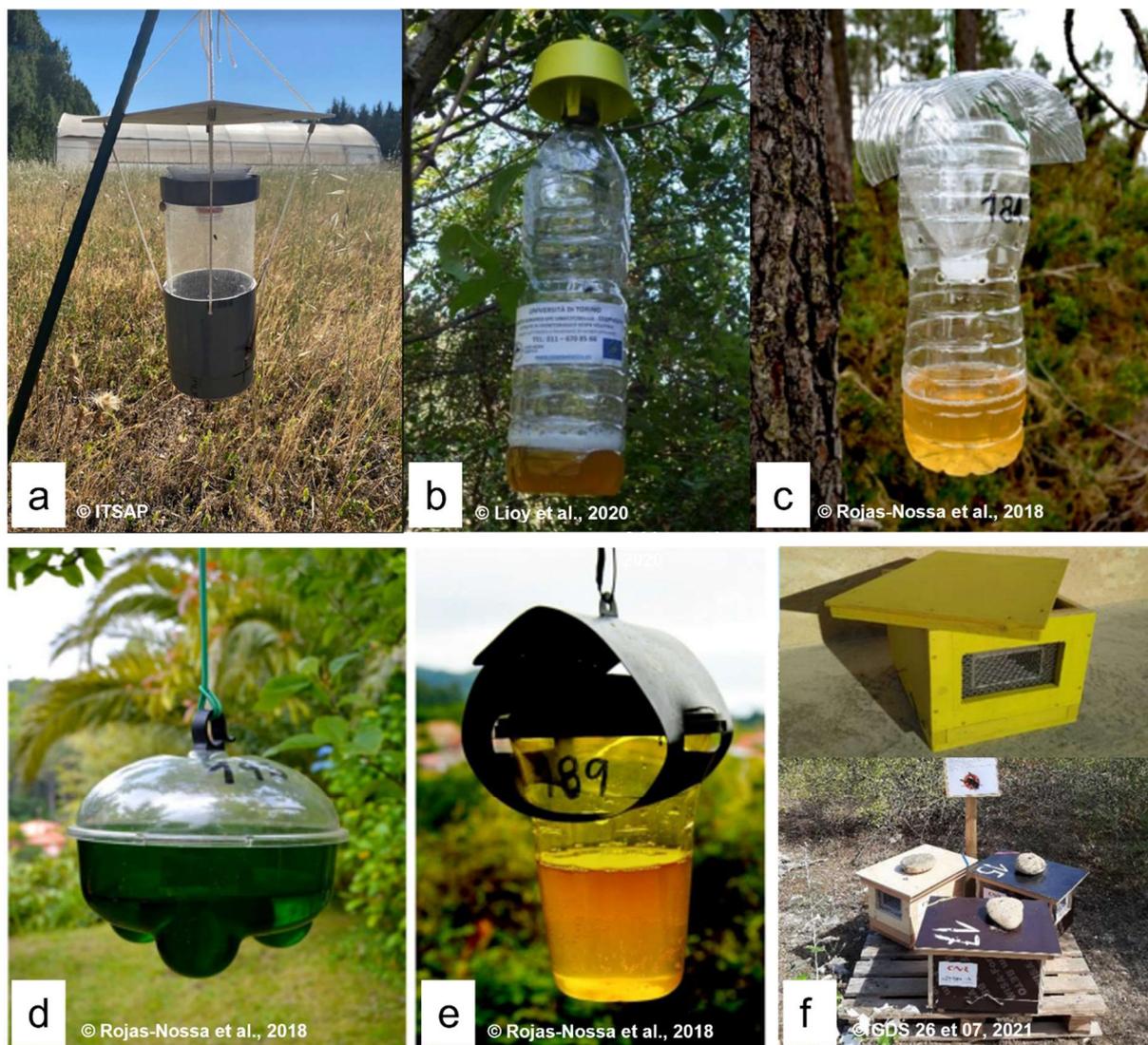


Fig.2. Pièges utilisés pour le piégeage *V. velutina* et évalués en condition de printemps. Piège bouteille de type ESAT-Alpha (a), Tap-Trap® (b) ou « fait-maison » (c) ; piège dôme/cloche (ex : Avispa'clac®) (d) ; piège VespaCatch® (e) ; piège nasse (f).

2.2. FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX

L'emplacement des pièges est un point important pour le succès des captures de fondatrices. En plus des caractéristiques des pièges et des appâts, divers facteurs environnementaux peuvent influencer l'attractivité et la sélectivité des dispositifs de piégeage. En effet, des facteurs tels que la proximité d'un rucher, la structure de l'habitat ou les conditions climatiques et l'altitude sont susceptibles d'affecter l'abondance de *V. velutina* dans l'environnement, modulant ainsi la probabilité de capture.

Proximité des ruchers

Des pièges placés à proximité de ruchers (i.e. dans le rucher ou à moins de 50m) au printemps capturent de 3,7 à 7 fois plus de fondatrices, ce qui représente entre 1,4 et 2 fondatrices par piège par jour (Rome et al., 2011 ; Rojas-Nossa et al., 2018). Ce résultat suggère que les fondatrices sont attirées par la profusion en proies potentielles que représentent les colonies d'abeilles au printemps. Dans une

étude parue en 2012, Monceau et al., n'ont pas mis en évidence d'effet de la proximité d'un rucher sur le nombre de capture de fondatrices. Rojas-Nossa et al. (2018) soulignent, qu'en Espagne, ils observent une présence de fondatrices en chasse devant les ruches de plus en plus tôt en saison, et voir même au début du printemps dans certaines régions ; ce qui pourrait expliquer cette différence de résultat.

Structure de l'habitat

Les pièges placés dans un environnement forestier capturent de 1,2 à 2,6 fois plus de fondatrices (i.e. entre 0,4 et 1 fondatrice/piège/jour) comparativement à ceux placés dans un environnement agricole ou urbain (Rojas-Nossa et al., 2018). Les auteurs de cette étude suggèrent que ce résultat pourrait refléter une plus grande abondance de fondatrices en dormance dans ce type d'habitat car elles pourraient y trouver des endroits protégés par la végétation améliorant leur survie aux conditions rudes.

L'influence de la proximité de point d'eau sur le nombre de fondatrices capturées est à nuancer, puisqu'elle est soit faible (Monceau et al., 2012), soit nulle (Rojas-Nossa et al., 2018). En effet, la proximité de points d'eau peut exercer une influence sur le nombre de captures lorsqu'elle est un facteur limitant dans l'environnement. Au printemps, les colonies en fondation sont peu développées. Ainsi, de petites ressources en eau disséminées dans l'environnement (petites piscines, étangs, bacs ou canaux d'irrigation) peuvent suffire pour satisfaire les besoins nécessaires à la croissance des colonies. De même, dans les régions au printemps humide ou parcourues par des cours d'eau, la proximité des pièges à une ressource en eau ne favorisera pas les captures (Rojas-Nossa et al., 2018).

Conditions climatiques et altitude.

Les niveaux de captures de *V. velutina* sont plus faibles dans les zones où les températures sont extrêmes ou en altitude car les densités de populations de frelons y sont plus faibles. Ainsi, les pièges placés à des altitudes comprises entre 0m et 200m, en particulier dans les zones côtières, capturent un plus grand nombre de *V. velutina* (Rodríguez-Flores et al., 2019).

2.3. PERIODE DE PIEGEAGE

L'objectif du piégeage de printemps est de capturer les fondatrices de *V. velutina*. Une bonne définition des dates limites qui encadrent le début et la fin de la période de fondation des colonies (Fig.1) est donc cruciale pour piéger uniquement pendant les périodes de vol des fondatrices et arrêter le piégeage une fois les ouvrières en activité, ceci afin de minimiser la capture des insectes non-cibles. Les données de piégeage au printemps montrent que les fondatrices émergent de la dormance, et commencent à s'alimenter de carbohydrates, à la fin du mois de mars et jusqu'à mai avec un pic en avril/mai (Monceau et al., 2012 ; GDS 26 & GDS 07, 2021). En reliant ces données de piégeage aux données locales de température, Monceau et al. (2012), ont calculé que la semaine d'apparition des premières fondatrices de *V. velutina* dans les pièges correspondait à une température moyenne hebdomadaire de 10°C. La fin de la période de fondation des colonies de *V. velutina* se situe quant à elle vers la fin du mois de mai avec la capture de la première cohorte d'ouvrières début juin (Rojas-Nossa et al., 2018). D'après les études déjà réalisées, le piégeage des fondatrices de *V. velutina* peut donc être réalisé de fin mars à fin mai avec un optimum de captures attendu au mois d'avril.

3. RECUEIL DE TRAVAUX D'EXPERIMENTATION

Au printemps 2022, plusieurs structures (ADAPI, ADANA, GDS07, GDS19, GDS26) et l'ITSAP ont mené, des expérimentations visant à évaluer des pièges, des appâts, et leur combinaison dans différents secteurs du territoire national. Un travail de coordination et des réunions préparatoires tenues en amont des expérimentations ont permis de définir un protocole commun d'acquisition des données. Cette partie dresse la synthèse des résultats obtenus sur l'ensemble des secteurs.

3.1. MATERIELS ET METHODES

3.1.1. Sites d'étude

L'étude comprend au total 53 sites localisés dans 10 départements regroupés en cinq secteurs selon la proximité des sites entre eux (Fig.3, Annexe 1) : (A) Alpes-Maritimes/Var (ADAPI), (B) Drôme/Ardèche (GDS07 et GDS26), (C) Lot-et-Garonne (ADANA), (D) Creuse/Haute-Vienne/Corrèze (ADANA, GDS19), et (E) Vaucluse/Bouches-du-Rhône (ITSAP). La présence de *V. velutina* est signalée depuis 2010 et 2013 dans le secteur A, 2011 et 2013 dans le secteur B, 2004 dans le secteur C, 2006 et 2007 dans le secteur D, et 2011 et 2012 dans le secteur E. La présence de colonies de *V. velutina* est avérée en 2021 dans chaque secteur (Rome & Villemant, 2023). Les sites expérimentaux sont répartis dans ou hors d'un rucher. Les environnements des sites expérimentaux sont caractérisés selon l'occupation des sols à partir de données de la base de données CORINE Land Cover (Annexe 1).

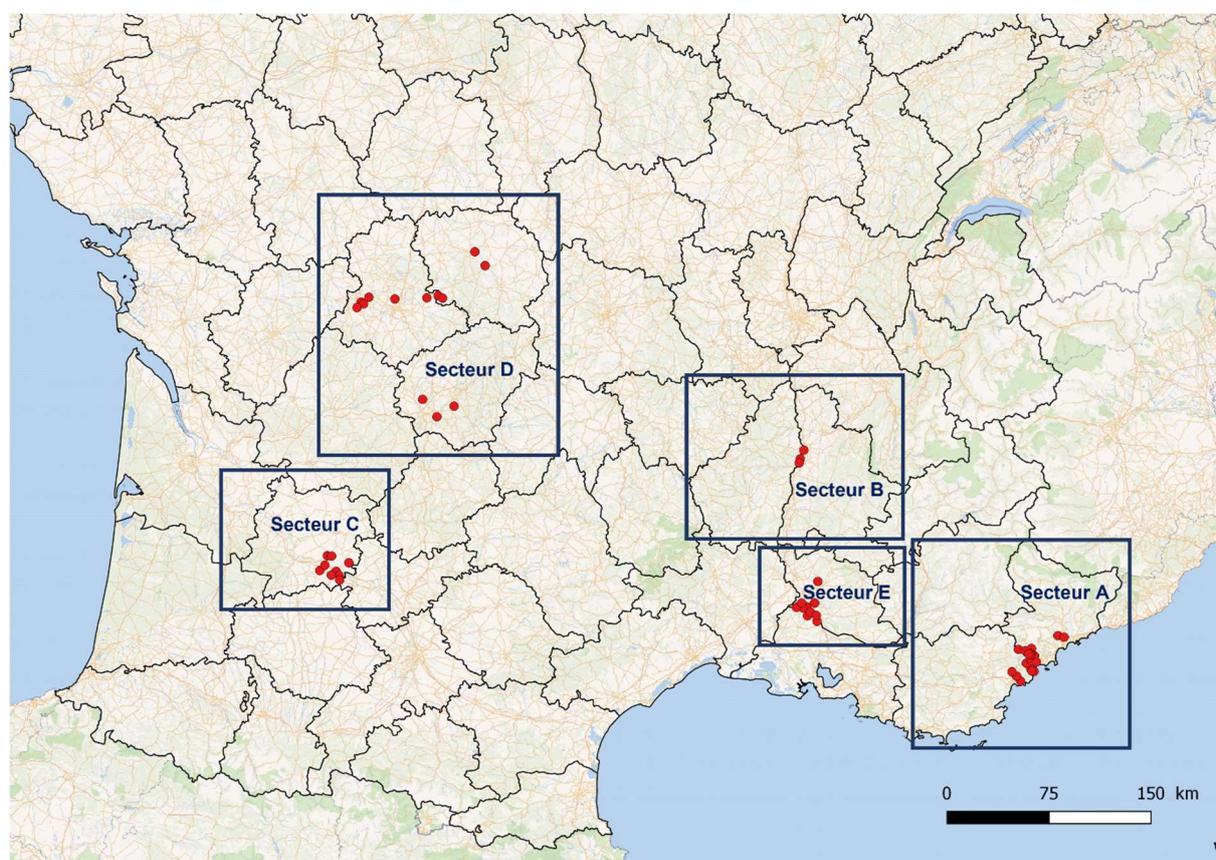


Fig.3. Localisation des sites de piégeage de printemps en 2022 pour les 5 secteurs : (A) Alpes-Maritimes/Var, (B) Drôme/Ardèche, (C) Lot-et-Garonne, (D) Creuse/Haute-Vienne/Corrèze, et (E) Vaucluse/Bouches-du-Rhône.

3.1.2. Protocole de piégeage et de comptage

Dans chaque secteur, différentes modalités (i.e. différentes combinaisons de pièges et d'appâts) ont été testées (Tableau 2). Trois modalités sont communes aux cinq secteurs : Bouteille artisanale x Bière sucrée, Jabeprode® x Bière sucrée, et Jabeprode® x Jus de cirier.

Tableau 2. Modalités testées dans chaque secteur et nombre de répétitions (n) du dispositif de piégeage pour chaque secteur : (A) Alpes-Maritimes/Var, (B) Drôme/Ardèche, (C) Lot-et-Garonne, (D) Creuse/Haute-Vienne/Corrèze, et (E) Vaucluse/Bouches-du-Rhône.

Piège	Appât	Code piège	Secteur	n
Bouteille artisanale (Esat-Alpha, fait-maison)	Bière sucrée (bière/sirop/vin)	BB	A	18
			B	3
			C	9
			D	13
			E	10
Bouteille (Esat-Alpha, fait-maison)	Jus de Cirier	BJ	E	10
Bouteille (Esat-Alpha, fait-maison)	VespaCatch®	BV	E	10
Jabeprode®	Bière sucrée (bière/sirop/vin)	JB	A	18
			B	3
			C	9
			D	13
			E	10
Jabeprode®	Jus de Cirier	JJ	A	18
			B	3
			C	9
			D	13
			E	10
Jabeprode®	VespaCatch®	JV	E	10
VespaCatch®	Bière sucrée (bière/sirop/vin)	VB	E	10
VespaCatch®	Jus de Cirier	VJ	E	10
VespaCatch®	VespaCatch®	VV	C	9
			D	13
			E	10
Bouteille (Tap-Trap®)	Bière sucrée (bière/sirop/vin)	TB	C	9
			D	13

Les pièges ont été disposés sur des supports à environ 50cm du sol et remplis avec 250ml d'appât pour les pièges bouteille et VespaCatch® et 500ml d'appât pour les pièges Jabeprode®. Les relevés ont été réalisés de début mars à fin mai 2022 pour une durée s'étalant de 7 à 12 semaines selon le secteur. Chaque semaine, les pièges ont été vidés, l'appât renouvelé et le contenu des pièges a été collecté et compté directement sur place ou placé dans l'éthanol modifié 70% pour un comptage au laboratoire. Les identifications et comptages concernent les groupes taxonomiques suivant : Hyménoptères,

Diptères, Coléoptères, Lépidoptères et autres « insectes, arthropodes et animaux ». Parmi les Hyménoptères, ont été considérés : *V. velutina*, le frelon d'Europe (*Vespa crabro*), les guêpes, les abeilles (mellifères et sauvages), les bourdons, les fourmis (chaque espèce de fourmis étant considérée comme marquant la présence d'une colonie ; Haxaire & Villemant, 2010) et les autres Hyménoptères. Dans les secteurs A et B, les insectes noyés dans le compartiment appâts des pièges Jabeprode® n'ont pas été comptabilisés, tandis qu'ils ont été pris en compte dans les secteurs C à E.

3.1.3. Analyse des données

Afin de comparer les dispositifs de piégeage, le nombre moyen de fondatrices de *V. velutina* capturées par piège et par semaine (i.e. l'attractivité) ainsi que la probabilité de capture ont été calculés. Le nombre moyen d'individus capturés par piège par semaine a également été calculé pour les autres espèces et groupes considérés. La probabilité de capture est estimée comme le rapport entre le nombre de pièges contenant une espèce ou un groupe spécifique sur le nombre total de pièges collectés et analysés (un piège collecté est un contenu de piège correspondant à une semaine de capture). La sélectivité a été évaluée comme la proportion de fondatrices de *V. velutina* capturées par rapport au nombre total d'individus (autres insectes et/ou arthropodes et animaux) capturés.

Les dynamiques de capture des fondatrices de *V. velutina* et de *V. crabro* ont été évaluées avec le nombre moyen de frelon capturés par piège en fonction de la semaine de piégeage et représentée avec l'évolution de la température moyenne hebdomadaire. Les données de température ont été recueillies sur le site : <https://prevision-meteo.ch>.

Les effets du piège et de l'appât sur la probabilité de capture et sur la sélectivité ont été évalués à l'aide de modèles linéaires généralisés à effet mixte (GLMM). La probabilité de capture et la sélectivité ont été intégrées dans les modèles comme variables réponses. Le type de piège et le type d'appât ont été intégrés comme effets fixes. Pour le secteur E, où sont testées les combinaisons de 3 pièges et de 3 appâts sur chaque site, l'interaction entre le type de piège et d'appât a été ajoutée aux effets fixes. Le site et la semaine de piégeage ont été intégrés comme effets aléatoires. Le piège bouteille artisanal et l'appât bière sucrée sont considérés comme le piège et l'appât de référence attractif et non sélectif (Villemant & Haxaire, 2010 ; Rome et al., 2011 ; Monceau et al., 2012). La différence de sélectivité des pièges Jabeprode® selon la prise en compte (secteur C à E) ou pas (secteurs A et B) des insectes présents dans le compartiment appât a été testée avec un test exact de Fisher ($\alpha = 0,05$).

3.2. RESULTATS

3.2.1. Nombre de fondatrices capturées et probabilité de capture

Sur l'ensemble de la période d'étude et les secteurs considérés, le piégeage de printemps a permis de capturer 2154 fondatrices de *V. velutina*. Le nombre moyen de fondatrices capturées (i.e. l'attractivité) varie entre 0,45 (secteur E) et 3,03 (secteur A) fondatrices par piège et par semaine (Tableau 3). La probabilité de capturer des fondatrices est relativement faible dans les secteurs B à E (entre 0,21 et 0,29) indiquant que moins d'un tiers des contenus de pièges analysés sur l'ensemble de la période d'étude contenait des fondatrices. Dans le secteur A, un peu plus des deux tiers des contenus de pièges (0,67) contenaient des fondatrices (Tableau 3).

Le type de piège et le type d'appât ont un effet significatif sur la probabilité de capturer des fondatrices de *V. velutina* (Tableau 4). Comparativement au piège de référence « bouteille artisanale », la probabilité de capture obtenue avec les pièges bouteille Tap-Trap® et VespaCatch® est plus élevée, respectivement 0,39 et 0,37 (0,31 pour le piège de référence). A l'inverse, la probabilité de capture avec le piège Jabeprode® est plus faible (0,27). Parmi les appâts, c'est l'appât VespaCatch® qui présente une probabilité de capture plus faible (0,22) que l'appât de référence bière sucrée (0,36) (Fig.4, Tableau 4).

Dans le secteur E uniquement, le type de piège et l'interaction entre le type de piège et d'appât n'ont pas d'effet significatif sur la probabilité de captures. En revanche, celle-ci est plus faible avec l'appât VespaCatch® (0,08) comparativement à l'appât de référence bière sucrée (0,28) (Tableau 4).

Selon le dispositif de piégeage et le secteur, le nombre de fondatrices capturées varie en moyenne entre 0 (piège Jabeprode® associé à l'appât VespaCatch®) et 4,41 fondatrices par piège et par semaine (piège bouteille artisanal associé à l'appât bière sucrée) (Fig.4., Fig.5).

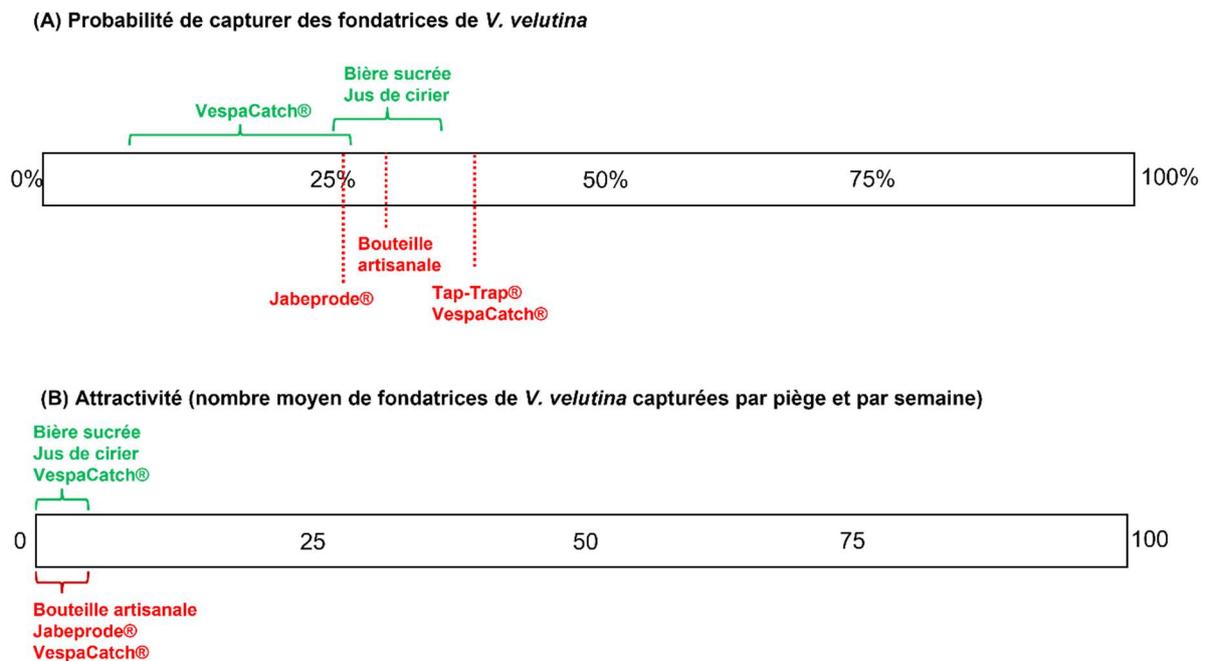


Fig.4. (A) Probabilité de capture de fondatrices de *V. velutina* et (B) attractivité des trois appâts (en vert) et quatre pièges (en rouge) testés dans les 5 secteurs : (A) Alpes-Maritimes/Var, (B) Drôme/Ardèche, (C) Lot-et-Garonne, (D) Creuse/Haute-Vienne/Corrèze, et (E) Vaucluse/Bouches-du-Rhône.

Tableau 3. Pourcentage et nombre moyen par piège et par semaine (\pm SE) des fondatrices de *V. velutina* et des groupes non-cibles capturés dans les dispositifs de piégeage pour les 5 secteurs : (A) Alpes-Maritimes/Var, (B) Drôme/Ardèche, (C) Lot-et-Garonne, (D) Creuse/Haute-Vienne/Corrèze, et (E) Vaucluse/Bouches-du-Rhône. *La probabilité de capture correspond au rapport entre le nombre de pièges contenant une espèce ou un groupe spécifique sur le nombre total de pièges collectés et analysés. ** Sélectivité.

Secteurs	A		B		C		D		E	
Captures totales	n = 9 650		n = 251		n = 110 051		n = 17 581		n = 82 672	
Pièges collectés	n = 360		n = 89		n = 486		n = 480		n = 720	
Groupes capturés	% du total	Moyenne \pm SE (Probabilité de capture*)	% du total	Moyenne \pm SE (Probabilité de capture*)	% du total	Moyenne \pm SE (Probabilité de capture*)	% du total	Moyenne \pm SE (Probabilité de capture*)	% du total	Moyenne \pm SE (Probabilité de capture*)
Hyménoptères	58,87	15,78 \pm 2,51 (0,74)	39,84	1,12 \pm 0,26 (0,44)	1,76	3,98 \pm 0,36 (0,68)	4,57	1,67 \pm 0,16 (0,37)	32,69	37,54 \pm 3,21 (0,85)
<i>Vespa velutina</i>	11,31**	3,03 \pm 0,23 (0,67)	16,73**	0,47 \pm 0,09 (0,28)	0,36**	0,82 \pm 0,09 (0,29)	1,68**	0,62 \pm 0,09 (0,21)	0,39**	0,45 \pm 0,04 (0,25)
<i>Vespa crabro</i>	3,4	0,91 \pm 0,16 (0,13)	8,76	0,25 \pm 0,09 (0,11)	0,2	0,46 \pm 0,08 (0,13)	0,82	0,30 \pm 0,05 (0,12)	0,44	0,50 \pm 0,06 (0,21)
Guêpes	0,76	0,20 \pm 0,04 (0,11)	2,39	0,07 \pm 0,03 (0,07)	0,24	0,53 \pm 0,08 (0,19)	0,7	0,26 \pm 0,05 (0,12)	0,45	0,52 \pm 0,05 (0,22)
Abeilles	43,16	11,57 \pm 2,47 (0,29)	11,95	0,34 \pm 0,20 (0,07)	0,48	1,08 \pm 0,20 (0,20)	1,13	0,41 \pm 0,07 (0,14)	30,06	34,52 \pm 3,19 (0,50)
Bourdons	0,11	0,03 \pm 0,01 (0,03)	0	0,00 \pm 0,00 (0,00)	0,02	0,04 \pm 0,02 (0,02)	0,01	0,00 \pm 0,00 (0,00)	0,02	0,02 \pm 0,01 (0,01)
Fourmis	0,08	0,02 \pm 0,01 (0,02)	0	0,00 \pm 0,00 (0,00)	0,17	0,38 \pm 0,02 (0,38)	0,15	0,06 \pm 0,01 (0,06)	0,93	1,07 \pm 0,04 (0,64)
Autres Hyménoptères	0,05	0,01 \pm 0,01 (0,00)	NA	NA	0,3	0,68 \pm 0,16 (0,19)	0,07	0,03 \pm 0,01 (0,02)	0,4	0,45 \pm 0,12 (0,13)
Diptères	34,54	9,26 \pm 0,93 (0,30)	5,18	0,15 \pm 0,08 (0,06)	92,07	208,48 \pm 26,43 (0,96)	85,48	31,31 \pm 2,41 (0,63)	59,75	68,61 \pm 4,75 (0,88)
Lépidoptères	5,68	1,52 \pm 0,22 (0,26)	54,18	1,53 \pm 0,35 (0,21)	1,37	3,11 \pm 1,02 (0,23)	3,44	1,26 \pm 0,20 (0,23)	0,69	0,79 \pm 0,17 (0,22)
Coléoptères	0,9	0,24 \pm 0,07 (0,09)	0,8	0,02 \pm 0,02 (0,02)	1,45	3,29 \pm 0,73 (0,43)	1,38	0,51 \pm 0,12 (0,11)	3,95	4,54 \pm 0,57 (0,42)
Autres groupes	0,01	0,00 \pm 0,00 (0,00)	0	0,00 \pm 0,00 (0,00)	3,35	7,59 \pm 2,21 (0,50)	5,13	1,88 \pm 0,54 (0,15)	2,91	3,35 \pm 0,64 (0,49)

Tableau 4. Résultats de l'analyse GLMM pour la probabilité de capture de *V. velutina* avec différents types de pièges et d'appâts disposés au printemps dans les 5 secteurs : (A) Alpes-Maritimes/Var, (B) Drôme/Ardèche, (C) Lot-et-Garonne, (D) Creuse/Haute-Vienne/Corrèze et (E) Vaucluse/Bouches-du-Rhône.

Variables	Coefficient	SE	Z	P
Modèle sans interaction (secteur A à E)				
Piège				
Piège Jabeprode®	-0,45	0,14	-3,10	< 0.01
Piège bouteille (Tap-Trap)	0,83	0,25	3,36	< 0.001
Piège VespaCatch®	1,43	0,18	7,99	< 0.001
Appât				
VespaCatch®	-1,04	0,18	-5,74	< 0.001
Modèle avec interaction (secteur E)				
Appât				
VespaCatch®	-2,42	0,53	-4,59	< 0.001

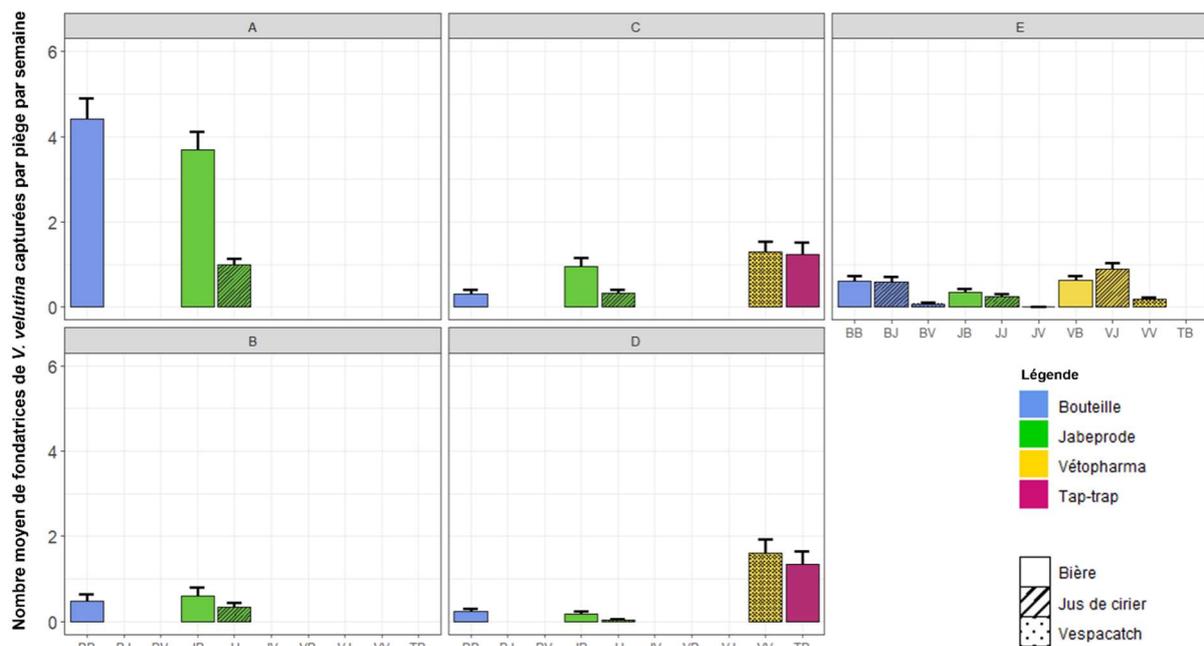


Fig.5. Nombre moyen (\pm SE) de fondatrices de *V. velutina* capturées par piège par semaine pour les 10 dispositifs de piégeage testés selon les 5 secteurs : (A) Alpes-Maritimes/Var, (B) Drôme/Ardèche, (C) Lot-et-Garonne, (D) Creuse/Haute-Vienne/Corrèze, et (E) Vaucluse/Bouches-du-Rhône.

3.2.2. Sélectivité

Dans les secteurs A et B, où les insectes noyés dans le compartiment appâts des pièges Jabeprode® n'ont pas été comptabilisés, la proportion de fondatrices de *V. velutina* dans les pièges Jabeprode® est significativement plus élevée (53,15%) comparativement à celle observée dans les pièges Jabeprode® des secteurs C à E (1,19%) où les insectes noyés ont été pris en compte (Test exact de Fisher, $P < 0,001$). Par conséquent, seuls les secteurs C à E, pour lesquels il n'y a pas de biais de comptage de sélectivité, sont considérés dans la suite des résultats.

Ainsi dans les secteurs C à E, les fondatrices de *V. velutina* représentent entre 0,36% (secteur C) et 1,68% (secteur D) du total des captures (Tableau 3). Les Diptères sont prédominants (59,75% à 92,07% du total des captures), suivis par les Hyménoptères (1,76% à 32,69% du total des captures) (Tableau 3). Les Lépidoptères, les Coléoptères et autres Hyménoptères sont chacun représenté à moins de 5% du total des captures. Parmi les Hyménoptères, on trouve essentiellement des abeilles domestiques (0,48% à 30,06%), des fourmis (0,15 à 0,93%), des *V. crabro* (0,2 à 0,82%) et des guêpes (0,22 à 0,70%) (Tableau 3).

Le type de piège a un effet significatif sur la sélectivité (Tableau 5, Fig.6). Le niveau moyen de sélectivité est plus élevé avec le piège Jabeprode® (entre 0-11,9%) et le piège bouteille Tap-Trap® (moyenne entre 1,2-3,9%) comparativement au piège référence « bouteille artisanale » (entre 0,1-3,1%) (Fig.6, Fig.7). Dans le secteur E uniquement, le type d'appât et l'interaction entre le type de piège et d'appât n'ont pas d'effet significatif sur la sélectivité. En revanche, le piège VespaCatch® présente un niveau moyen de sélectivité (entre 0,3-0.6%) plus faible que le piège de référence (entre 0,3-1,4%) (Fig.6, Fig.7). Tous les dispositifs de piégeage ont capturé un grand nombre d'insectes (Fig.8) et d'Hyménoptères non-cible (Fig.9) pour chaque *V. velutina* capturé.

Tableau 5. Résultats de l'analyse GLMM pour la sélectivité des différents types de pièges et d'appâts disposés au printemps dans les 3 secteurs : (C) Lot-et-Garonne, (D) Creuse/Haute-Vienne/Corrèze, et (E) Vaucluse/Bouches-du-Rhône.

Variables	Coefficient	SE	t	P
Modèle sans interaction (secteur C à E)				
Piège				
Piège Jabeprode®	1,45	0,25	5,90	< 0.001
Piège bouteille (Tap-Trap)	0,83	0,25	3,36	< 0.001
Modèle avec interaction (secteur E)				
Piège				
Piège VespaCatch®	-1,33	0,30	-4,48	< 0.001



Fig.6. Niveau moyen de sélectivité des quatre pièges (en rouge) testés dans les 5 secteurs : (A) Alpes-Maritimes/Var, (B) Drôme/Ardèche, (C) Lot-et-Garonne, (D) Creuse/Haute-Vienne/Corrèze, et (E) Vaucluse/Bouches-du-Rhône.

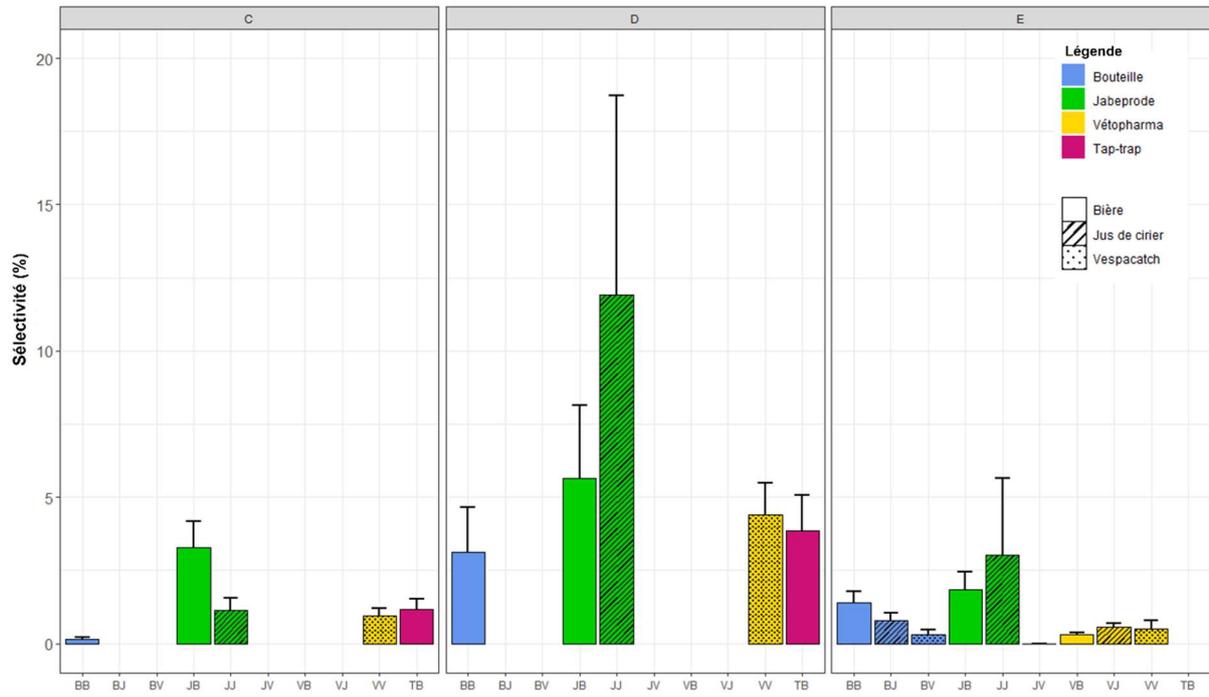


Fig.7. Sélectivité moyenne (\pm SE) des 10 dispositifs de piégeage testés et répartis dans 3 secteurs : (C) Lot-et-Garonne, (D) Creuse/Haute-Vienne/Corrèze et (E) Vaucluse/Bouches-du-Rhône.

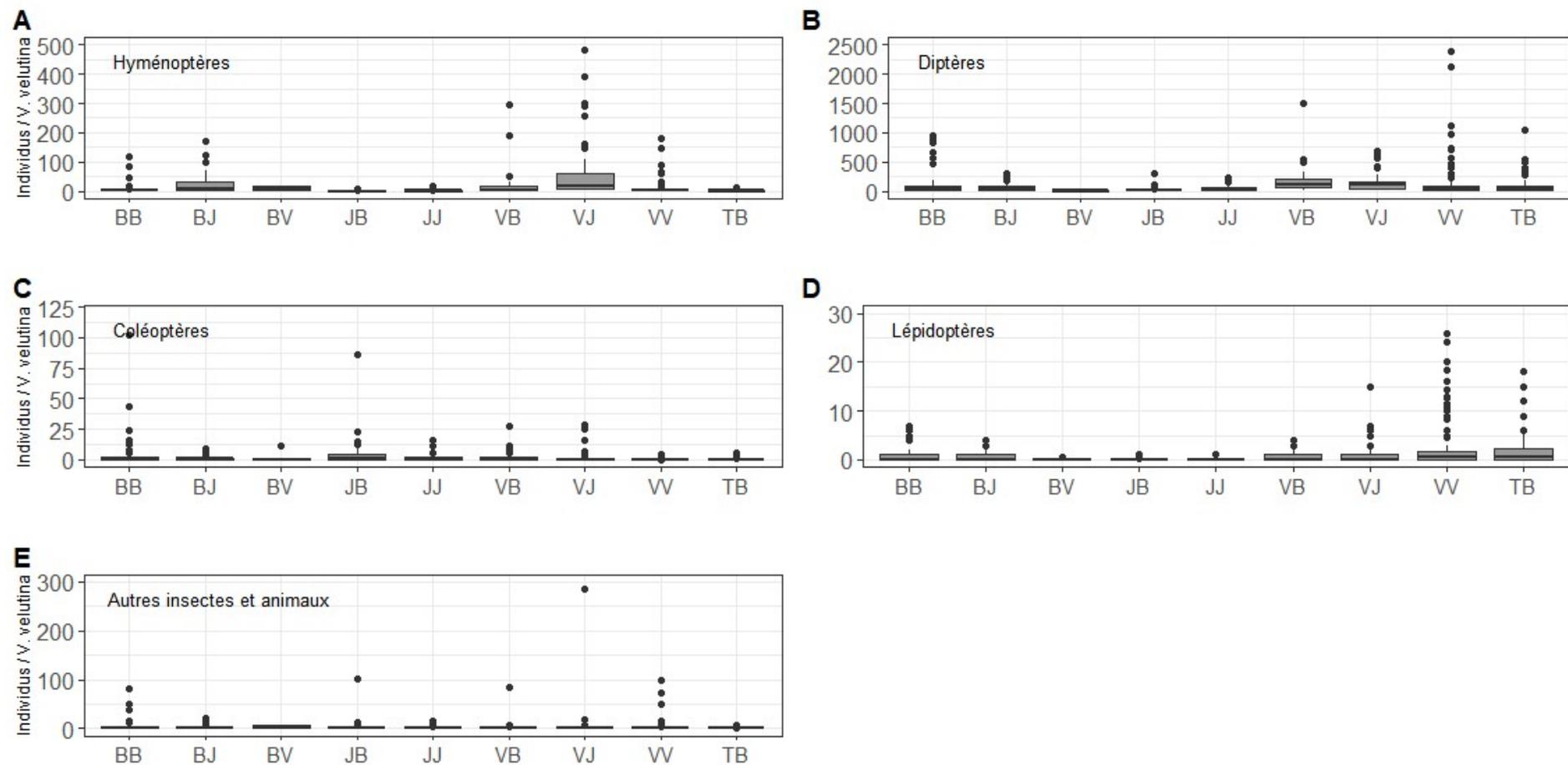


Fig.8. (A-E) Pour les insectes communément capturés, rapport entre le nombre d'individus capturés dans un groupe non-cible spécifique et le nombre de fondatrices de *V. velutina* capturés dans 9 dispositifs de piégeage évalués dans les secteurs (C) Lot-et-Garonne, (D) Creuse/Haute-Vienne/Corrèze, et (E) Vaucluse/Bouches-du-Rhône. Abréviations pour les dispositifs de piégeage : BB, Bouteille artisanale + Bière sucrée ; BJ, Bouteille artisanale + Jus de cirier ; BV, Bouteille artisanale + VespaCatch® ; JB, Jabeprode® + Bière sucrée ; JJ, Jabeprode® + Jus de cirier ; JV, Jabeprode® + VespaCatch® ; VB, VespaCatch® + Bière sucrée ; VJ, VespaCatch® + Jus de cirier ; VV, VespaCatch® + VespaCatch® ; TB, Bouteille Tap-Trap® + Bière sucrée.

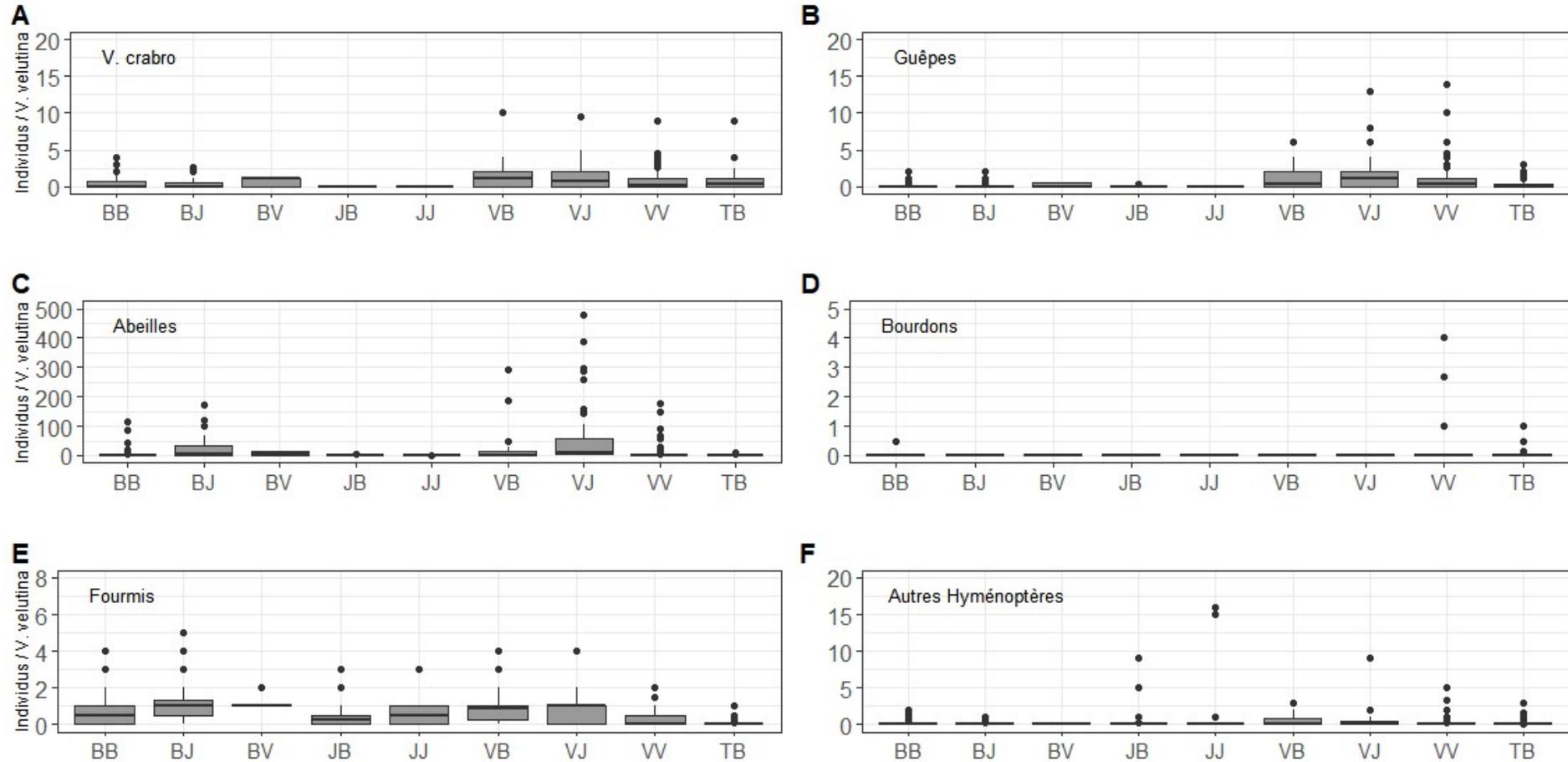


Fig.9. (A-F) Pour les Hyménoptères communément capturés, rapport entre le nombre d'individus capturés dans une espèce ou un groupe non-cible spécifique et le nombre de fondatrices de *V. velutina* capturés dans 9 dispositifs de piégeage évalués dans les secteurs (C) Lot-et-Garonne, (D) Creuse/Haute-Vienne/Corrèze, et (E) Vaucluse/Bouches-du-Rhône. Abréviations pour les dispositifs de piégeage : BB, Bouteille artisanale + Bière sucrée ; BJ, Bouteille artisanale + Jus de cirier ; BV, Bouteille artisanale + VespaCatch® ; JB, Jabeprode® + Bière sucrée ; JJ, Jabeprode® + Jus de cirier ; JV, Jabeprode® + VespaCatch® ; VB, VespaCatch® + Bière sucrée ; VJ, VespaCatch® + Jus de cirier ; VV, VespaCatch® + VespaCatch® ; TB, Bouteille Tap-Trap® + Bière sucrée.

Tous secteurs confondus et hors fondatrices, 218 051 insectes, arthropodes et animaux (ex : araignées, escargots, limaces) ont été capturés, ce qui correspond en moyenne à 102 individus non-cibles par piège. Les insectes prédominants sont les Diptères (78%) et parmi les Hyménoptères, les abeilles sont majoritaires (89%) (Fig.10).

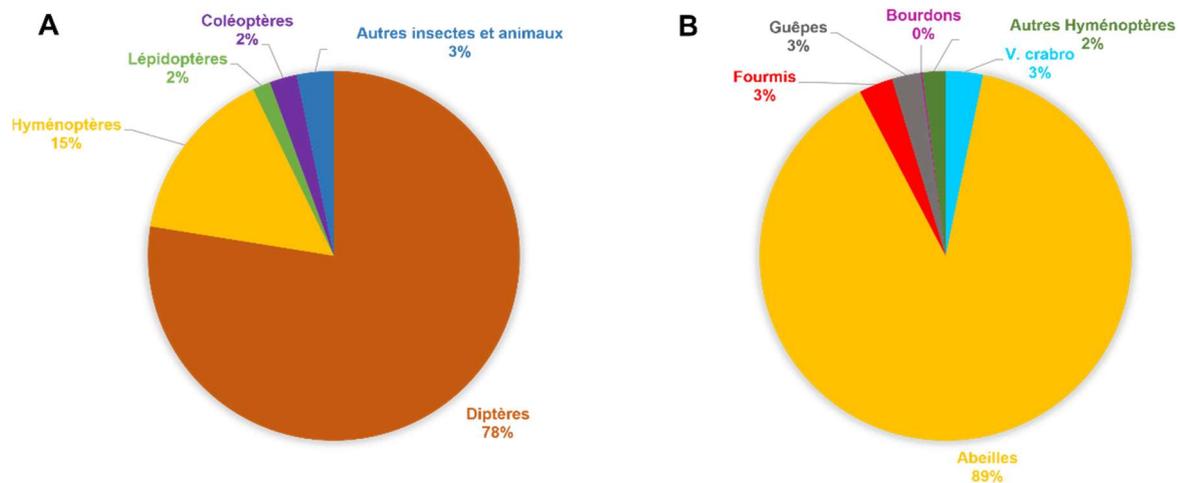


Fig.10. Pourcentage des (A) Ordres d'insectes/autres animaux et (B) des Hyménoptères (B) par rapport au total des captures d'insectes/autres animaux et d'Hyménoptères non-cibles. Résultats tous secteurs confondus.

3.2.3. Dynamique de capture de *V. velutina* et de *V. crabro*

V. velutina

Les premières fondatrices de *V. velutina* ont été capturées en très faible quantité (<0,5 fondatrice par piège) entre le 14 mars et le 3 avril (3^{ème} et 5^{ème} semaine de piégeage depuis la mise en place de pièges). Les premières captures sont observées pour des températures moyennes hebdomadaires supérieures à 10°C (Fig.8). Le nombre de fondatrices capturées est faible la 5^{ème} semaine de piégeage (du 28 mars au 3 avril) qui correspond à une semaine particulièrement froide en 2022, avec une température moyenne hebdomadaire inférieure à 10°C et marquée par des gelées tardives. Ces informations ne sont pas disponibles pour le secteur A (Alpes-Maritimes/Var) où les expérimentations de piégeage ont commencé plus tardivement alors que les fondatrices étaient déjà en prospection.

Tous sites confondus, la plupart des fondatrices de *V. velutina* ont été capturées entre la 6^{ème} et 12^{ème} semaine de piégeage (du 4 avril au 22 mai 2022) avec un pic entre les semaines 8 et 10 (soit du 18 avril au 8 mai 2022) lorsque les températures moyennes hebdomadaires sont aux alentours de 15°C (Fig.8). Le nombre maximum de fondatrices de *V. velutina* capturées oscille autour de 1 fondatrice par piège et atteint une valeur maximale de 5 fondatrices fin avril dans le secteur A (Alpes-Maritimes/Var).

V. crabro

Les premières fondatrices de *V. crabro* (<0,5 fondatrice par piège) ont été capturées plus tardivement entre la 5^{ème} et 8^{ème} semaine de piégeage (soit du 28 mars au 24 avril 2022) pour des températures moyennes hebdomadaires aux alentours de 15°C (Fig.9).

Tous sites confondus, la plupart des fondatrices *V. crabro* ont été capturées entre la 9^{ème} et 12^{ème} semaine de piégeage (du 25 avril au 22 mai 2022) avec un pic entre les semaines 10 et 11 (du 2 au 15 mai) lorsque les températures moyennes hebdomadaires dépassent les 15°C (Fig.9). Le nombre maximum de fondatrices de *V. crabro* capturées oscille autour de 1 fondatrice par piège et atteint une valeur maximale de 2 fondatrices début mai dans les secteurs A (Alpes-Maritimes/Var) et C (Lot-et-Garonne).

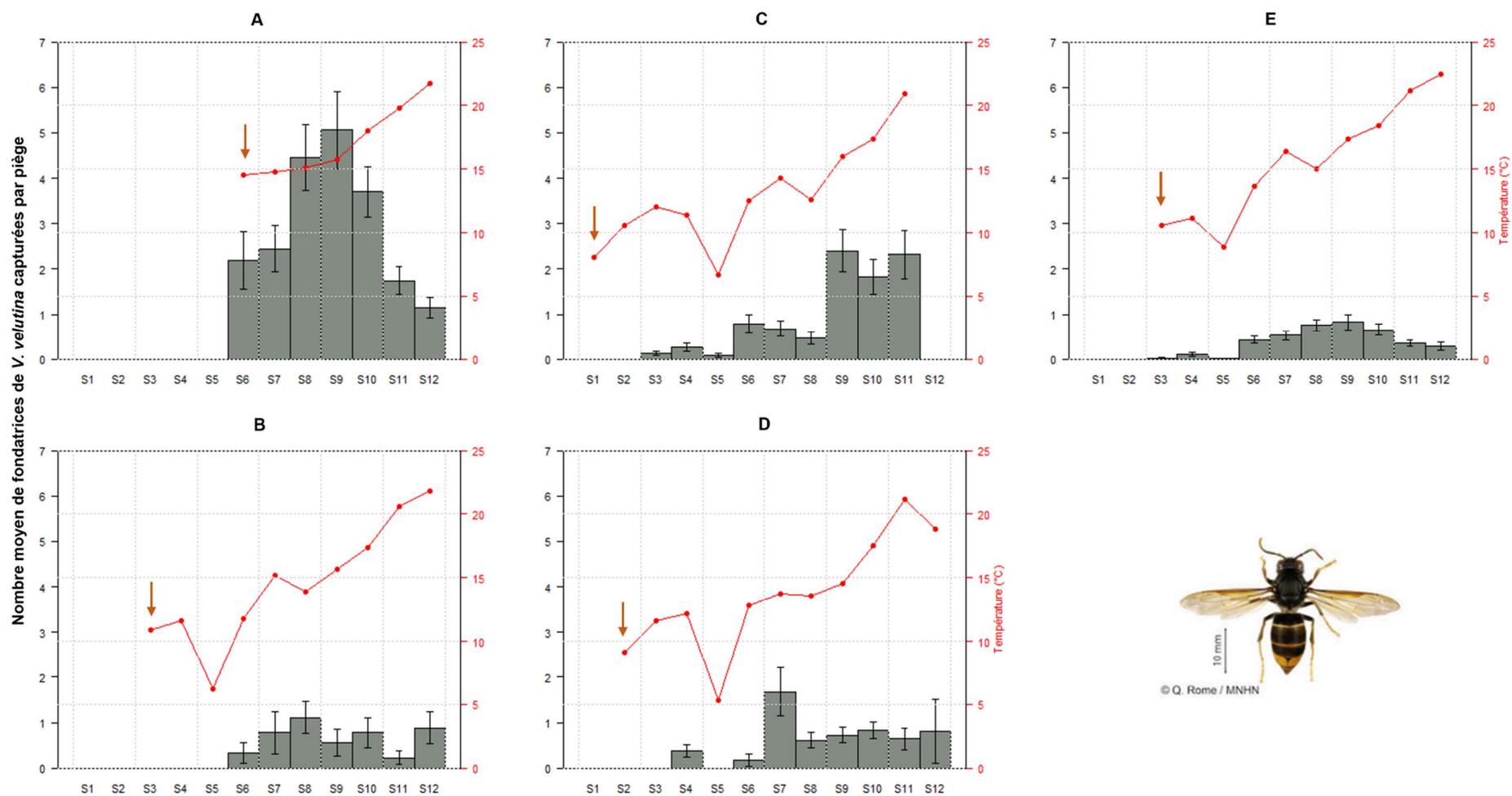


Fig.8. Nombre moyen (\pm SE) de fondatrices de *V. velutina* capturées par piège au sein de chaque semaine de piégeage et évolution de la température moyenne hebdomadaire (°C) en fonction de la semaine de piégeage et des 5 secteurs : (A) Alpes-Maritimes/Var, (B) Drôme/Ardèche, (C) Lot-et-Garonne, (D) Creuse/Haute-Vienne/Corrèze, et (E) Vaucluse/Bouches-du-Rhône. Les semaines S1 à S4 correspondent au mois de mars, S5 à S8 au mois d’avril et S9 à S12 au mois de mai. La flèche indique la première semaine de relevé des pièges.

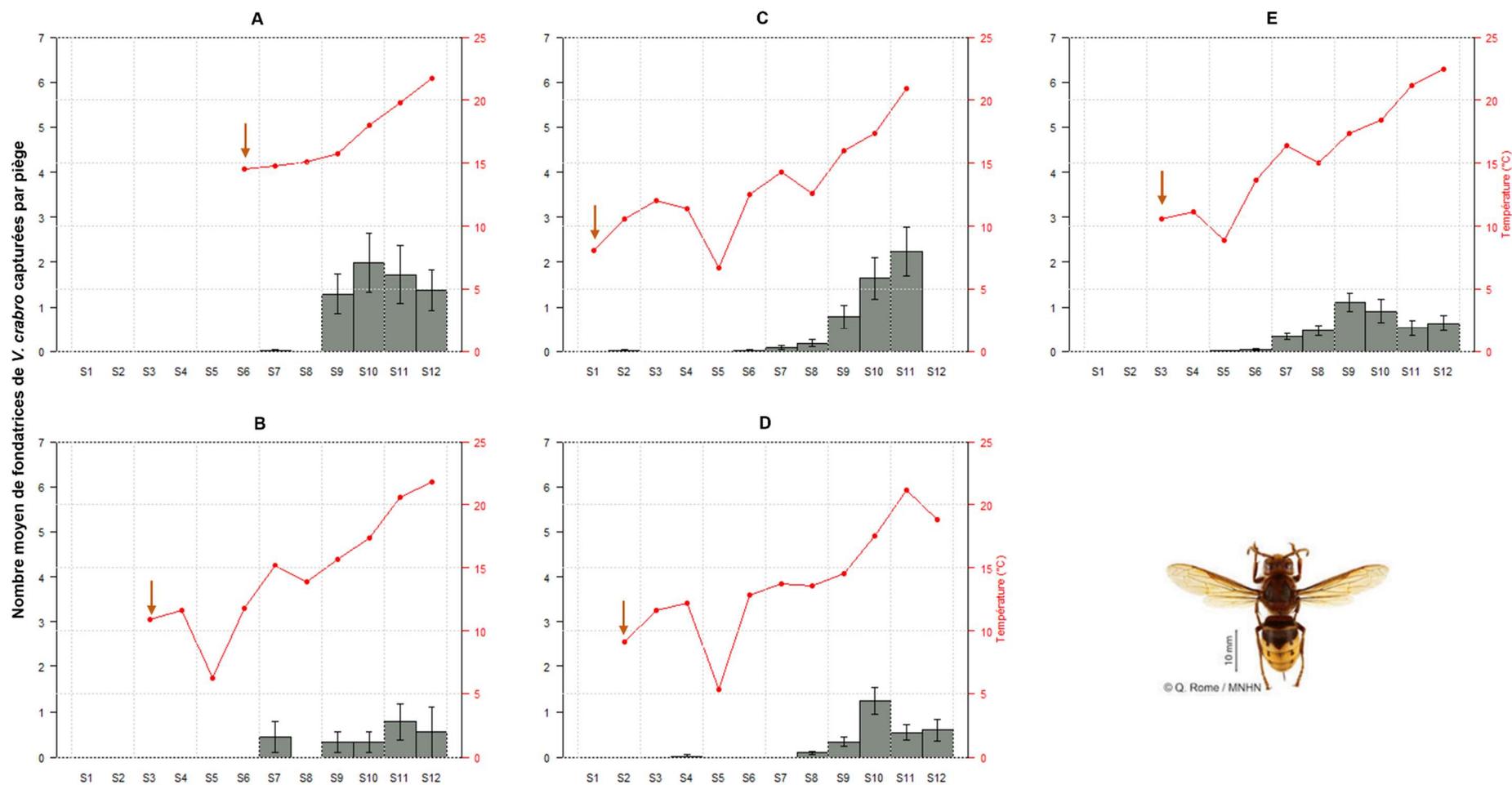


Fig.9. Nombre moyen (\pm SE) de fondatrices de *V. crabro* capturées par piège au sein de chaque semaine de piégeage et évolution de la température moyenne hebdomadaire (°C) en fonction de la semaine de piégeage et des 5 secteurs : (A) Alpes-Maritimes/Var, (B) Drôme/Ardèche, (C) Lot-et-Garonne, (D) Creuse/Haute-Vienne/Corrèze, et (E) Vaucluse/Bouches-du-Rhône. Les semaines S1 à S4 correspondent au mois de mars, S5 à S8 au mois d'avril et S9 à S12 au mois de mai. La flèche indique la première semaine de relevé de piège.

3.3. DISCUSSION

Le recueil de données de piégeage de printemps provenant de cinq secteurs répartis sur le territoire national a permis de comparer les performances et l'impact environnemental de quatre types de pièges et trois types d'appâts utilisés pour piéger les fondatrices de *V. velutina* sur la base de critères de capture (probabilité de capture, nombre de fondatrices capturées) et de sélectivité des dispositifs de piégeage. Le suivi de la dynamique de capture de *V. velutina* dans les cinq secteurs a permis également d'acquérir des informations essentielles sur la période idéale de piégeage des fondatrices.

Critères de capture.

Au printemps, l'attractivité des pièges équipés d'appâts artisanaux tels que la bière sucrée et le jus de cirier, connus pour être attractifs pour les insectes et pour les fondatrices de *V. velutina* (Rome et al., 2011), se révèle plus élevée par rapport à l'appât commercial VespaCatch®. Indépendamment du type de piège, un peu plus d'un tiers des relevés de pièges équipés d'appâts artisanaux contenaient des fondatrices. A l'inverse, et comme cela a été montré par Liroy et al. (2020), l'utilisation de l'appât commercial VespaCatch® diminue l'attractivité des pièges au printemps avec, d'après les données recueillies, un peu moins d'un quart des relevés de pièges contenant des fondatrices. Indépendamment du type d'appât, les pièges à noyade de type bouteille équipée de Tap-Trap® et VespaCatch® capturent plus fréquemment des fondatrices comparativement au piège Jabeprode®, bien que la quantité d'appât soit deux fois plus importante dans ce dernier. Ces pièges diffèrent par leur forme, leur taille, leur conception, et l'orientation des trous d'entrée, des critères qui peuvent affecter la diffusion des odeurs et donc l'attractivité des pièges. L'entrée des pièges à noyade est verticale avec un appât directement présent en dessous dans l'enceinte du piège, tandis que le piège Jabeprode® possède deux trous d'entrée orientés horizontalement vers l'intérieur du piège. Le piège Jabeprode® possède également un compartiment appât séparé et situé sous l'enceinte du piège. Il est probable que ces différences de conception affectent l'attractivité du piège Jabeprode®.

Malgré ces apparentes différences en termes de performance des appâts et des pièges, les données recueillies montrent également que, quel que soit le secteur et/ou le dispositif de piégeage, le nombre de fondatrices de *V. velutina* capturées est relativement faible (i.e. entre 0 et 4,4 fondatrices par piège et par semaine selon le dispositif de piégeage et le secteur). Ce résultat est conforme aux précédentes évaluations de dispositifs de piégeage au printemps qui, bien qu'elles diffèrent en termes de sites d'étude, de conception expérimentale, de structure des pièges ou de composition des appâts testés, ont toutes révélées un faible nombre de captures de fondatrices, i.e. entre 1 et 6 fondatrices par piège par semaine (Dauphin & Thomas, 2009 ; Haxaire & Villemant, 2010 ; Monceau et al., 2012, 2017 ; Rojas-Nossa et al., 2018 ; Rodríguez-Flores et al., 2019 ; Liroy et al., 2020). Ce résultat n'est toutefois pas surprenant car pendant la période de fondation des colonies, une faible probabilité de capture et un faible nombre de captures de fondatrices est attendu compte tenu du faible niveau de population de frelons disséminés dans l'environnement (Monceau et al., 2012). L'emplacement des pièges, notamment à proximité de ruchers, peut toutefois permettre d'augmenter le nombre de fondatrices capturées (Rome et al., 2011 ; Rojas-Nossa et al., 2018 ; Gilbert et al., 2022).

Le nombre de fondatrices de *V. velutina* capturées varie selon les secteurs avec des valeurs inférieures à 1 fondatrice par piège par semaine dans les secteurs B à E, et un maximum de 3 fondatrices dans le secteur A (tous pièges confondus). Cette différence peut s'expliquer par une densité de population plus élevée dans le secteur A (Alpes-Maritimes/Var) qui est un secteur côtier parsemé de zones urbaines à semi-urbaines. Ce type d'environnement est connu pour être

particulièrement favorable à l'installation des colonies de *V. velutina* (Monceau et al., 2017 ; Rodríguez-Flores et al., 2019).

Sélectivité.

Comme démontré dans les précédentes études (Dauphin & Thomas, 2009 ; Haxaire & Villemant, 2010 ; Monceau et al., 2012, 2017 ; Rojas-Nossa et al., 2018 ; Rodríguez-Flores et al., 2019 ; Lioy et al., 2020 ; Goulnik, 2021), *V. velutina* représente moins de 2% du total des captures (cf. résultats secteur C à E pour lesquels il n'y a pas de biais de comptage de sélectivité). Ce résultat suggère que toutes les combinaisons de pièges et d'appâts sont susceptibles de générer un impact important sur les insectes non-cibles. Cependant, une sélection appropriée du modèle de piège et du type d'appât, peut permettre d'optimiser la sélectivité du dispositif de piégeage. Par exemple, le piège Jabeprode® au printemps est un peu plus sélectif vis-à-vis de *V. velutina* s'il est associé à l'appât bière (jusqu'à 5,7% de fondatrices) ou jus de cirier (jusqu'à 11,9% de fondatrices). En revanche, associé à l'appât VespaCatch® peu attractif, il n'a piégé aucune fondatrice. Le piège Jabeprode® est particulièrement performant pour limiter la capture des gros insectes ainsi que ceux de taille moyenne. De façon anecdotique, il a capturé des bourdons ou des cétoines. En revanche, de nombreux très petits insectes tels que des Coléoptères, des Diptères, et des Hyménoptères (fourmis, guêpes parasitoïdes) parviennent à pénétrer dans le compartiment appât et s'y noient. Une meilleure étanchéité du compartiment appât et/ou un système anti-noyade pourrait permettre d'améliorer la sélectivité du piège Jabeprode®.

Le piège bouteille équipé de Tap-Trap® associé à la bière sucrée possède une sélectivité légèrement supérieure au piège de référence « bouteille artisanal associé à la bière sucrée » (jusqu'à 3,9% de fondatrices vs 3,1% respectivement). Néanmoins, le piège Tap-Trap® capture une grande quantité de *V. crabro* et de Lépidoptères probablement à cause de son entrée large qui permet l'accès aux espèces dont la taille du corps est supérieure à celle de *V. velutina* comparativement à des pièges dont l'entrée est mieux calibrée comme le piège Jabeprode®. Ce résultat est à prendre en considération car les Lépidoptères sont un groupe vulnérable dont les populations sont déjà en déclin avéré en France et, *V. crabro* est une espèce native de frelon présente dans la liste des espèces en danger dans certains pays comme l'Allemagne et l'Autriche (Haxaire & Villemant, 2010 ; Rojas-Nossa et al., 2018).

Enfin la meilleure performance du piège VespaCatch® en termes de probabilité de capture est à nuancer : quel que soit le type d'appât utilisé, ce piège s'avère aussi très peu sélectif au printemps (jusqu'à 0,6% de fondatrices, cf. résultats dans le secteur E). Il capture notamment une grande quantité de gros et de petits insectes non-cibles parmi lesquels des Hyménoptères (*V. crabro*, abeilles, guêpes, fourmis, autres Hyménoptères), des Diptères et des Lépidoptères.

La diversité et les niveaux de capture d'insectes et d'Hyménoptères non-cibles par piège pour chaque *V. velutina* capturé dans cette étude suggèrent que l'usage à large échelle de ces dispositifs de piégeage au printemps pourrait avoir un impact significatif sur les populations d'insectes. Les Diptères (78% des captures) et les Hyménoptères (15% des captures) sont les insectes non-cibles les plus représentés dans les pièges, un résultat concordant avec les précédentes études (Haxaire & Villemant, 2010 ; Rome et al., 2011 ; Rojas-Nossa et al., 2018 ; Lioy et al., 2020 ; Goulnik 2021). Parmi les Hyménoptères, les abeilles sont le taxon dominant tandis que les précédentes études rapportent une présence prédominante de fourmis (Haxaire & Villemant, 2010 ; Rojas-Nossa et al., 2018 ; Lioy et al., 2020 ; Goulnik 2021). Dans notre étude la présence de ruches à proximité directe des pièges explique probablement ce résultat. Ces groupes majoritaires (Diptères, abeilles, fourmis) ainsi que tous les autres groupes présents en plus faible proportion (Lépidoptères, Coléoptères, *V. crabro*, guêpes) participent à des rôles clés dans les écosystèmes tels que la pollinisation, le recyclage de la matière

organique, la participation aux chaînes alimentaires ou encore la régulation des populations de certaines espèces (Rodríguez-Flores et al., 2019).

Dynamique de capture.

Les données sur la dynamique de capture des fondatrices de *V. velutina* provenant des cinq secteurs inclus dans cette étude montrent que ces dernières sont à la recherche de ressources alimentaires riches en carbohydrates de fin mars jusqu'à mi-mai. Une période identique a été identifiée dans les travaux de Monceau et al. (2012). En mars, les captures sont toutefois très faibles et l'apparition de gelées tardives peut contribuer à limiter le faible nombre de fondatrices. La période durant laquelle les fondatrices recherchent une nourriture sucrée (ex : nectar de fleurs, sève d'arbre) correspond à la période qui précède l'initiation des nids (Matsuura 1984). Ce résultat suggère donc que les fondatrices de *V. velutina* émergent de la dormance sur un intervalle de temps relativement étalée (environ deux mois), et qu'il existe une grande variabilité interindividuelle de la durée de dormance, une stratégie décrite chez les insectes comme permettant de s'adapter à de nouveaux environnements et favorisant le potentiel invasif (Gourbière & Menu, 2009 ; Monceau et al., 2012).

D'après les données recueillies dans les cinq secteurs, un pic de capture se produit fin avril-début mai, tandis que Monceau et al. (2012) avaient détecté ce pic plus précocement au début du mois d'avril. Ce décalage du pic de piégeage peut possiblement s'expliquer par des variations de conditions climatiques entre les études conduisant à un décalage dans le temps de la température optimale de capture. Monceau et al. (2012) ont montré que les premières fondatrices étaient capturées lorsque la température moyenne hebdomadaire atteint 10°C et que l'optimum de capture intervient lorsque la température moyenne hebdomadaire atteint 15°C. C'est aussi ce que l'on observe dans les cinq secteurs suivis dans cette étude.

Conclusion.

L'appât conditionne l'attractivité du dispositif de piégeage tandis que le piège va déterminer sa sélectivité. Les appâts artisanaux de type bière sucrée et jus de cirier possèdent une bonne attractivité au printemps mais ils ne sont pas sélectifs. La conception des pièges peut permettre d'améliorer la sélectivité par des caractéristiques physiques comme c'est le cas, par exemple, pour les pièges nasses tel que le piège Jabeprode®. Bien qu'il présente une plus faible attractivité, il est aussi plus sélectif en particulier vis-à-vis des gros insectes. Des améliorations de conception qui favoriseraient la diffusion des odeurs de l'appât et qui permettraient une meilleure étanchéité du compartiment appât (afin que les très petits insectes ne puissent y pénétrer et s'y noyer) en augmenteraient certainement les performances.

La dynamique de capture de *V. velutina* révèle que l'optimum de capture des fondatrices s'étale de début avril à mi-mai, pour des températures moyennes hebdomadaires comprises entre 10°C et 15°C. La période de piégeage de printemps devrait donc intervenir sur cet optimum. *Vespa crabro* présente une dynamique de capture légèrement décalée avec une émergence des fondatrices, un optimum et un pic de capture plus tardifs (environ deux à trois semaines après *V. velutina*). Ainsi, un arrêt du piégeage de printemps début mai permettrait de limiter la capture des fondatrices de *V. crabro*. Tout en optimisant le piégeage des fondatrices de *V. velutina*, cette limitation de la durée de la période de piégeage permettrait aussi de limiter l'impact sur les autres insectes et plus généralement les espèces non-cibles pouvant être piégées dans ces dispositifs.

4. ANALYSE DE DONNEES DE CAPTURES

Entre 2016 et 2019, des données de capture de fondatrices de *V. velutina* ont été recueillies par l'ITSAP-Institut de l'abeille dans le cadre d'une étude de large ampleur visant à évaluer l'efficacité du piégeage de fondatrices au printemps (Pointeau et al. *In prep.*). Cette évaluation a été réalisée dans trois départements en s'appuyant sur des partenaires locaux : ADANA (Association pour le développement de l'apiculture en Nouvelle-Aquitaine) pour les Pyrénées-Atlantiques, la FDGDON (Fédération Départementale des Groupements de Défense contre les Organismes Nuisibles) du Morbihan et Polleniz (ex FDGDON) pour la Vendée. Le piégeage printanier a été effectué chaque année notamment par des apiculteurs, des agents communaux et des particuliers. Les données de piégeage, issues de la science participative, ont été recueillies par les partenaires locaux et transmises à l'ITSAP. Au cours de ces quatre années, nous avons ainsi obtenu des données pour 2 248 sites et 11 857 relevés de pièges où ont été capturés un total de 85 849 fondatrices de *V. velutina*. Seul le nombre de fondatrices est observé et communiqué dans le cadre de cette étude qui n'était pas destinée à évaluer la sélectivité des dispositifs de piégeage.

Données et méthode.

Pour chaque site, les données ont été triées et seuls les sites de piégeage pour lesquels il n'y avait pas de données manquantes concernant le type de piège, le nombre de pièges par site, le type d'appât et le nombre de fondatrices capturées ont été utilisées. Les sites pour lesquels le type de piège ou le type d'appât n'ont pas pu être individualisé (sites présentant plusieurs types de pièges et/ou plusieurs types d'appâts sans indication de quantité) ont dû être également exclus des analyses. À partir de ce jeu de données trié et en fonction des données disponibles, les informations concernant le type de piège et le type d'appât ont été catégorisées (Tableau 6). Pour chaque site, le nombre moyen de fondatrices de *V. velutina* capturées par piège et par semaine a été calculé pour les pièges et les appâts. N'ayant pas d'effet démontré (cf. 3. Recueil des expérimentations), les interactions entre pièges et appâts ne sont pas représentées afin de garantir un nombre de répétitions suffisant. Les résultats sont donc présentés par type de piège et par type d'appât. Les différences entre pièges et appâts ont été testées avec un test de Wilcoxon.

Tableau 6. Catégories de pièges et d'appâts répertoriées dans les données de piégeage de printemps 2016-2019 dans le Morbihan, la Vendée et les Pyrénées-Atlantiques.

Pièges	Appâts
	Artisanaux
Bouteille	Sucre (ex : sirop, confiture, jus de fruit) Alcool sucré Jus de cirier
	Commerciaux
Cloche/Dôme	VespaCatch®
VespaCatch®	Guêpe'clac®

Résultats et discussion.

Après le tri des données, un total de 321 relevés de pièges ont été retenus. Indépendamment du type d'appât ou du type de piège, le nombre de fondatrices de *V. velutina* capturées est inférieur à 5

fondatrices par piège et par semaine, un chiffre en accord avec les données des précédentes études (Dauphin & Thomas, 2009 ; Haxaire & Villemant, 2010 ; Monceau et al., 2012, 2017 ; Rojas-Nossa et al., 2018 ; Rodríguez-Flores et al., 2019 ; Liroy et al., 2020) et de l'étude présentée dans ce rapport (cf. 3. Recueil d'expérimentation). Le type de piège n'a pas d'effet sur le nombre de fondatrices capturées (Fig.10). Les appâts sucre et jus de cirier ont piégé en moyenne 2 fois plus de fondatrices que les appâts alcool sucré et VespaCatch® (Test de Wilcoxon, $P < 0,05$) (Fig.11).

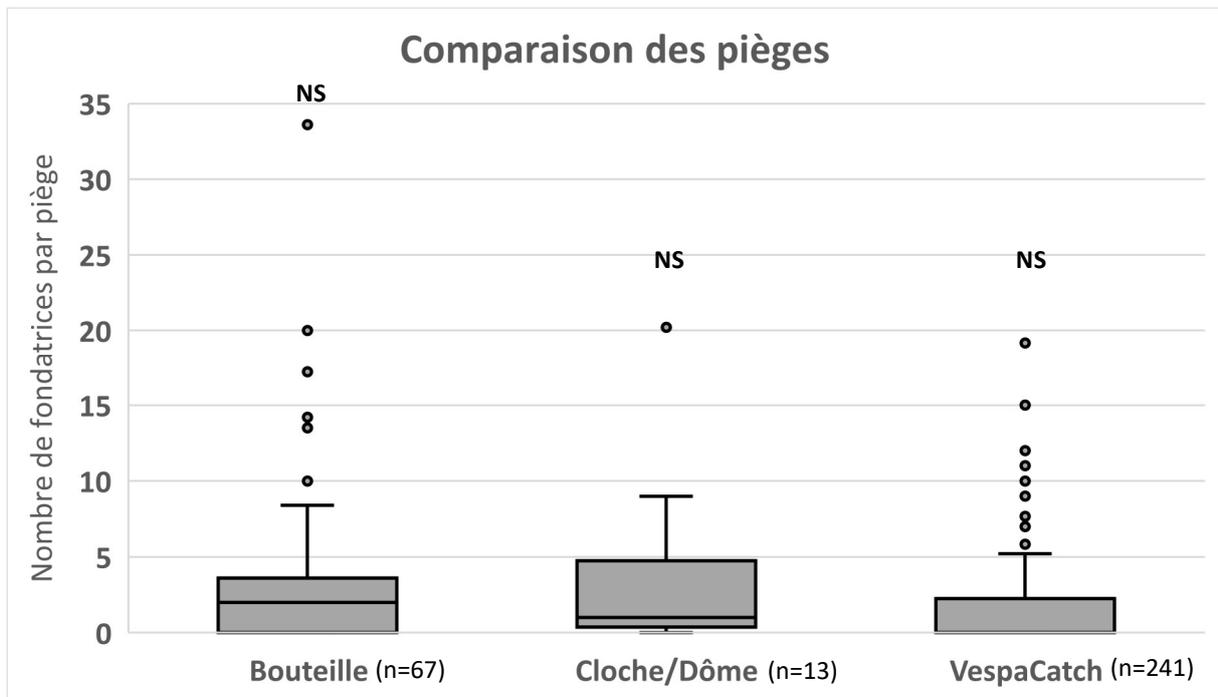


Fig.10. Nombre de fondatrices de *V. velutina* capturées par piège pour les trois types de pièges.

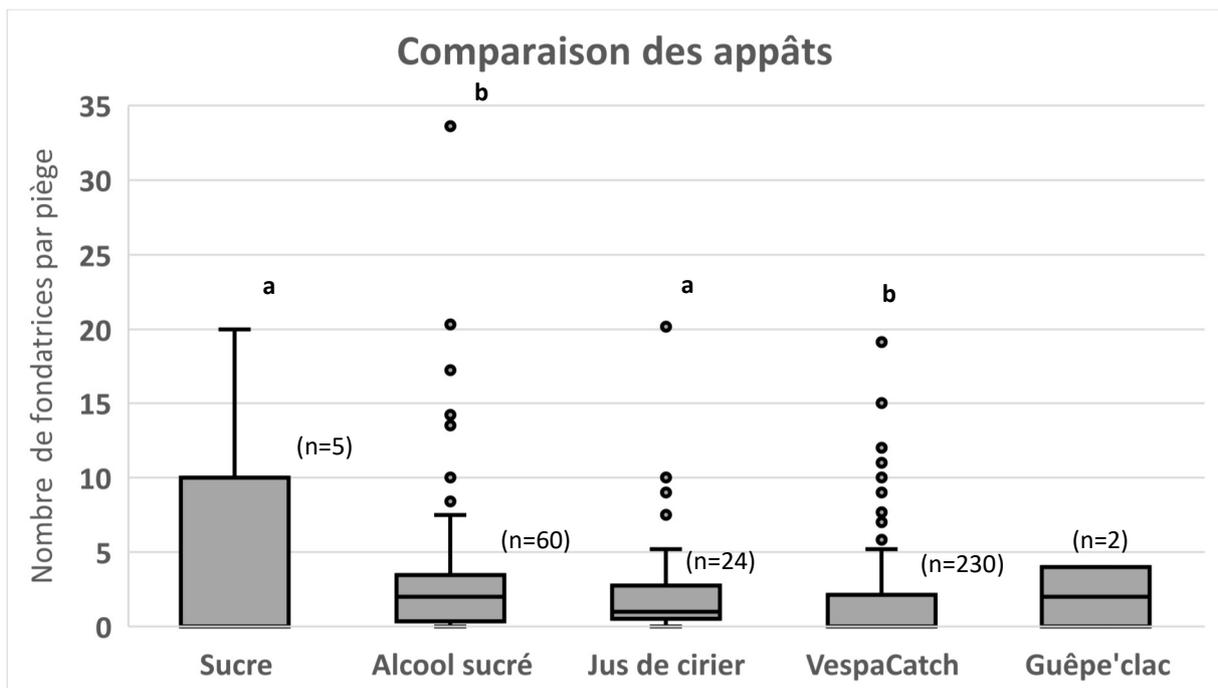


Fig.11. Nombre de fondatrices de *V. velutina* capturées par piège pour les cinq types d'appâts.

5. CONCLUSION

Les données de la synthèse bibliographique ainsi que celles issues de l'analyse de diverses données d'expérimentation recueillies dans ce rapport convergent toutes vers les mêmes chiffres que ce soit en termes de capture de fondatrices de *V. velutina* au printemps, de sélectivité des dispositifs de piégeage et de période optimale de capture au printemps. En moyenne les pièges capturent de 1 à 6 fondatrices par piège et par semaine et les fondatrices représentent moins de 2% du total des captures qui inclues les autres insectes, arthropodes et animaux. La période optimale de capture s'étale de début avril à mi-mai, pour des températures moyennes hebdomadaires comprises entre 10°C et 15°C. Un arrêt du piégeage de printemps début mai permettrait de limiter la capture des fondatrices de *V. crabro*. Tout en optimisant le piégeage des fondatrices de *V. velutina*, cette limitation de la durée de la période de piégeage permettrait aussi de limiter l'impact sur les espèces non-cibles pouvant être piégées dans ces dispositifs. Une autre façon de limiter l'impact des actions de piégeage sur les espèces non-cibles est de limiter les actions à des zones considérées comme d'intérêt apicole : en préparation des emplacements d'hiver. En outre, la localisation des pièges à proximité de ruchers permet d'améliorer le taux de capture de fondatrices de *V. velutina*.

Le faible nombre de fondatrices capturées au printemps et la faible sélectivité des dispositifs de piégeage, combinés à la diversité des espèces non-cibles capturées, soulignent la nécessité d'améliorer la sélectivité des dispositifs de piégeage. En outre, la sélectivité de l'attractif et la conception du piège sont des points cruciaux à améliorer et expérimenter pour optimiser la capture des fondatrices de *V. velutina* au printemps tout en réduisant la captures des insectes non-cibles (Diptères, Lépidoptères, Coléoptères et Hyménoptères tels fourmis, abeilles, *V. crabro* et guêpes) qui participent à des rôles clés dans les écosystèmes.

L'appât conditionne l'attractivité du dispositif de piégeage tandis que le piège va déterminer sa sélectivité. Les appâts à base de liquides sucrés possèdent une bonne attractivité au printemps mais ils ne sont pas sélectifs. Un attractif spécifique à *V. velutina* est nécessaire pour minimiser les effets néfastes sur la faune non-cible. Une évaluation de l'intervalle de temps optimum pour procéder au renouvellement de l'appât pourrait être intéressante. La sélectivité des pièges peut être améliorée par une sélection physique qui permet aux insectes plus petits que *V. velutina* de sortir du piège, et qui empêche l'entrée des insectes plus gros ; ainsi qu'avec un dispositif empêchant la noyade des insectes dans l'appât (Rome et al., 2013). Les pièges « nasse » présentent une meilleure sélectivité car leur conception permet d'exclure la capture des gros insectes et l'échappée d'une bonne partie des insectes de taille moyenne. Toutefois, des améliorations restent à apporter pour minimiser l'entrée et la noyade des très petits insectes (fourmis, mouches, guêpes parasitoïdes) qui parviennent à accéder à l'appât et s'y noient. De plus, ce type de piège doit être associé à un appât fortement attractif pour *V. velutina* car il capture aussi moins de fondatrices probablement en lien avec une diffusion des odeurs moins marquée du fait de sa conception.

Remerciements

Cette étude a été financée par l'interprofession des produits de la ruche (financement AO InterApi 2022). Nous remercions également tous les partenaires qui ont participé activement aux réunions de Comité de pilotage du projet ainsi qu'au recueil de la bibliographie, et à la transmission ou l'analyse des données expérimentales : les associations pour le développement de l'apiculture en région Sud-Paca (ADAPI), Nouvelle-Aquitaine (ADA NA), et Occitanie (ADA Occitanie), les groupements de défense sanitaire de la Drôme (GDS 26) et de l'Ardèche (GDS 07), la fédération régionale des groupements de défense sanitaire de Nouvelle-Aquitaine (FRGDS NA), le département du Lot-et-Garonne (47), et le conseil départemental des Alpes-Maritimes (CD06). Nous tenons également à remercier André Kretzschmar (INRAE Avignon) pour son aide dans l'analyse des données expérimentales.



Références

- Arca, M. 2012. Caractérisation génétique et étude comportementale d'une espèce envahissante en France : *Vespa velutina* Lepeltier (Hymenoptera, Vespidae). Thèse de l'Université Pierre et Marie Curie, Paris, 212p.
- Dauphin, P., Thomas, H., 2009. Quelques données sur le contenu des « pièges à Frelons asiatiques » posés à Bordeaux (Gironde) en 2009. Bulletin de la Société Linnéenne de Bordeaux 144, 287-297.
- Decante, D., 2014. Évaluation comparative des modalités de piégeage de protection du rucher. Rapport ITSAP, 27p.
- Decante, D., 2015. Évaluation comparative des modalités de piégeage de protection du rucher. Rapport ITSAP, 23p.
- Demichelis, S., Manino, A., Minuto, G., Mariotti, M., Porporato, M., 2014. Social wasp trapping in north west Italy: comparison of different bait-traps and first detection of *Vespa velutina*. Bulletin of Insectology 67, 307-317.
- GDS Drôme, GDS Ardèche, 2021. Déploiement et évaluation d'un plan de piégeage de printemps des frelons asiatiques sur le domaine de la CNR. Rapport GDS, 17p.
- GDS France & FNOSAD, 2022. Plan national de lutte contre les frelons asiatiques. https://www.frgds-occitanie.fr/IMG/pdf/plan_national_frelon_asiatique_20220601.pdf
- Gilbert, M., Pointeau, S., Kretzchmar, A., Vallon, J. (2022) Évaluation de l'attractivité et de la sélectivité de dispositifs de piégeage des fondatrices de frelon asiatique au printemps. Stage Master Université Paris Sorbonne, Poster.
- Goulnik, A., 2021. Le frelon asiatique : attractivité et sélectivité des pièges et appâts. La Santé de l'abeille 302, 181-192.
- Gourbière, S., Menu, F., 2009. Adaptive dynamics of dormancy duration variability: Evolutionary trade-off and priority effect lead to suboptimal adaptation. Evolution 63, 1879-1892.
- Gato-Castro, D., Andrade, M., 2017. Informe de resultados de trameo de avispa asiatica (*Vespa velutina nigrithorax*) ayuntamiento de a coruña. Rapport Grupo Quimera, 13p.
- Haxaire, J., Villemant, C., 2010. Impact sur l'entomofaune des « pièges à frelon asiatique ». Insectes 159, 1-6.
- Lioy, S., Laurino, D., Capello, M., Romano, A., Manino, A., Porporato, M., 2020. Effectiveness and selectiveness of traps and baits for catching the invasive hornet *Vespa velutina*. Insects 11, 2-13.
- Matsuura, M., 1984 Comparative biology of the five Japanese species of the genus *Vespa* (Hymenoptera, Vespidae). Bulletin of the Faculty of Agriculture Mie University 69, 1-131.
- Monceau, K., Bonnard, O., Thiéry, D., 2012. Chasing the queens of the alien predator of honeybees: A water drop in the invasiveness ocean. Open Journal of Ecology 2, 183-191.
- Monceau, K., Thiéry, D., 2017. *Vespa velutina* nest distribution at a local scale: An 8-year survey of the invasive honeybee predator. Insect Science 00, 1-12.
- Porporato, M., Manino, A., Laurino, D., Demichelis, S., 2014. *Vespa velutina* Lepeltier (Hymenoptera Vespidae): A first assessment two years after its arrival in Italy. Redia 97, 189-194.
- Requier, F., Rome, Q., Chiron, G., Decante, D., Marion, S., Menard, M., Muller, F., Villemant, C., Henry, M., 2018. Predation of the invasive Asian hornet affects foraging activity and survival probability of honey bees in Western Europe. Journal of Pest Science 92, 567-578.
- Rodríguez-Flores, M.S., Seijo- Rodríguez, A., Escuredo, O., del Carmen Seijo-Coello, M., 2019. Spreading of *Vespa velutina* in northwestern Spain: influence of elevation and meteorological factors and effect of bait trapping on target and non-target living organisms. Journal of Pest Science 92, 557-565.
- Rojas-Nossa, S.V., Novoa, N., Serrano, A., Calviño-Cancela, M., 2018. Performance of baited traps used as control tools for the invasive hornet *Vespa velutina* and their impact on non-target insects. Apidologie 49, 872-885.
- Rome, Q., Muller, F., Théry, T., Andrivot, J., Haubois, S., Rosenstiehl, E., Villemant, C., 2011. Impact sur l'entomofaune des pièges à bière ou jus de cirier dans la lutte contre le frelon asiatique. In : Barbançon, J.-M., L'Hostis, M. (Eds.), Journée Scientifique Apicole. ONIRIS-FNOSAD, Nantes, pp. 18-20.
- Rome, Q., Sourdeau, C., Muller, F., Villemant, C., 2013. Le piégeage du frelon asiatique *Vespa velutina nigrithorax*. Intérêts et dangers. Journées nationales GTV, 783-788.
- Rome, Q., Perrard, A., Muller, F., Fontaine, C., Quilès, A., Zuccon, D., Villemant, C., 2021. Not just honeybees: predatory habits of *Vespa velutina* (Hymenoptera: Vespidae) in France. Annales de la Société entomologique de France (N.S.), 1-11.

- Rome, Q., Villemant, C., 2021. Fiche d'aide à l'identification de *Vespa velutina*. Muséum national d'Histoire naturelle. https://frelonasiatique.mnhn.fr/wp-content/uploads/sites/10/2021/10/Fiches_Identification_Vespa_velutina_MNHN.pdf
- Rome, Q., Villemant, C., 2023. Le Frelon asiatique *Vespa velutina* - Inventaire national du Patrimoine naturel. In: Muséum national d'Histoire naturelle (Ed.). Site Web. <http://frelonasiatique.mnhn.fr> consulté le 23/02/23.
- Turchi, L., Dérijard, B., 2018. Options for the biological and physical control of *Vespa velutina nigrithorax* (Hym.: Vespidae) in Europe: A review. *Journal of Applied Entomology* 142, 553-562.

Annexe 1. Caractéristiques des sites. *Occupation des sols d'après les données du CORINE Land Cover.

ID site	Localisation du site		Rucher (R) Hors rucher (HR)	Occupation des sols* en % de surface (rayon de 1,5 km)			
	Structure	Secteur		Urbain	Agricole	Forêt	Prairie Zone humide
1	ADAPI	A	HR	19,24	49,30	30,23	1,23
2	ADAPI	A	R	36,40	0,00	40,4	23,25
3	ADAPI	A	R	10,20	2,55	79,39	7,86
4	ADAPI	A	R	15,86	0,00	48,60	35,55
5	ADAPI	A	R	0,00	0,00	48,65	51,35
6	ADAPI	A	R	0,16	0,00	81,49	18,36
7	ADAPI	A	R	1,28	31,44	67,29	0,00
8	ADAPI	A	R	36,35	6,65	40,24	16,76
9	ADAPI	A	R	42,93	1,79	55,01	0,28
10	ADAPI	A	R	73,46	12,26	14,29	0,00
11	ADAPI	A	R	44,39	34,74	20,13	0,75
12	ADAPI	A	R	24,58	14,27	51,20	9,95
13	ADAPI	A	R	24,95	11,38	53,72	9,95
14	ADAPI	A	R	22,07	7,81	63,94	6,18
15	ADAPI	A	R	56,62	30,25	12,00	1,13
16	ADAPI	A	R	8,68	7,00	1,36	82,96
17	ADAPI	A	R	6,39	0,34	8,86	84,40
18	ADAPI	A	R	59,63	6,85	33,52	0,00
19	GDS26/07	B	HR	87,20	1,67	0,00	11,12
20	GDS26/07	B	R	30,88	32,66	15,59	20,87
21	GDS26/07	B	R	11,42	64,41	4,14	20,03
22	ADANA	C	R	1,90	76,23	21,87	0,00
23	ADANA	C	R	87,57	5,61	0,00	6,82
24	ADANA	C	R	7,51	90,5	1,99	0,00
25	ADANA	C	R	6,35	87,36	6,29	0,00
26	ADANA	C	R	0,00	100,00	0,00	0,00
27	ADANA	C	R	5,95	86,23	0,00	7,82
28	ADANA	C	R	4,40	95,60	0,00	0,00
29	ADANA	C	R	0,05	96,72	3,23	0,00
30	ADANA	C	R	17,09	67,18	15,73	0,00
31	ADANA	D	R	0,00	90,48	9,52	0,00
32	ADANA	D	R	0,00	92,53	7,47	0,00
33	ADANA	D	R	0,00	55,79	37,85	6,36
34	ADANA	D	R	6,33	86,99	6,67	0,00
35	ADANA	D	R	5,14	59,55	35,31	0,00
36	ADANA	D	R	0,00	19,01	73,33	7,66
37	ADANA	D	R	0,00	79,42	20,08	0,51
38	GDS19	D	HR	49,27	46,26	4,47	0,00
39	GDS19	D	HR	0,00	47,37	52,63	0,00
40	GDS19	D	R	7,47	43,51	49,02	0,00
41	GDS19	D	R	22,44	61,31	16,24	0,00
42	GDS19	D	R	4,89	84,79	10,31	0,00
43	GDS19	D	R	12,45	67,32	16,75	3,48
44	ITSAP	E	HR	39,97	48,75	0,00	11,28

Annexe 1. Caractéristiques des sites (suite). *Occupation des sols d'après les données du CORINE Land Cover.

ID site	Localisation du site		Rucher (R) Hors rucher (HR)	Occupation des sols* en % de surface (rayon de 1,5 km)			
	Structure	Secteur		Urbain	Agricole	Forêt	Prairie Zone humide
45	ITSAP	E	HR	26,68	50,57	6,67	16,09
46	ITSAP	E	HR	13,09	75,76	1,13	10,01
47	ITSAP	E	HR	53,22	46,78	0,00	0,00
48	ITSAP	E	HR	4,94	88,16	0,00	6,90
49	ITSAP	E	R	34,33	51,32	4,09	10,25
50	ITSAP	E	R	7,06	89,36	0,00	3,57
51	ITSAP	E	R	28,85	71,15	0,00	0,00
52	ITSAP	E	R	4,21	95,79	0,00	0,00
53	ITSAP	E	R	2,50	81,80	0,00	15,70